

CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA ELÉCTRICA EN LA COMPRESIÓN DE LOS
FENÓMENOS ELECTROSTÁTICOS, UNA MIRADA A PARTIR DE LA
CONSTRUCCIÓN DE FENOMENOLOGÍAS

Por

JESMY ANDREA CAMPOS MACÍAS

JOHN EDUAR MÉNDEZ SÁNCHEZ

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ D.C.

2017

CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA ELÉCTRICA EN LA COMPRESIÓN DE LOS
FENÓMENOS ELECTROSTÁTICOS, UNA MIRADA A PARTIR DE LA
CONSTRUCCIÓN DE FENOMENOLOGÍAS

Por

JESMY ANDREA CAMPOS MACÍAS

JOHN EDUAR MÉNDEZ SÁNCHEZ

Trabajo De Grado Para Optar Al Título De Magister En Docencia
De Las Ciencias Naturales

Asesores:

SANDRA SANDOVAL OSORIO

JOSÉ FRANCISCO MALAGÓN SÁNCHEZ

GRUPO FÍSICA Y CULTURA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ D.C.

2017

A mi hermosa madre y hermana Leonor Macías & Paola Campos.

Agradecimientos


A Dios por permitirnos culminar satisfactoriamente una nueva etapa académica.

A nuestros asesores Sandra Sandoval y Francisco Malagón, ya que fueron ellos los que constantemente nos transmitieron ese espíritu investigador que los caracteriza y gracias a ello, a su sabiduría, dedicación y extensiva paciencia fuera posible el desarrollo de este trabajo de investigación.

A nuestros familiares por su presencia y apoyo incondicional en cada uno de los momentos que sentimos desfallecer y de la motivación que nos brindaron para continuar en esta travesía.

A Jennifer Fonseca y Karina Mora por el invaluable apoyo que nos brindaron en la realización de la Maestría, a profesores y compañeros que nos acompañaron en la transformación de nuestros procesos de aprendizaje y en el crecimiento que obtuvimos a nivel personal y profesional.

Andrea Campos y John Méndez

	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 152	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de Grado de Maestría
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA ELÉCTRICA EN LA COMPRENSIÓN DE LOS FENÓMENOS ELECTROSTÁTICOS, UNA MIRADA A PARTIR DE LA CONSTRUCCIÓN DE FENOMENOLOGÍAS
Autor(es)	Campos Macías, Jesmy Andrea; Méndez Sánchez, John Eduar
Director	Sandoval Osorio, Sandra; Malagón Sánchez, José Francisco
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional. 2017, 152p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	FENÓMENOS ELECTROSTÁTICOS, CARGA ELÉCTRICA, ACTIVIDAD EXPERIMENTAL, CONSTRUCCIONES FENOMENOLÓGICAS.

2. Descripción
<p>El desarrollo del siguiente proyecto de investigación tiene como objetivo elaborar una base fenomenológica en torno a los fenómenos electrostáticos y particularmente a la caracterización de la carga eléctrica como una magnitud, teniendo como ejes conceptuales para su desarrollo, 1) el análisis del textos primarios, específicamente , "A treatise on electricity and magnetism" vol. I, Dover Publications Inc., New York, 1954., de James Clerk Maxwell 2) construcción de fenomenologías y 3) el diseño de una propuesta de aula que permita la comprensión del fenómeno tomando como eje primordial la actividad experimental.</p> <p>Cuando se abordan fenómenos como los electrostáticos, específicamente cuando nos referimos a la carga eléctrica, hacemos uso de la información que circula a nuestro alrededor y de algunas experiencias en las cuales hemos logrado percibir algunos efectos que nos muestra, pero no profundizamos en las causas que la han consolidado como factor importante en la comprensión de los fenómenos electrostáticos, en este sentido, se hace necesario, crear un escenario que posibilite la construcción de experiencias que permitan la ampliación de la experiencia y una observación intencionada del objeto de estudio. En concordancia, en el presente trabajo se revisan, analizan y discuten textos primarios como el Tratado de electricidad y magnetismo de Maxwell, particularmente el capítulo donde desarrolla todo un trabajo experimental relacionado con los fenómenos electrostáticos y posteriormente en la caracterización que realiza de la carga eléctrica como una de las magnitudes que permiten referimos a este, donde se interpreta a la luz de cuestionamientos que surgen de la preocupación por comprender el fenómeno. Con</p>

relación a lo anterior, se hace importante con esta investigación generar ambientes que favorezcan la construcción de conocimiento, donde se establezcan diálogos entre los aportes realizados por diferentes pensadores, lo que se conoce del fenómeno y del interés propio.

Así mismo, el proceso investigativo se focaliza en la actividad experimental y el uso del experimento como factores que posibilitan la construcción de fenomenologías alrededor de la caracterización de la carga eléctrica, estableciendo nexos para lograr resignificar, transformar y elaborar explicaciones alrededor de ello.

3. Fuentes

Se cuenta con 32 referencias entre textos, artículos de revistas y publicaciones en internet. A continuación se muestran las más relevantes en cuanto a los aportes hechos en el trabajo investigativo.

Ayala, M. M., Malagón, F., & Sandoval, S. (2013). La actividad experimental: Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Praxis Filosófica*, 120 - 138.

Ferreirós, J. &. (2002). Hacia Una Filosofía De La Experimentación. *Crítica, Revista Hispanoamericana de Filosofía*, Vol. 34, No. 102.

García, E. (2014). Análisis histórico-crítico del fenómeno eléctrico. Hacia una visión de campo. *Física y Cultura: Cuadernos sobre Historia y enseñanza de las ciencias*, No. 8, 73-92.

Guerra, Mario (1985). *Física, elementos y fundamentos. Tomo II*. Barcelona: Reverté.

Malagón, J., Ayala, M., Osorio, S. (2013). Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: Un sentido para la enseñanza de las ciencias. (1ª Ed.). Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional, CIUP.

Maxwell, James Clerk. (1873) *Treatise of Electricity and Magnetism*. Oxford University, vol. I, Dover Publications Inc., New York, 1954. Traducción de Orozco, J.C. y Gramajo, M.C.

Medina, J y Tarazona M. (2011). 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. Trabajo de Investigación como requisito parcial para optar al título de Magister en Educación, línea de Educación en Ciencias Experimentales. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia.

Sandoval, S. (2008). La comprensión y construcción fenomenológica: una perspectiva desde la formación de maestros de ciencias. Tesis de grado para optar al título de Maestra en Educación, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

Ulloa, E y Paque D. (2014). Caracterización de los fenómenos electrostáticos desde una perspectiva de campos. Universidad Pedagógica Nacional. Monografía de grado presentada para optar el título de licenciado/a en física. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá. Colombia.

Vargas, V. (2016). El experimento como generador de conocimiento en el estudio de un sistema físico complejo. El caso del circuito eléctrico de corriente continua (ces-cc). Tesis de grado para optar al título de del magister en docencia de las Ciencias Naturales, Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.

4. Contenidos

El trabajo se desarrolla en tres capítulos, los cuales son nombrados a continuación con su intención a groso modo.

1. Planteamiento y justificación del problema, este capítulo presenta la contextualización del problema, la pregunta que orienta todo el trabajo, objetivos, implicaciones metodológicas que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la investigación y el abordaje de trabajos relacionados con la comprensión de los fenómenos electrostáticos.
2. Construcción de fenomenologías, el caso de los fenómenos electrostáticos, se hace énfasis en la actividad experimental, los instrumentos de medida en la construcción de magnitudes como la carga eléctrica, en la misma línea se rescata el uso del experimento como factor predominante en la elaboración de explicaciones y se relaciona íntimamente la construcción y análisis de los experimentos presentados por Maxwell.
3. Construcción de la carga eléctrica como una magnitud, una propuesta que nos permite su comprensión. Este capítulo, muestra la descripción de la propuesta de aula y al mismo tiempo esboza los análisis que se realizó al momento de realizar su implementación. También se resaltan las consideraciones finales de todo el trabajo experimental que se realizó en el aula y que proporcionan elementos en la construcción de una base fenomenológica en torno a los fenómenos electrostáticos y por último se relatan las conclusiones del trabajo investigativo.

5. Metodología

Para el desarrollo de esta investigación, se parte de la revisión y análisis de textos primarios, cuya finalidad es de carácter disciplinar y pedagógico, donde, a partir de ello se establecen criterios que aportan en la construcción de una base fenomenológica que permita comprender fenómenos como los electrostáticos y particularmente en la elaboración de explicaciones en torno a la carga eléctrica. En este sentido, en este trabajo se presentan las fases que enmarcan todo el proceso investigativo:

Revisión y análisis de textos primarios. Permite identificar criterios que se establecieron alrededor de los fenómenos eléctricos y las variables que permiten su explicación, así mismo, brinda aportes a los cuestionamientos que se tienen y que surgen al momento de explicar experiencias que permiten su abordaje, así como: efectos de los cuerpos electrificados, formas de electrificar un cuerpo y estados de electrificación, para posteriormente referirnos a la carga eléctrica como la cantidad de electrificación que puede poseer un cuerpo.

Estudio de los experimentos de Maxwell, para la construcción de una base fenomenológica. Esta fase se desarrolla con el objetivo de resignificar y transformar los conocimientos que se poseen entorno a los fenómenos electrostáticos y, a su vez, es pensaba como la secuencia que nos permite construir una base fenomenológica que permita comprender y explicar el objeto de estudio.

Diseño y elaboración de una propuesta que permita caracterizar la carga eléctrica como una magnitud. Esta fase consiste en diseñar e implementar una serie de experimentos, que permitan la elaboración de conocimiento alrededor del objeto de estudio y así mismo que logren ampliar la experiencia sensible del sujeto, ya que de esta manera construye su propia ruta de trabajo y posibilita la comprensión de los fenómenos electrostáticos, específicamente cuando se refiere a la carga eléctrica.

6. Conclusiones

A continuación se presentan las reflexiones finales que surgen del desarrollo de la investigación:

Hablar de la carga eléctrica o cantidad de electrificación alude a un fenómeno muy complejo que requiere un proceso de organización y análisis. ¿Cómo se pueden diferenciar los fenómenos electrostáticos de otros? Esta pregunta puede suscitar diferentes tipos de respuestas, ejemplo de ello, es cómo caracterizar las cualidades de los cuerpos cuando se encuentran electrificados o cómo realizar una organización de las observaciones que se realizan en torno al objeto de estudio, respuestas que por lo general están permeadas de las experiencias vividas por los sujetos.

Abordar los fenómenos electrostáticos e ir complejizando experiencias que parten de la observación y medición de diferentes cualidades le permiten al sujeto (docente - estudiante) ampliar su experiencia sensible y de esta manera caracterizar la carga eléctrica; donde las cualidades que los cuerpos exhiben se organizan a través de la descripción, ordenación y análisis de las observaciones hechas en las diferentes experiencias. Esta forma de estudiar los fenómenos electrostáticos al interior del aula, abre un panorama donde el sujeto hace parte de las dinámicas de la clase y se integra como el actor que aporta en la construcción y enriquecimiento de diálogos que surgen en las reflexiones que se dan cuando se elaboran explicaciones alrededor del objeto de estudio y no del actor pasivo que se relega a reproducir teorías o principios que dan cuenta del fenómeno.

Reconocer a los sujetos (estudiantes) como actores en la construcción de conocimiento apunta a que la ciencia sea pensada como una actividad colectiva en la que todos los participantes están inmersos en la construcción del fenómeno, de esta manera se amplían las experiencias y las formas de referirse a las causas por las cuales un evento puede hablar o mostrar elementos propios del objeto de estudio. Por otro lado, cuando hablamos de la actividad experimental en el aula, va más allá de una mera práctica de laboratorio, es una actividad que amerita la creación de fenómenos y su respectiva caracterización, donde a partir del uso de instrumentos y la medición de cualidades posibilita que los sujetos consoliden, resignifiquen o transformen los conocimientos que ya poseen del fenómeno desde su experiencia, lo mencionado anteriormente, fortalece la idea que el experimento es el factor que lleva a pensar, crear, producir, refinar y organizar el fenómeno y que es de esta manera que se comprende.

La actividad experimental promueve la creación de escenarios que constituyen todo el objeto de estudio, donde “se establece una relación íntima y dinámica entre la construcción de fenomenologías, en este caso el diseño y realización de experimentos, constituyen la ampliación de la experiencia y dinamiza la teorización de esa experiencia (Ayala et al., 2013). Es a través de la actividad experimental que se consolida una ordenación del trabajo experimental y teórico, visto como el factor primordial en la construcción de una base fenomenológica alrededor de los fenómenos eléctricos, específicamente los electrostáticos y particularmente la caracterización de la carga eléctrica como una magnitud medible. Entonces, la construcción de una base fenomenológica, implica tener en cuenta los aspectos mencionados anteriormente, ya que de ello depende que se establezcan y estructuren relaciones entre lo que se conoce y se quiere conocer del fenómeno, ello implica que se deban hacer organizaciones de las cualidades que el fenómeno muestra, es claro que esto depende íntimamente de los intereses que se tengan al abordar fenómeno, por ejemplo, en el caso de la carga eléctrica, no se tenía un conjunto de experiencias que permitieran referirse a ella como una magnitud, sino que se hizo necesario la creación de escenarios que posibilitarán a través de la ampliación de la experiencia y de la observación detallada identificar, ordenar, clasificar y construir instrumentos y escalas que nos permitieran referirnos al fenómeno.

El estudio y análisis de fuentes primarias aporta en la comprensión del fenómeno, permitiendo reconocer al investigador como un sujeto cognoscente, siendo él el que le da sentido a lo descrito en el texto, logrando así una continua reflexión que es guiada a partir de preguntas e inquietudes sobre el fenómeno que se aborda.

Es de resaltar la importancia de los procesos que hizo Maxwell para diferenciar el fenómeno de otros, donde a través del uso del experimento y una secuencia organizada de actividades logra identificar el comportamiento eléctrico de la materia, establecer el carácter eléctrico como dual, es decir, electrificación resinosa y vítrea, las formas de electrificar un cuerpo (inducción y conducción), la clasificación de los materiales como conductores o aislantes y el uso de conductores metálicos como el foco fundamental para caracterizar y cuantificar la carga eléctrica. Lo anterior, permitió orientar la implementación de la propuesta de aula, donde gracias al estudio y análisis de los experimentos hechos por Maxwell, se logró que el estudiante se convirtiera en el agente activo en la construcción de explicaciones alrededor del objeto de estudio, donde acompañado y orientado por el docente articuló las experiencias presentadas para así resignificar, transformar y construir explicaciones que le permitieran avanzar en sus procesos de aprendizaje.

Elaborado por:	Campos Macías, Jesmy Andrea & Méndez Sánchez, John Eduar
Revisado por:	Sandoval Osorio, Sandra & Malagón Sánchez, José Francisco.

Fecha de elaboración del Resumen:	08	02	2017
--	----	----	------

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO 1.	15
PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.1 Objetivos.....	20
1.1.1 Objetivo general	20
1.1.2 Objetivos específicos.....	21
1.2 Implicaciones Metodológicas.....	21
1.3 Antecedentes.....	23
CAPITULO 2.	28
CONSTRUCCIÓN DE FENOMENOLOGÍAS, EL CASO DE LA CARGA ELÉCTRICA.....	28
2.1 La actividad experimental en la construcción de los fenómenos electrostáticos.	29
2.2 El uso del instrumento en los procesos de formalización, acerca de la carga eléctrica.....	30
2.3 El experimento como base en la elaboración del conocimiento	32
2.4 Estudio y análisis de los experimentos de Maxwell, J. (1954), una manera de comprender los fenómenos electrostáticos.....	35
2.4.1 Construcción y análisis de los experimentos realizados por Maxwell	35
2.4.1.1 Electrificación por fricción.....	37
2.4.1.2 Electrificación por inducción	39
2.4.1.3 Electrificación por conducción	41
2.4.1.4 El instrumento de medida en la comprensión de los fenómenos electrostáticos.....	44
2.4.1.5 Las cargas de los cuerpos electrizados.....	45
2.4.1.6 Electrificación total de dos esferas electrificadas	48
2.4.1.7 Electrificación total de la superficie interior del recipiente, es igual y opuesta a la del cuerpo.	49
2.4.1.8 Cuando un cuerpo electrificado se coloca dentro de un recipiente cerrado y luego se coloca en conexión eléctrica, el cuerpo queda completamente descargado.....	50
2.4.1.9 Cargar un recipiente cualquier número de veces con la carga de un cuerpo electrizado	51
2.4.5 La carga eléctrica como magnitud	52
2.6 Criterios identificados en la construcción y análisis de los experimentos.	55
CAPÍTULO 3.	59
CONSTRUCCIÓN DE LA CARGA ELÉCTRICA COMO UNA MAGNITUD, UNA PROPUESTA QUE NOS PERMITE SU COMPRESIÓN.....	59
3.1 Etapa 1. ;Y la experiencia!.....	64

3.2 Etapa 2. ¿Cómo imagino lo que sucede?	68
3.3 Etapa 3. Organizando y construyendo el fenómeno	76
3.3.1 Momento uno.....	76
3.3.2 Momento dos.....	81
3.4 Consideraciones finales	95
CONCLUSIONES.....	97
REFERENCIAS.....	101
ANEXOS.....	104
Anexo 1. Guía de experiencias.....	105
Anexo 2. Bitácora. Locos por la Ciencia.....	127

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Fases del proceso de Investigación.	22
Ilustración 2. Electrificación por fricción.....	37
Ilustración 3. Efectos que muestran diferentes materiales cuando han sido puestos en interacción.	38
Ilustración 4. Electrificación por inducción.	39
Ilustración 5. Elaboración del indicador.....	40
Ilustración 6. Electrificación por conducción.....	41
Ilustración 7. Primera aproximación al fenómeno.	43
Ilustración 8. Adaptación y modificación del instrumento.	45
Ilustración 9. Conductor cerrado.	46
Ilustración 10. Electrificación total en el recipiente.	48
Ilustración 11. La electrificación total de la superficie exterior del recipiente es igual y opuesta a la del objeto.....	49
Ilustración 12. Electrificación al exterior del recipiente.	49
Ilustración 13. Conductor electrificado.	51
Ilustración 14. Electrificación de un cuerpo n veces.....	51
Ilustración 15. Interpretación de la propuesta de aula.....	63
Ilustración 16. Organización y clasificación de materiales.....	74
Ilustración 17. Montaje experimental, actividad 5.	77
Ilustración 18. Indicadores construidos por los estudiantes.....	84
Ilustración 19. Modificando mi electroscopio.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Objeto electrificado en el exterior del recipiente.	47
Tabla 2. Objeto electrificado al interior y exterior del instrumento modificado.	47
Tabla 3. Electrificación total de dos esferas con diferente tipo de electrificación.....	48
Tabla 4. Pasos para descargar un cuerpo electrificado.....	50
Tabla 5. Electrificación del recipiente n veces.	52
Tabla 6. Descripción de la propuesta de aula entorno a los fenómenos electrostáticos.	62
Tabla 7. Registros de los estudiantes etapa uno.	66
Tabla 8. Registro de los estudiantes, preguntas que orientan la actividad.	67
Tabla 9. Tendencia de los estudiantes cuando describen qué ocurrirá con las barras frotadas y los trozos de papel.	69
Tabla 10. Acción de atraer o no trozos de papel. Experiencia mental.	70
Tabla 11. Acción de atraer o no los trozos de papel. Actividad experimental.....	72
Tabla 12. Registros actividad 5.	81
Tabla 13. Principales elementos que surgen en el desarrollo del momento dos.	82
Tabla 14. Registros actividad 6.	86
Tabla 15. Modificación del electroscopio.	91
Tabla 16. Registros actividad 9.	93

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del siguiente proyecto de investigación tiene como objetivo elaborar una base fenomenológica en torno a los fenómenos electrostáticos y particularmente a la caracterización de la carga eléctrica como una magnitud, teniendo como ejes conceptuales para su desarrollo, 1) el análisis del textos primarios, específicamente , “*A treatise on electricity and magnetism*” vol. I, *Dover Publications Inc.*, New York, 1954., de James Clerk Maxwell 2) construcción de fenomenologías y 3) el diseño de una propuesta de aula que permita la comprensión del fenómeno tomando como eje primordial la actividad experimental.

Cuando se abordan fenómenos como los electrostáticos, específicamente cuando nos referimos a la carga eléctrica, hacemos uso de la información que circula a nuestro alrededor y de algunas experiencias en las cuales hemos logrado percibir algunos efectos que nos muestra, pero no profundizamos en las causas que la han consolidado como factor importante en la comprensión de los fenómenos electrostáticos, en este sentido, se hace necesario, crear un escenario que posibilite la construcción de experiencias que permitan la ampliación de la experiencia y una observación intencionada del objeto de estudio. En concordancia, en el presente trabajo se revisan, analizan y discuten textos primarios como el Tratado de electricidad y magnetismo de Maxwell, particularmente el capítulo donde desarrolla todo un trabajo experimental relacionado con los fenómenos electrostáticos y posteriormente en la caracterización que realiza de la carga eléctrica como una de las magnitudes que permiten referirnos a este, donde se interpreta a la luz de cuestionamientos que surgen de la preocupación por comprender el fenómeno. Con relación a lo anterior, se hace importante con esta investigación generar ambientes que favorezcan la construcción de conocimiento, donde se establezcan diálogos entre los aportes realizados por diferentes pensadores, lo que se conoce del fenómeno y del interés propio.

Así mismo, el proceso investigativo se focaliza en la actividad experimental y el uso del experimento cómo factores que posibilitan la construcción de fenomenologías alrededor de la caracterización de la carga eléctrica, estableciendo nexos para lograr resignificar, transformar y elaborar explicaciones alrededor de ello.

A partir de lo anterior, el proceso investigativo se enmarca en el estudio de los fenómenos electrostáticos, teniendo tres aspectos importantes para su desarrollo, 1) el análisis de fuentes primarias con fines disciplinares y pedagógicos, Tratado de electricidad y Magnetismo de Maxwell (1954), 2) el papel de la actividad experimental en la construcción de fenomenologías y 3) la organización de cualidades en los procesos de formalización de magnitudes. Este documento está presentado en los siguientes capítulos:

- I. Planteamiento y justificación del problema, este capítulo presenta la contextualización del problema, la pregunta que orienta todo el trabajo, objetivos, implicaciones metodológicas que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la investigación y el abordaje de trabajos relacionados con la comprensión de los fenómenos electrostáticos.
- II. Construcción de fenomenologías, el caso de los fenómenos electrostáticos, se hace énfasis en la actividad experimental, los instrumentos de medida en la construcción de magnitudes como la carga eléctrica, en esta misma línea se rescata el uso del experimento como factor predominante en la elaboración de explicaciones y se relaciona íntimamente la construcción y análisis de los experimentos presentados por Maxwell.
- III. Construcción de la carga eléctrica como una magnitud, una propuesta que nos permite su comprensión. Este capítulo, muestra la descripción de la propuesta de aula y al mismo tiempo esboza los análisis que se hicieron al momento de realizar su implementación. También se resaltan las consideraciones finales del trabajo experimental que se realizó en el aula y que proporcionan elementos en la construcción de una base fenomenológica en torno a los fenómenos electrostáticos y por último, se relatan las conclusiones del trabajo investigativo.

CAPÍTULO 1.

PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El hombre es hombre, y el mundo es mundo. En la medida en que ambos se encuentran en una relación permanente, el hombre transformando al mundo sufre los efectos de su propia transformación. Paulo Freire

Las dinámicas que se generan en el aula, en torno al estudio de los fenómenos electrostáticos, específicamente en nuestras clases, ha permitido realizar un seguimiento frente a cómo se presentan y se explican conceptos que permiten hacer relaciones para su comprensión y cómo los estudiantes elaboran explicaciones en torno al objeto de estudio. En este quehacer, hemos notado dificultades en nosotros como docentes y en los estudiantes, en las formas de abordar el fenómeno y de las construcciones que realizamos alrededor de ello, donde emergen aspectos como: la reproducción de información de textos o documentos de internet, la carencia de significado en los términos empleados, el uso del experimento como verificador de teorías y la no organización de cualidades y efectos que muestra el evento. Al respecto, cuando se hace una reflexión de los elementos citados, evocan problemáticas frente a cómo y cuáles son las formas en las que generalmente se interpreta el fenómeno cuando es interiorizado y posteriormente enseñado en el aula.

Cuando se brindan explicaciones en torno a los fenómenos electrostáticos, el sujeto (docente – estudiante) se remite inmediatamente a la información que se encuentra en libros de texto o a la que circula a su alrededor, acciones que se focalizan en la repetición de leyes, postulados y teorías que se han constituido a lo largo de la historia y que en la mayoría de los casos son expuestas en el marco de lo que denominamos ciencia, donde, su visión radica en que el conocimiento ya está dado y acabado, pensamiento que propicia tener una imagen de ciencia como un producto ya establecido y que a raíz de ello no se puedan elaborar nuevas explicaciones frente a lo que se quiere comprender acerca de aquello que nos es de interés. Fonseca (2016) afirma:

Normalmente se considera que la ciencia es un conjunto de conceptos, leyes, principios y teorías estructuradas a partir de una serie de enunciados que muestran aspectos objetivos de la naturaleza, imagen según la cual lo que es realmente importante en la ciencia son los resultados exitosos, lo que conlleva a mostrarla como un producto terminado y a los conceptos y leyes como lo que se debe divulgar a la sociedad.

Esta postura que se asume con gran regularidad sobre la ciencia no es ajena a la enseñanza de la misma, ya que tanto maestros como estudiantes deben enseñar y aprender de la mejor manera lo que plantean los textos escolares, planes de estudio y currículos institucionales que deben ser desarrollados en determinados tiempos, impidiendo así que estos tengan una postura crítica frente al conocimiento, quedando relegado a un segundo plano y donde lo importante es repetir de la manera más fiel los postulados científicos que dan cuenta de los diferentes fenómenos. Por lo tanto, la postura que debe asumir tanto maestro como estudiante es de sujetos pasivos que no generan ningún tipo de discusión frente a la información que circula en los diferentes medios. Esta manera de asumir la enseñanza de las ciencias, repercute notoriamente en actividades propias que se desarrollan en el aula, ejemplo de ello, la experimentación.

Por lo anterior, es común asumir el experimento como la demostración de la teoría, papel frecuentemente usado en la enseñanza, donde se evidencian comportamientos por parte de los estudiantes; 1) siguen un protocolo paso a paso que les va guiando sobre lo que deben hallar y 2) en otras ocasiones, según (Rodríguez y Romero, 2012) se usa como una herramienta motivadora que busca sorprender el sentido común. Ninguna de las dos maneras de asumir el experimento en la enseñanza de las ciencias hace partícipe a los sujetos, por el contrario siempre permanece aislado olvidando que tiene un conocimiento previo en las formas de ver, actuar y valorar que le permiten vivir y desenvolverse en el mundo, (Ayala M, 2004).

Esta manera de asumir el experimento en el aula hace notar una separación existente entre este y la teoría, promoviendo clases meramente teóricas que posteriormente son verificadas con el trabajo práctico. Desde esta idea se puede decir que el sujeto (estudiante - maestro) que realiza cualquier actividad (teórica y/o experimental) no se cuestiona en cómo fueron contruidos los conceptos, ni cuáles son los supuestos base con los que se construyen los postulados teóricos, mostrando la ciencia como algo ya terminado. Según lo mencionado Ferreirós y Ordoñez (2002, p. 62) afirman que “los experimentos cualitativos han sido una

parte fundamental de los procesos de formación de conceptos” por lo tanto no es posible la separación entre teoría y experimento. En este sentido, se hace necesario transformar la visión que se tiene de ciencia y, a su vez, hacer énfasis en que la “teorización y experimentación deben ser reconocidos como pares entre los que no hay un primero: la teoría no es el rey” (Ferreirós y Ordoñez, 2002, p. 48).

En síntesis, el papel del experimento en la formación de conceptos está ligado a la evidencia empírica que esté determina, permitiéndole a los sujetos construir conocimiento y a su vez, generando un enlace continuo entre lo conceptual y lo observable cuando se realizan actividades experimentales, donde se amplía la observación del fenómeno y se fundamentan aportes que consolidan los supuestos que se tienen frente a este.

Teniendo en cuenta las anteriores ideas se hace necesario que la ciencia sea pensada como una actividad en la que el sujeto observa, indaga, estudia y amplía sus conocimientos a través de la interacción con el otro en su búsqueda por explicar lo que para él es necesario e importante, tomando como punto de partida nuevas ideas que nacen a partir de las nociones que se tienen del fenómeno y de su intento por explicarlo.

Sin embargo, esto no se observa en las dinámicas que se llevan al interior del aula, por ejemplo, en nuestro caso, cuando se inicia el estudio de los fenómenos eléctricos, particularmente los electrostáticos, las percepciones y conceptualizaciones que el sujeto (docente y estudiante) interioriza se dan a través de la transmisión en secuencia de una serie de correspondencias en cuanto a palabras, por ejemplo, se habla de carga eléctrica, señalando que es una propiedad intrínseca de la materia y que puede ser positiva o negativa, se mencionan términos como capacidad eléctrica, campo eléctrico y potencial eléctrico, sin ahondar en cuáles son las características y propiedades que permiten asociarlo con los fenómenos eléctricos, por otro lado se hace uso del electroscopio como el instrumento que permite determinar si un cuerpo se encuentra electrificado y cuánta carga tiene, luego se expone la ley de Coulomb para calcular la fuerza de interacción de dos o más cargas que se encuentran a una determinada distancia (uso de algoritmos) y enseguida se da un salto hacia la electrodinámica, en esta línea el experimento es usado como legitimador de teorías o leyes y el instrumento como facilitador de los procesos experimentales. Esto lleva a constituir estructuras conceptuales desde la aplicación de algoritmos, la reproducción de información

citada en diferentes libros o de documentos extraídos de internet, estableciendo estas herramientas como primordiales en sus procesos de aprendizaje.

Sin lugar a dudas, lo anterior, no nos permite pensar el fenómeno como un problema de conocimiento, lo que impide que no se tengan en cuenta las maneras como diferentes físicos lograron consolidar teorías alrededor de ello, es decir, no se menciona cuáles fueron las preguntas, supuestos y situaciones que permitieron su consolidación. En este sentido, retomar fuentes primarias aporta a la caracterización de los fenómenos electrostáticos y a la comprensión de las teorizaciones, específicamente aquellas que se refieren a la carga eléctrica como una magnitud que está presente en su explicación, así mismo desarrollar análisis de aspectos teóricos y experimentales posibilita establecer criterios para su comprensión.

Otro factor que predomina en la explicación en torno a los fenómenos electrostáticos, es que no contamos con un conjunto organizado de experiencias que nos permitan hablar o referirnos a este, cabe realizarse preguntas como, ¿Qué situaciones nos permiten explicar la electrificación de un cuerpo?¹ A lo sumo podemos recurrir a experiencias donde en ocasiones

¹ Aparece muy ilustrativo al respecto el caso de la electrostática. ¿De qué trata la electrostática?, o mejor, ¿qué problemas aborda la electrostática? Para iniciar el estudio de este campo fenoménico se acostumbra presentar experiencias de frotación de un cuerpo con otro y efectos de atracción. A partir de ello se introduce después la ley de Coulomb para abarcar la atracción, repulsión y una ley de fuerza entre esos cuerpos que han sido frotados. Estos pocos elementos no constituyen una base suficiente para la comprensión de magnitudes tales como carga, potencial eléctrico, capacidad eléctrica, campo eléctrico, en términos de los cuales se expresa la teoría. Entonces se ha considerado que uno de los aspectos importantes del experimento, en este caso, es construir la fenomenología que incluya la exploración de materiales, la caracterización de comportamientos de esos materiales a nivel estático (como por ejemplo en aisladores o dieléctricos y conductores, en particular el papel que juega el conductor y el dieléctrico en la determinación del fenómeno), la organización de formas de medir, el diseño de instrumentos de medida. Como se deriva de lo dicho, esto implica un trabajo dispendioso y detallado. Analizar el problema del conductor aislado para decir que un electroscopio en un cierto montaje o disposición experimental que mide la carga, pero con una variación en la disposición experimental con el “mismo instrumento” se mide el potencial, requiere no obviar el camino de una estructuración conceptual del fenómeno. Ampliar y caracterizar los fenómenos electrostáticos sería construir una serie de experiencias o de actividades con la intención de comprender la riqueza del fenómeno y determinar las magnitudes que permitan hacer relaciones explicativas, en donde antes que partir de modelos de partículas se requiere, más bien, examinar qué tipo de magnitudes son pertinentes, cómo se pueden medir y cómo se relacionan (Ayala, Malagón y Sandoval, 2013, p. 96).

al tocar un objeto se siente un tipo de corrientazo, o se observa una chispa, sin embargo esta experiencia se relaciona con otros fenómenos, por ejemplo, cuando se abordan fenómenos en electrodinámica; esto sucede debido a que nuestros sentidos a simple vista no logran percibir el fenómeno, lo que implica acudir a otras maneras de identificarlo, caracterizarlo y comprenderlo. Sumado a esto, en ocasiones se pasan por inadvertidos aspectos importantes en la elaboración de explicaciones de ciertos fenómenos, como es el caso de los fenómenos electrostáticos, esto tal vez ocurra porque a simple vista no se pueden ver y ni percibir. Medina y Tarazona (2011) afirman:

... en el caso de los fenómenos eléctricos, en particular la electrostática, normalmente no se tiene un conjunto de experiencias ordenadas coherentemente que sean funcionales para la cotidianidad, a lo sumo pequeñas anécdotas accidentales en las cuales se hace referencia a algunos efectos electrostáticos. Es más, las experiencias son más amplias en el caso de la electrodinámica, por aquello de las corrientes eléctricas. (p. 70).

De lo anterior, se infiere que al momento de elaborar explicaciones respecto al objeto de estudio, se hace necesario recurrir a la actividad experimental no como el agente que corrobora teorías, sino como el factor primordial que predomina en la organización de una serie de experiencias que posibilita ordenar cualidades propias del fenómeno, en esta medida el fenómeno se muestra ante nuestros ojos y se logran consolidar criterios que lo caracterizan, esto claro, depende íntimamente de lo que queramos ver y comprender. Lo anterior, constata que cuando se construye una base fenomenológica en torno al objeto de estudio debe existir una relación entre la experiencia sensible, la actividad experimental, el uso del instrumentos y la concreción de supuestos, promoviendo nuevas formas de pensar y organizar eventos asociados a éste y donde lo anterior es considerado como fundamental en la construcción de explicaciones alrededor del objeto de estudio.

De esta manera, abordar un fenómeno desde una perspectiva fenomenológica implica un proceso que requiere la ampliación de la experiencia y de los supuestos que se tienen, en este sentido, se comprende el fenómeno a través de la organización de cualidades, construcción de magnitudes y ordenación de formas de medida por medio del uso del instrumento, por

ello, es de resaltar que para el propósito de este trabajo, la actividad experimental es vinculada a la construcción de fenomenologías, desde aspectos como, I) *la ampliación de la experiencia*, II) *la producción, análisis y organización de efectos sensibles* y III) *la construcción de magnitudes y formas de medida*.

“... propiciar en el aula la construcción de magnitudes y de sus formas de medida; para, de esta manera, favorecer la comprensión y organización de una cierta fenomenología. Cuando se comienza a organizar el fenómeno y se empieza a identificar cualidades que permiten hablar de ese fenómeno, esas cualidades y su organización o relación llevan a una formalización que incluye, entre otras cosas, clasificaciones, relaciones de orden, mediciones de diversos tipos y la configuración de la representación del fenómeno analizado a partir de dichas actividades”. (Ayala, Malagón y Sandoval, 2013, p. 92).

Desde las anteriores miradas, se hace importante con este trabajo, presentar una propuesta que permita resignificar, elaborar y transformar explicaciones que se construyen en torno a los fenómenos electrostáticos, teniendo como punto de partida la experiencia sensible que el sujeto tiene de este y propiciando condiciones que favorezcan la construcción de conocimiento de manera individual y colectiva; esto a través de la ampliación de la experiencia, el experimento y el instrumento, logrando así constituir un conjunto de cualidades que permitan construir magnitudes que posibiliten su comprensión. Desde lo mencionado anteriormente, surge la siguiente pregunta:

¿Qué base fenomenológica se puede construir en torno a los fenómenos electrostáticos, que permita elaborar explicaciones de magnitudes como la carga eléctrica, tomando como eje fundamental la actividad experimental en el aula?

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Construir una base fenomenológica a partir del diseño y organización de una serie de experiencias en torno a los fenómenos electrostáticos, que permita elaborar explicaciones

acerca de magnitudes como carga eléctrica y tomando como eje fundamental la actividad experimental en el aula.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar una revisión y análisis de fuentes primarias, específicamente El Tratado Elemental de Electricidad y Magnetismo (1954) de James Clerk Maxwell en torno a los fenómenos electrostáticos con fines disciplinares y pedagógicos.
- Analizar los experimentos presentados en el Tratado Elemental de Electricidad y Magnetismo, en torno a la explicación de los fenómenos electrostáticos, particularmente en la conceptualización de la carga eléctrica como una magnitud.
- Diseñar y construir una propuesta de aula que permita establecer elementos que aporten a la comprensión de los fenómenos electrostáticos, particularmente en la construcción de magnitudes como carga eléctrica.

1.2 Implicaciones Metodológicas

Para el desarrollo de esta investigación, se parte de la revisión y análisis de fuentes primarias, cuya finalidad es de carácter disciplinar y pedagógico, donde, a partir de ello se establecen criterios que aportan en la construcción de una base fenomenológica que permita comprender fenómenos como los electrostáticos y particularmente en la elaboración de explicaciones en torno a la carga eléctrica. En esta misma línea también se acude a la revisión e interpretación de la perspectiva de autores que han abordado el estudio de la carga eléctrica como una construcción que se da desde la experiencia, la organización de cualidades y el uso de instrumentos como factores que predominan en el objeto de estudio.

En este sentido, para el desarrollo de este trabajo se presentan las fases que enmarcan todo el proceso investigativo:

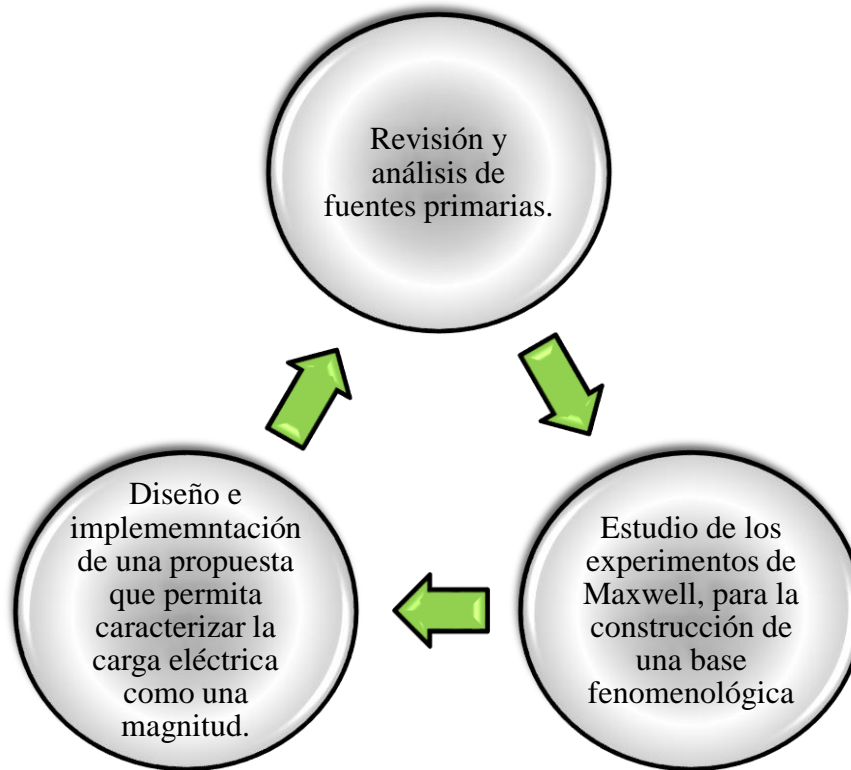


Ilustración 1. Fases del proceso de Investigación.

Revisión y análisis de fuentes primarias. Se identifican criterios que se establecieron alrededor de los fenómenos eléctricos y las variables que permiten su explicación, así mismo, brinda aportes a los cuestionamientos que se tienen y que surgen al momento de explicar experiencias para su abordaje, así como: efectos de los cuerpos electrificados, formas de electrificar un cuerpo y estados de electrificación, para posteriormente referirnos a la carga eléctrica como la cantidad de electrificación que puede poseer un cuerpo.

Estudio y análisis de los experimentos de Maxwell, para la construcción de una base fenomenológica. Esta fase se desarrolla con el objetivo de resignificar y transformar los conocimientos que se poseen entorno a los fenómenos electrostáticos y, a su vez, es pensaba como la posible secuencia con la cual se construirá toda la base fenomenológica para comprender y explicar el objeto de estudio.

Diseño e implementación de una propuesta que caracterice la carga eléctrica como una magnitud. Esta fase consiste en diseñar e implementar una serie de experimentos, que constituyan una base en la elaboración de conocimiento, alrededor del objeto de estudio y así

mismo que logre ampliar la experiencia sensible del sujeto, ya que de esta manera construye su propia ruta de trabajo y posibilita la comprensión de los fenómenos electrostáticos, específicamente cuando se refiere a la carga eléctrica.

Es importante aclarar que la relación entre las fases no es unidireccional, sino multidireccional, ya que están relacionadas una con la otra, por ejemplo la fase III aporta a la comprensión de los experimentos planteados en la fase II y al mismo tiempo consolida significativamente el análisis de textos primarios.

1.3 Antecedentes

Desde las dimensiones en las que se desarrolla este trabajo, se revisan investigaciones que se han hecho a propósito de los fenómenos eléctricos, particularmente los electrostáticos, de la construcción y conceptualización de la cantidad de electricidad desde el análisis de textos primarios, de los procesos de formalización en la construcción del fenómeno y de la actividad experimental como factor primordial en la construcción de fenomenologías en torno al objeto de estudio. Por ello a continuación se presentan algunos de los trabajos revisados y elementos que han sido abordados en el proyecto de investigación.

Investigaciones en torno a los fenómenos electrostáticos

1. En septiembre de 2014 fue presentado en la Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, el siguiente trabajo de grado: Caracterización de los fenómenos electrostáticos desde una perspectiva de campos por Andrea Estefanía Ulloa Cataño y David Alexander Paque Burgos. El trabajo se enmarca en el estudio de referentes teóricos y diferentes propuestas realizadas por Maxwell y Faraday para constituir la teoría de campos, en esta medida se desarrolla un análisis de los experimentos consignados en el tratado elemental de Electricidad y Magnetismo (1954), identificando la importancia de establecer una ruta que posibilite la comprensión de conceptos que se establecen al momento de caracterizar fenómenos como los electrostáticos, en este sentido se hace énfasis en el estado eléctrico de la materia, las formas de electrificar un cuerpo (inducción y conducción) y el uso de conductores metálicos como herramienta que caracteriza e

identifica cualidades del fenómeno, ejemplo de ello, carga eléctrica y el potencial eléctrico. Esta caracterización permite que se tenga proximidad al fenómeno abordado, donde, prevalece la importancia de crear escenarios donde diferentes experiencias posibiliten referirse al fenómeno, ya que como se menciona en la investigación los fenómenos electrostáticos no son del todo perceptibles por nuestros sentidos y esto requiere que se construya toda una organización alrededor de este.

2. En febrero de 2008 fue presentado al Departamento de Física Aplicada I. Universidad del País Vasco. Enseñanza de las Ciencias. Investigación didáctica, el siguiente trabajo: Dificultades persistentes en el aprendizaje de la electricidad: estrategias de razonamiento de los estudiantes al explicar fenómenos de carga eléctrica, por Jenaro Guisasola; José Luis Zubimendi; José Manuel Almudí, y Mikel Ceberio.

El trabajo se constituye principalmente en analizar las formas de razonar de estudiantes universitarios cuando intentan explicar los procesos de carga eléctrica en cuerpos, los resultados de la investigación se dan desde la aplicación de entrevistas y cuestionarios, así mismo se emplearon diseños cualitativos y cuantitativos en torno al fenómeno de estudio, donde al momento de interpretar diferentes respuestas a las preguntas que orientaron el trabajo, los autores manifiestan que existen serias dificultades en las concepciones que los estudiantes poseen y que utilizan para referirse a carga eléctrica y potencial eléctrico, esto lo realizan a través de categorías de análisis y la descripción que se hace cuando se presenta una determinada situación, estableciendo un marco de referencia que permite establecer criterios en las formas de razonar a propósito de la electricidad, de esta manera concluyen que las dificultades en los procesos explicativos persisten debido a que no se tiene evidencia de las relaciones entre fenómenos triboeléctricos, potencial eléctrico y capacidad eléctrica para explicar la carga eléctrica, argumentado que un aspecto que lleva a eso, es la forma como son constituidos y llevados al aula los planes de estudio que se han estructurado para la enseñanza de la electricidad.

Investigaciones en torno al análisis de textos primarios

1. En febrero de 2012 fue presentado a la revista Física y Cultura: cuadernos sobre Historia y enseñanza de las ciencias, el artículo: Análisis histórico-crítico del fenómeno eléctrico. Hacia una visión de campo, por Edwin German García Arteaga. El artículo se enmarca en la concepción que se tiene de enseñar y aprender ciencias, donde esboza que continuamente se establecen dinámicas en el aula que no posibilitan la construcción del fenómeno y que por ende se recurre a libros de texto que solo exponen conceptos y teorizaciones que se dan como verídicas, en este sentido el autor presenta una manera diferente de comprender los fenómenos, desde el análisis histórico crítico de textos primarios, donde a partir de ello se identifican episodios históricos que repercutieron en toda su construcción, así mismo se rescatan de planteamientos hechos de Gilbert hasta Maxwell y los aportes que permitieron constituir una serie de elementos que caracterizaron y ordenaron cualidades que se observaron en situaciones experimentales y de cuestionamientos propios de los personajes citados, lo anterior consolidó toda una base fenomenológica en torno al fenómeno eléctrico. Así mismo constata que establecer una ruta que esté encaminada a la comprensión del fenómeno a través del análisis histórico crítico permite nuevos caminos en la forma como se construyen explicaciones del fenómeno eléctrico.

Investigaciones en la actividad experimental como base en la construcción de una fenomenología

1. En mayo de 2011 fue publicado en el libro “El experimento en el aula: comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes” una sección de este, resultado del proceso investigativo del programa de Maestría en Educación, Línea Educación en Ciencias, de la Universidad de Antioquia y del proyecto de investigación la actividad experimental para la comprensión de fenómenos en la enseñanza de las ciencias, del Grupo Física y Cultura de la Universidad Pedagógica Nacional. Titulado El caso de la medición del potencial eléctrico: un ejemplo de Recontextualización de saberes, por Julián David Medina Tamayo y Milton Gonzalo Tarazona Palacio.

El trabajo se enmarca en un estudio de caso, donde se prioriza la construcción de fenomenologías asociadas a la medición de potencial eléctrico para su comprensión, así mismo se realiza un análisis histórico y epistemológico de textos originales de los experimentos realizados por Maxwell (1954) en su Tratado de Electricidad y Magnetismo, de esta manera se reflexiona en las formas de caracterizar la cantidad de electrificación de un cuerpo y posteriormente el potencial, en este sentido, prevalece la importancia de tener un conjunto de cualidades que permitan entender y comprender el fenómeno, siempre con la ayuda del instrumento de medida y del estudio de estos en la construcción del potencial eléctrico como una magnitud, de esta manera, se organiza una secuencia de experiencias en las cuales predomina el uso de conductores en la determinación del fenómeno y en la construcción de magnitudes que lo representen, logrando ampliar la experiencia y transformar la visión que se tiene acerca del experimento como verificador de teorías.

Es de resaltar que cada uno de las investigaciones revisadas aporta a la investigación en curso, en cuanto permitió identificar elementos que posibilitan adentrarse en el objeto de estudio y reconocer posibles problemáticas que surgen al momento de su comprensión y enseñanza, en esta medida se favorecen aspectos como el análisis de fuentes primarias para la construcción y formalización de conocimientos, donde, a partir del seguimiento progresivo de experiencias se determinan características para referirse al fenómeno, esto claro privilegiando la actividad experimental como el factor que propicia espacios donde se proponen situaciones que logran la exploración, identificación, ordenación y organización de cualidades y efectos que muestran determinadas experiencias. Lo anterior, consolida que el uso del experimento no es el de ser el agente didáctico ni el verificador de teorías como se piensa normalmente, sino más bien en el elemento que posibilita la elaboración de explicaciones, en nuestro caso, en la caracterización de la carga eléctrica como una magnitud que puede ser medible y asociada al objeto de estudio, hecho que sólo se logra por medio de la estructuración de una serie de experiencias que logran a través de su observación mostrar efectos que permiten dar cuenta del fenómeno, lo que sugiere pensar que para la organización de diferentes eventos se debe acudir al uso del instrumentos y la construcción de escalas, ya que es en esta medida que se podrá construir una base fenomenológica en torno al objeto de estudio.

En concordancia con la anterior, en el siguiente capítulo se presentan los fundamentos teóricos que permiten ahondar en la comprensión de los fenómenos electrostáticos y los criterios que se emplearán en la construcción de una propuesta de aula para que docente y estudiante elaboren explicaciones alrededor del fenómeno.

CAPITULO 2.

CONSTRUCCIÓN DE FENOMENOLOGÍAS, EL CASO DE LA CARGA ELÉCTRICA

Cuando tomamos cierto interés en los grandes descubridores y en sus vidas es cuando la ciencia se hace soportable, y sólo cuando rastreamos el desarrollo de las ideas es cuando se hace fascinadora. James Clerk Maxwell

En este capítulo, se presentan los referentes conceptuales que permiten abordar el estudio de los fenómenos electrostáticos, desde una mirada fenomenológica, en este sentido se plasma la importancia de reconocer la actividad experimental, el experimento, el instrumento de medida y el análisis de fuentes primarias como factores predominantes en la construcción del fenómeno y que en este trabajo se enmarcan de la siguiente manera: I. La actividad experimental en la construcción de los fenómenos electrostáticos, II. El uso del instrumento en los procesos de formalización, acerca de la carga eléctrica, III. El experimento como base en la elaboración del conocimiento y IV. El análisis de los experimentos presentados en el Tratado de Electricidad y Magnetismo (1954) de James Clerk Maxwell, como una manera de comprender los fenómenos electrostáticos.

Elaborar explicaciones acerca de un fenómeno, desde una mirada fenomenológica, requiere reconocer que su explicación surge de las necesidades e intereses del sujeto, en esta medida el objeto de estudio se convierte en un problema de conocimiento que necesariamente surge de cuestionamientos propios y comunes que circulan alrededor de un determinado contexto, lo que conlleva a que las personas que allí se encuentran inmersas propongan nuevas rutas que favorezcan la resignificación o creación de relaciones y estructuras de lo que el fenómeno muestra, de este modo se dinamizan los procesos de formalización y se transforman las maneras de hablar, entender y comprender.

2.1 La actividad experimental en la construcción de los fenómenos electrostáticos.

Cuando abordamos fenómenos como los electrostáticos, partimos de libros de texto, documentos de internet y desde nuestro propio conocimiento, exponemos una serie de experimentos, puntualizamos fórmulas aritméticas y a partir de ello, nos referimos a conceptos como carga eléctrica, campo eléctrico y fuerza eléctrica, entre otros. Estas acciones dentro y fuera del aula nos ha llevado a explicar el objeto de estudio desde la información que transita en el entorno y no a través de cuestionamientos que surgen cuando realizamos y observamos una determinada experiencia, así mismo, cuando acudimos a la actividad experimental en la elaboración de explicaciones, esta es empleada no como el factor que posibilita la construcción del fenómeno, sino como una herramienta que es utilizada para verificar y comprobar teorías que ya se han establecido en el tiempo. Reflexionar sobre el hecho de recurrir a la actividad experimental como comprobadora de teorías, reduce de forma significativa las explicaciones que ofrecemos del fenómeno, ya que no nos permite ampliar las nociones que tenemos del fenómeno, lo que conlleva a que se considere como algo estático y que su explicación se limite sólo a lo que se nos ha dicho.

Sin embargo, cuando el sujeto transforma la perspectiva que se tiene acerca de esta y no es visualizada como la herramienta que posibilita la validación de teorías, emergen nuevas percepciones al respecto; es concebida como algo no estandarizado y por el contrario propicia la elaboración de explicaciones en torno al fenómeno, en otras palabras la actividad experimental se convierte en un proceso que surge de una construcción social y colectiva, donde se promueven y surgen nuevos modos de significar el objeto de estudio. Entonces, si la actividad experimental permite la construcción de explicaciones acerca del fenómeno que se desea estudiar, cobran importancia los procesos que se llevan al interior de esta, donde la organización de experiencias, la ordenación de cualidades y el uso de instrumentos, posibilitan una manera de construir una base fenomenológica en torno al fenómeno abordado.

De esta manera la actividad experimental se convierte en el vínculo que permite la reflexión constante, logrando desencadenar relaciones entre lo que conocemos y lo que queremos conocer. Por ejemplo, cuando estudiamos los fenómenos electrostáticos, partimos de lo que

observamos y sabemos, sin embargo, las situaciones asociadas a esté no se reconocen fácilmente por nuestros sentidos, es en este punto donde cobra importancia la forma como la actividad experimental es asumida en el aula, ya que permite, a través de la experiencia, del conocimiento que se tiene acerca del fenómeno, de los intereses propios del sujeto y de la organización de experimentos, que se construyan vínculos que posibiliten su comprensión.

Con base en lo anterior, se establece un escenario imprescindible de investigación, reflexión, interpretación y apropiación del objeto de estudio, logrando engrandecer su historicidad y la dimensión científica que de esta deviene; además se convierte en un racero que permite aportar juicios de valor y por supuesto posicionamientos que necesariamente determinan el armazón en la construcción del fenómeno.

2.2 El uso del instrumento en los procesos de formalización, acerca de la carga eléctrica

Esta parte, está orientada a la organización de eventos que promuevan ampliar un horizonte de conjeturas que logren la caracterización del fenómeno, esto claro desde la observación, descripción y donde, al momento de trazar una ruta de trabajo - desde la intención que se tenga -, el experimento y el uso de instrumentos posibiliten la construcción de magnitudes para conceptualizar la noción que se tiene de carga eléctrica. Como lo manifiestan Romero y Rodríguez (2005): “La medición, - en su acepción más fundamental, se identifica con la acción o acciones por medio de las cuales se compara una propiedad de un objeto o sistema, con otra de la misma clase asumida como patrón; el resultado de tal comparación es un número” (p. 128)

Entonces, la medición es asumida como una relación de ciertas características, procesos y análisis que permiten la organización de los eventos observados, permitiendo la construcción de instrumentos que puedan dar cuenta del fenómeno.

... se puede asumir la medición como una práctica compleja que involucra, entre otras cosas, no solo preparar aquello que es objeto de medición sino también la forma de medirlos y los dispositivos con los que se hace esta operación, puede significar un cambio sustantivo en la forma

de entenderla, además de transformar este proceso en un interesante objeto de estudio en el momento de analizar las prácticas experimentales. (De Andrade, 2007); (Romero y Rodríguez, 2006); (Mäntylä y Koponen, 2007). (Ayala, 2011, p. 27).

La importancia de los instrumentos en la construcción de magnitudes da cuenta de cualidades que a simple vista no podemos observar, ejemplo de ello, es cuando al intentar conceptualizar la carga eléctrica establecemos procesos asociados al uso de este para así constituir una organización de cualidades propias del fenómeno, donde a partir de una observación intencionada y de una serie de experimentos, se identifican características que después de ser organizadas nos admiten determinar y limitar el fenómeno que se ha abordado, por ejemplo, el utilizar un electroscopio como instrumento para evidenciar si un sistema está electrificado, o cuando se hace uso de conjunto (recipiente cerrado - electroscopio), para constituir rasgos propios del fenómeno y así referirnos a una magnitud que este asociada a este, lo anterior, sugiere que el instrumento de medida no es un objeto que está circundante al fenómeno, sino que es una extensión de este, ya que permite concretar y formalizar de manera ordenada toda la información que se tienen alrededor de este. Entonces, es el instrumento la herramienta que logra estructurar y organizar las experiencias con las cuales estamos dando cuenta del fenómeno. En este orden de ideas, construir la cualidad que el sujeto quiero observar sólo se logra a través del instrumento, como se ha mencionado, es el sujeto el que permea el fenómeno ya sea desde sus intereses o construcciones conceptuales.

En la constitución de una medida se pueden dibujar tres rasgos característicos; la clasificación, la organización de cualidades de menor a mayor grado de relación y la manera de medir una determinada magnitud, ejemplo de ello, es cuando Maxwell en su intento por explicar ciertos comportamientos de los cuerpos electrificados, asigna una serie de cualidades alrededor de la carga eléctrica, desde aspectos cualitativos y cuantitativos, definiendo criterios de ordenación que le permiten considerar que la cualidad a la que hace referencia el fenómeno puede ser susceptible de ser medida y detectada. Ayala, Malagón y Sandoval (2011) manifiestan:

Las anteriores consideraciones nos permiten poner de manifiesto, en primer lugar, la existencia de una íntima e insoluble relación entre las magnitudes y sus formas de medida y la comprensión del campo fenoménico en el que se inscribe; en segundo lugar, que lo sensible está cruzado por

construcciones y organizaciones “teóricas” previas o formas lógicas de organizar y, en tercer lugar, que las organizaciones conceptuales están ligadas a la organización de las experiencias sensibles. (p. 31)

En este sentido, el uso de instrumentos en este trabajo es pensado como el agente que consolida la caracterización y ordenación de cualidades que presenta el fenómeno, para así construir una base fenomenológica que proporcione explicaciones en torno a magnitudes como la carga eléctrica.

2.3 El experimento como base en la elaboración del conocimiento

Cuando se habla del experimento en la enseñanza de las ciencias se tiende a pensar que es el elemento o método científico clave para la corroboración de teorías, validación de hechos que han sido explicados y que así mismo permite validar el fenómeno que ha sido estudiado; desde esta perspectiva se produce una separación entre teoría y práctica. “En ambas posturas se toma como sustento una separación entre la práctica y la teoría, o en otras palabras, una separación entre el mundo de las ideas y el mundo de lo sensible; considerándose que a través del experimento se establece de alguna manera un nexo entre dos mundos”. (Ayala et ál., 2011: 45).

Lo anterior, sugiere que el experimento en el aula es asumido como la herramienta que posibilita la toma de datos de una determinada experiencia, donde la obtención de estos se da a través del uso de instrumentos que prueban lo que la teoría dice, así mismo convierte a los sujetos que lo realizan en agentes pasivos que solo están a la espera de que exista una cierta veracidad en lo que se está desarrollando y, aún más, fortalece el panorama de desligar el experimento de la teoría. Esta visión, se convierte en una idea desvirtuada, donde los conceptos, leyes y teorías son los que otorgan la verdad absoluta respecto a un determinado fenómeno, esto ha generado que el experimento se vea solamente como una receta de cocina, donde solo se deben seguir pasos o secuencias para su realización, propiciando un choque entre conceptos y prácticas que sin lugar a dudas crea un imaginario falso en la elaboración de explicaciones en torno a un determinado fenómeno. Fonseca (2016) menciona:

Gran parte de las posturas que se asumen sobre el trabajo experimental en el ámbito escolar responden sin duda a una imagen del experimento y de ciencia en la que se le ve jugando un papel

de validador de las teorías y desde la que se concibe que la legitimidad de la ciencia está mediada por el experimento. Se considera así que el experimento en el aula debe estar estructurado para obtener datos que den fiabilidad a la teoría, independientemente de cuál sea el objetivo de corte pedagógico que se pretenda alcanzar. (p. 50)

Es claro que la intención de esta investigación no está centrada en el uso del experimento como verificador de teorías alrededor del objeto de estudio, por el contrario fija su interés como la base donde se establecen relaciones entre los supuestos que se tienen y lo que la experiencia muestra, ya que de esta manera se generan nuevos procesos en la construcción de conocimiento. Al respecto Hacking (1983) menciona que “El experimento fue declarado oficialmente el camino real hacia el conocimiento, y los académicos fueron desdeñados porque argumentaban a partir de los libros en lugar de observar el mundo que los rodeaba”. Por lo anterior, se considera que el experimento es el que organiza lo que observamos, donde a partir de ello se establece un conjunto de criterios para caracterizar, construir y comprender el fenómeno.

Sumado a esto, se hace importante tener en cuenta, la manera como se observa una determinada situación, ya que es a partir de la observación que entendemos y comprendemos el mundo que nos rodea. Sin embargo, observar por observar es una cuestión que no nos permite profundizar en la explicación de los diferentes fenómenos, para ello se debe realizar una observación intencionada y concreta que escudriñe la información que este muestra y que se nos presenta ante nuestros ojos, esto con el fin de crear un conjunto ordenado y estructurado, donde se establecen elementos de juicio con los cuales se podrá de manera conceptual construir el fenómeno.

Otro aspecto a resaltar en la elaboración del conocimiento alrededor del objeto de estudio, específicamente los fenómenos electrostáticos, es cuando se piensa en la relación teoría – experimento como una actividad dinámica, ya que esto permite abarcar el fenómeno desde todas sus dimensiones, promoviendo el fortalecimiento y la transformación en las explicaciones que se hacen alrededor de ello.

El enlace entre teoría-experimento, promueve la construcción de explicaciones en torno a los fenómenos electrostáticos, donde es asumida como una relación de doble vía, es decir, una lleva a la otra y viceversa, y que no se pueden desligar. En este sentido, se hace posible una organización intencionada del experimento que permita adecuar una posible ruta en la construcción de explicaciones, estableciendo nexos de las cualidades que el fenómeno muestre para su conceptualización, formalización y construcción. Esto lleva a pensar en el experimento no como una ayuda didáctica en la enseñanza de las ciencias ni como una verificación de teorías que se encuentran expuestas en libros o en documentos de internet, sino más bien como “la ampliación de la experiencia del estudiante, la observación detallada, la formalización de relaciones y la concreción de supuestos conceptuales” (Ayala, Malagón & Sandoval, 2011, p. 7). Cabe resaltar que la experiencia no es concebida como una situación de momento en el aula, sino más bien la organización que hace el sujeto de diversas representaciones que ha “observado” alrededor de un fenómeno y que a su vez amplían significativamente los supuestos que se tienen respecto al fenómeno de estudio.

En ese sentido, el diseño de la propuesta de aula retoma algunos de los experimentos realizados por James Maxwell, sobre la caracterización del comportamiento eléctrico de la materia, formas de electrificación de un cuerpo, clasificación de materiales y el uso de conductores (recipientes metálicos) para diferenciar el fenómeno de otros, cuya finalidad es que a partir de ello, se construya una base fenomenológica que logre caracterizar la carga eléctrica como una magnitud, y a su vez, que los sujetos (estudiante-maestro) entren en un dialogo para estructurar, caracterizar y organizar los experimentos realizados, esto con el ánimo de ampliar su experiencia y lograr identificar elementos para complejizarlo como un fenómeno de estudio, siendo así el instrumento de medida el agente que permite ir avanzado en los criterios de ordenación de cualidades y posteriormente en la construcción conceptual de la carga eléctrica como una magnitud posible de ser medida.

2.4 Estudio y análisis de los experimentos de Maxwell, J. (1954), una manera de comprender los fenómenos electrostáticos.

En esta parte, se presenta la construcción y el análisis de algunos experimentos realizados y presentados por Maxwell² en su libro Tratado Elemental de Electricidad y Magnetismo (1954), donde se toma como punto de referencia la base fenomenológica que constituyó en torno a la caracterización de los fenómenos electrostáticos y la conceptualización de la carga eléctrica como magnitud. Es de aclarar que esto se desarrolla con fines disciplinares y pedagógicos, donde a partir de ello se constituye una ruta para la comprensión del objeto de estudio.

2.4.1 Construcción y análisis de los experimentos realizados por Maxwell

En física cuando se abordan ciertos fenómenos, regularmente se cuenta con una organización de experiencias que posibilitan su comprensión, existe una secuencia estructurada que ha sido establecida a partir de lo que perciben nuestros sentidos, un ejemplo de ello, es cuando se estudia el movimiento, a partir de experiencias cotidianas que se han observado y descrito se pueden determinar explicaciones en cuanto a magnitudes como distancia, velocidad, desplazamiento y aceleración.

Pero esto no ocurre en todos los casos, por ejemplo, cuando se trata de fenómenos electrostáticos, no se tiene una organización de experiencias ordenadas que permitan comprenderlos, esto se debe a que nuestros sentidos no son perceptibles a ellos, es decir no se pueden observar de forma directa, escasamente se ilustran acontecimientos como los de

² **James Clerk Maxwell (1831-1879)**, nació en Edimburgo y estudió en las universidades de Edimburgo y Cambridge. Fue profesor de Física en la Universidad de Aberdeen desde 1856 hasta 1860. En 1871 fue el profesor más destacado de física experimental en Cambridge, donde supervisó la construcción del Laboratorio Cavendish. Amplió la investigación de Faraday sobre los campos electromagnéticos, demostrando la relación matemática entre campos eléctricos y magnéticos. Posteriormente mostró que la luz es una onda electromagnética. También elaboró la teoría cinética de los gases, que explica las propiedades físicas de los gases y su naturaleza. Entre otros logros hay que destacar la investigación de la visión de los colores y los principios de la termodinámica. Estos trabajos le convirtieron en uno de los científicos más importantes del siglo XIX. En su honor, la unidad de flujo magnético en el sistema cegesimal se denominó maxwell. Tomado de La historia y la electricidad, Maxwell y el electromagnetismo, www.epec.com.ar.

un chispazo o corrientazo cuando nos acercamos a cierto objeto, sin embargo, estos fenómenos se explican a partir de corrientes eléctricas y no debido a la alteración eléctrica a la que se ha sometido un cuerpo. En este sentido intentar comprender y explicar fenómenos electrostáticos constituye una infinidad de inquietudes que a simple vista no se pueden resolver, es por esto que se hace necesario una organización de experiencias que permitan ampliar e identificar características y cualidades del mismo, esto con el fin de ir “... progresando en los grados de ordenación e identificación de cualidades y procesos de medición de las mismas” (Medina & Tarazona, 2011, p. 27). En concordancia con lo anterior, se presenta la construcción y el análisis de algunos experimentos realizados por Maxwell (1954), con fines disciplinares y pedagógicos, ya que se considera que son propicios para la comprensión del objeto de estudio y las reflexiones que emergen de ello.

El tratado elemental de electricidad y Magnetismo, por James Maxwell pone de manifiesto en el primer capítulo, la preocupación que tuvo por describir lo más relevante de los fenómenos eléctricos y la construcción de magnitudes, esto a partir de la organización de una serie de experiencias que le permitieron observar, describir, interpretar y finalmente constituir elementos para cuantificar cualidades propias del objeto de estudio.

Teniendo en cuenta lo anterior, se presentan los experimentos asociados a los fenómenos eléctricos, particularmente los electrostáticos, con el fin de rescatar los aspectos que predominaron en la base fenomenológica que construyó alrededor de ello, de este modo se comprenderán desde nuestra propia experiencia y la observación detallada de las cualidades que estos nos muestran, para así consolidar un conjunto de cualidades que nos permitan avanzar en los grados de ordenación del fenómeno y de esta manera abordarlo desde nuestras observaciones y explicaciones.

2.4.1.1 Electrificación por fricción

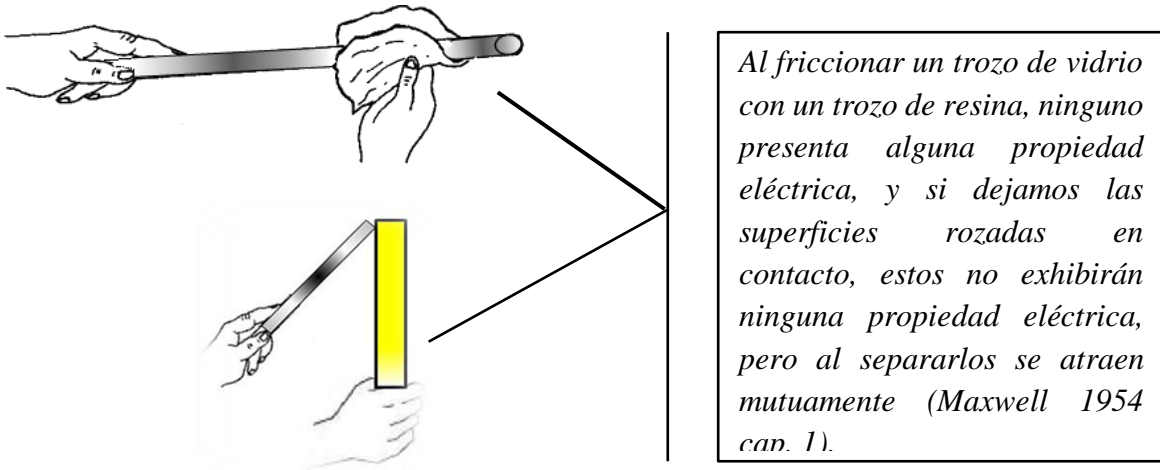


Ilustración 2. Electrificación por fricción

Al realizar la experiencia se observa que materiales como la resina y el vidrio al ser acercados, muestran efectos como atracción³ o repulsión; comportamientos que se presentan debido a que se ha alterado el estado eléctrico de cada cuerpo, esto sugiere que las características de cada uno de los objetos utilizados son diferentes y que debido a ello cuando se acercan dos objetos constituidos por el mismo material, resina o vidrio, estos se alejan, - efecto de repulsión -, caso contrario a lo que ocurre cuando se acerca un objeto de resina y un objeto formado de vidrio.

Entonces si un objeto de vidrio que ha sido electrificado es acercado a un objeto de resina también electrificado, se considera que el efecto mostrado es de atracción, esto confirma que cada cuerpo ha adquirido un tipo de electrificación diferente, en el caso del vidrio la electrificación es vítrea y en el de la resina es electrificación resinosa. Lo anterior permite en primera instancia pensar que dos materiales electrificados y de diferente clase al hacer contacto, presentan diferentes efectos, atracción y repulsión, comportamientos que permiten una primera aproximación al fenómeno. En términos de Maxwell (1954, p. 10).

³ Estos fenómenos de repulsión y de atracción se han denominado fenómenos eléctricos y los cuerpos que lo exhiben se dicen que están electrificados o cargados de electricidad (Maxwell 1954 cap. 1).

1. Que los dos pedazos de vidrio⁴ se repelen entre sí.
2. Que cada pedazo de vidrio atrae cada pedazo de resina.
3. Que los dos pedazos de resina⁵ se repelen entre sí.

Como se muestra en la ilustración 3.

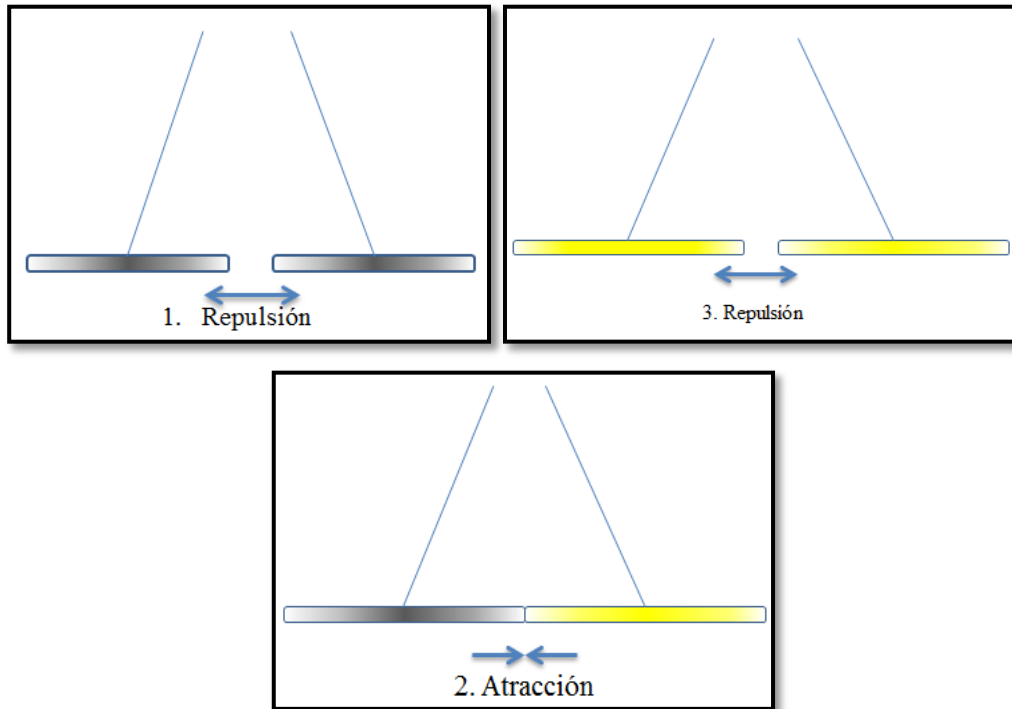


Ilustración 3. Efectos que muestran diferentes materiales cuando han sido puestos en interacción.

Es la práctica establecida de los hombres de ciencia llamaron a la electrificación vítrea positiva y a la resinosa negativa. Las propiedades exactamente opuestas de las dos clases de electrificación nos justifica el indicarlas con signos opuestos, pero la aplicación del signo (+) a una clase más que a la otra debe ser considerada como un asunto de convención arbitraria, de la misma manera que es una convención en los diagramas matemáticos designar las distancias positivas hacia la mano derecha. (Maxwell, 1954, p. 11).

En concordancia, se puede decir que la connotación de positivo o negativo fue dada para diferenciar efectos como la atracción y repulsión de dos objetos que se encuentran

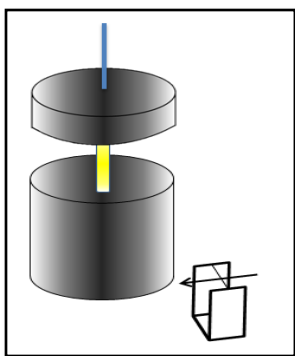
⁴ Barra de vidrio.

⁵ Barra de resina.

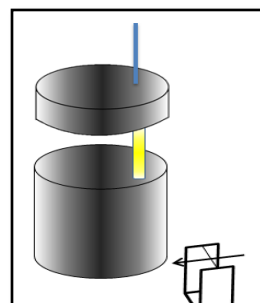
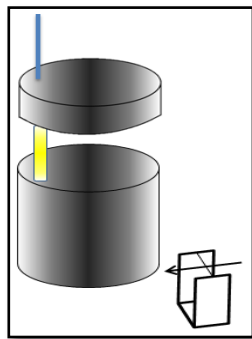
electrificados, del interés de científicos de la época y no porque tengan alguna relación con el signo, como se explicó anteriormente la electrificación vítrea o resinosa. A partir de la observación y descripción que se realizó de la experiencia, se identifica que la naturaleza y el comportamiento de los cuerpos es de orden eléctrico, que los materiales tienen diferentes propiedades y que de esta manera al ser electrificados por medio de frotación o fricción se altera su estado inicial, generando que puedan contener mayor o menor electricidad, por otro lado se caracteriza la propiedad eléctrica que poseen los cuerpos como dual, es decir, su comportamiento puede ser vítrea o resinosa, lo que permite observar efectos como la atracción o repulsión de dos o más cuerpos que se encuentran en interacción.

Así mismo, se expone que los criterios establecidos por Maxwell en su primera aproximación al fenómeno, propone dos tipos de electrificación y que ello depende del material, (resina y vidrio), se puede decir que a partir de ello se logran caracterizar y clasificar otros materiales que tengan propiedades y comportamientos de orden eléctrico similares al vidrio y la resina, así mismo se especifica que para observar efectos como la atracción, necesariamente los cuerpos deben estar electrificados, donde se establecen aspectos relacionados con la electrificación, por ejemplo, cuando los cuerpos se encuentran en interacción luego de ser frotados ambos manifiestan signos de electrificación, cuando los cuerpos permanecen unidos ya no exhiben signos de electrificación y cuando estos son separados cada uno presenta signos de electrificación, logrando identificar la existencia de dos tipos de electrificación.

2.4.1.2 Electrificación por inducción



Tome un recipiente abierto de metal suspendido por hilos de seda blanca y deje un hilo similar atado a la tapa del recipiente, de tal



manera que el mismo pueda abrirse o cerrarse sin tocarlo. Tome trozos de vidrio y resina, similarmente suspendidos y electrificados como antes. (Maxwell, 1954).

Ilustración 4. Electrificación por inducción.

Para el estudio de esta experiencia, se escogió un recipiente metálico - cilindro metálico - o conductor cerrado que no hubiera sido electrificado con anterioridad, luego de ello se introdujo el trozo de vidrio electrificado⁶ dentro del conductor, luego se cerró procurando que no tuviera ningún contacto con el objeto y finalmente se acercó al indicador.

En el apartado anterior, se hace referencia al indicador, en este sentido se elaboró un instrumento que permitiera identificar si el conductor cerrado y el trozo de vidrio (sistema) – para nuestro caso una esfera de icopor envuelta con papel aluminio – cuando se encontraban en interacción estaban electrificados, en concordancia con la secuencia hecha por Maxwell se diseñó un indicador de electrización (similar a un versorium⁷), donde en su diseño prevaleció la sensibilidad de la aguja ya que el movimiento de este elemento es el que nos permite evidenciar que un cuerpo ha sido alterado eléctricamente. A continuación en la ilustración 5 se presenta como fue su elaboración.

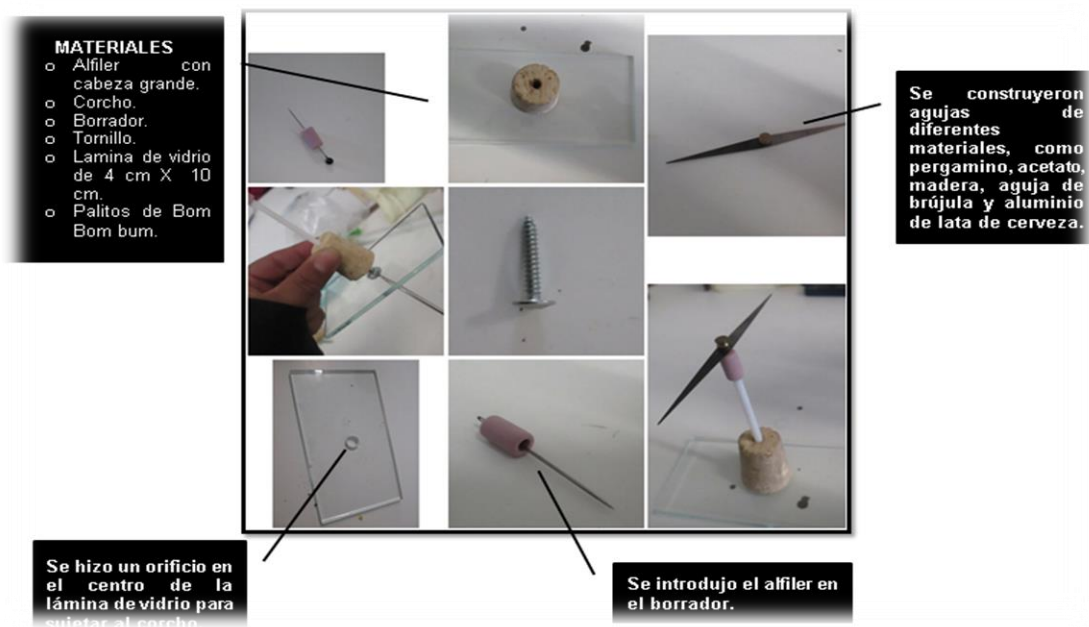


Ilustración 5. Elaboración del indicador.

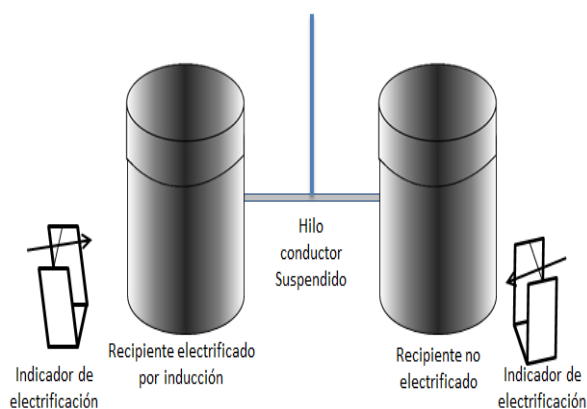
Es de aclarar que para esta experiencia se hizo necesario el uso un artefacto que magnificara la electrificación del objeto, para ello se empleó un Generador de Van der Graaff, así mismo el espacio donde se realizó el montaje fue delimitado, es decir, la interacción entre el objeto

⁶ En lugar de vidrio se utilizó una esfera de icopor envuelta en papel aluminio, fue electrificada con un generador de Van de Graaff.

⁷ Instrumento elaborado por Gilbert para determinar si un cuerpo estaba electrificado.

electrificado y el recipiente fue en un espacio libre de humedad y tratando en lo posible que agentes externos intervinieran en la observación del evento. Cuando se introduce el objeto electrificado al interior del recipiente, se observa que la aguja del indicador se mueve, se infiere que el objeto electrificado indujo su electrificación al exterior del recipiente, y por ello, se produce un movimiento en la aguja del indicador, también se observó que cuando se mueve el objeto dentro del conductor, la lámina del indicador no se mueve, es decir, queda estática. Lo anterior, permite pensar que la posición de cuerpo dentro del conductor no interfiere en la electrificación que detecta el indicador, así mismo se logra establecer que el recipiente metálico delimita el espacio donde ocurre la interacción, a partir de ello, se identifica que el objeto cuando se introduce en el recipiente, este induce al exterior del recipiente la electrificación que poseía, lo que se evidencia cuando la aguja del indicador empieza a moverse. En este caso el recipiente divide el espacio en dos regiones, una superficie externa y una interna, donde si el objeto induce la electricidad a la parte externa, indica que en el interior debe existir una electrificación diferente a la del objeto.

2.4.1.3 Electrificación por conducción



Sea el recipiente metálico electrificado por inducción como en el último experimento y un segundo cuerpo metálico suspendido por hilos de seda cerca del mismo; sea un alambre metálico similarmente suspendido, traído de tal manera que toque simultáneamente el recipiente electrificado y el segundo cuerpo. (Maxwell, 1954)

Ilustración 6. Electrificación por conducción.

Para esta experiencia, se hizo necesario, un conductor cerrado electrificado por inducción (ver electrificación por inducción), un segundo conductor cerrado sin electrificar, dos indicadores de electrificación, un alambre e hilo. Al realizar la conexión, ver ilustración 6, se observa que las láminas del indicador cambian de posición, tanto del que está cerca al recipiente electrificado como al que se encuentra próximo al recipiente que no estaba

electrificado, “La condición eléctrica ha sido transferida desde el recipiente al segundo cuerpo por medio del alambre. Se dice que el alambre es un conductor de electricidad y que el segundo cuerpo ha sido electrificado por conducción” (Maxwell, 1954, p. 12). De esta manera se puede decir que hubo una transmisión de electrificación de un recipiente a otro, donde el recipiente inicialmente electrificado aun muestra signos de electrificación en menor grado al que se encontraba inicialmente y que el segundo recipiente adquirió por medio de la barra de metal cierta electrificación del primer recipiente, sin embargo en esta experiencia no se puede hablar de cuánta cantidad de electricidad fue transmitida.

También se establecen características de los metales, una de ellas y en la cual predomina la importancia de las experiencias, es la de transferir con mayor facilidad la electricidad de un cuerpo a otro, esto permite resaltar la clasificación que se hace generalmente de los materiales en conductores y aislantes, como lo expone Maxwell todos los cuerpos tienen la capacidad de transmitir sin embargo no en todos los casos, transfieren electricidad de la misma manera, en este sentido se podría pensar que si en vez de utilizar un alambre se utilizara un hilo de seda probablemente los efectos percibidos en la experiencia no serían los mismos, al respecto Maxwell (1954) afirma:

Los metales son buenos conductores; el aire, el vidrio, la resina, la gutapercha, el vulcánico, la parafina, etc., son buenos aislantes; pero, como veremos posteriormente, todas las sustancias resisten el paso de la electricidad y todas le permiten pasar aunque en grados diferentes... Por el momento sólo consideraremos dos clases de cuerpos: buenos conductores y buenos aislantes. (p. 12)

En la ilustración 7, se presenta una primera caracterización de los fenómenos electrostáticos, donde a partir del uso de instrumentos como el indicador y el recipiente metálico, nos permitieron observar y establecer efectos y cualidades de los objetos que han sido electrificados y puestos en interacción, así mismo se describen diferentes procesos para alterar el estado eléctrico de un cuerpo.

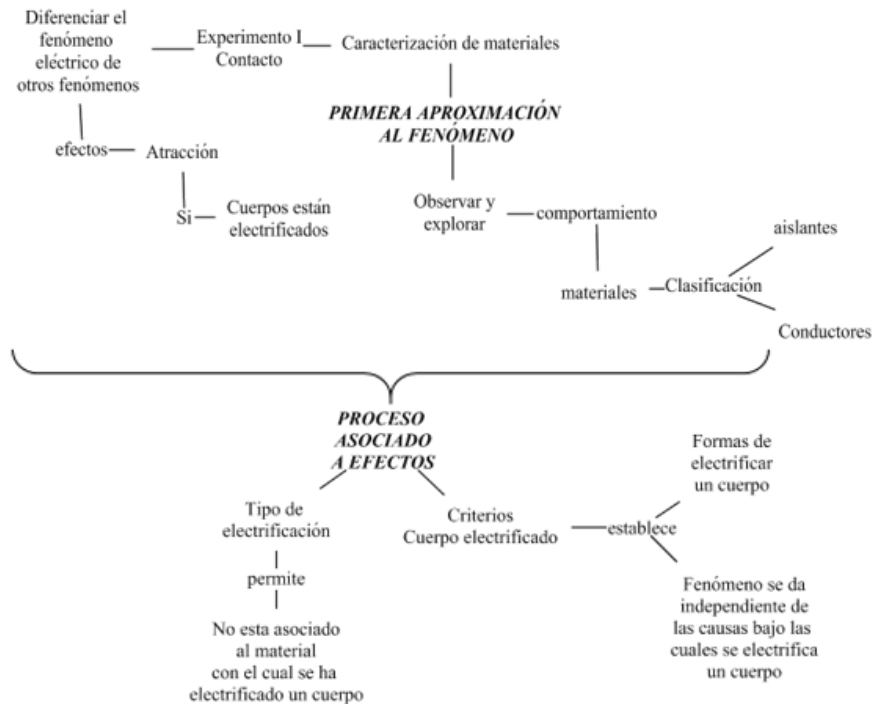


Ilustración 7. Primera aproximación al fenómeno.

Este conjunto de experiencias nos permiten realizar una primera organización del fenómeno, posibilitando recoger elementos para la comprensión de fenómenos como los electrostáticos, a continuación se presentan de la siguiente manera:

- Diferenciar el fenómeno de otros fenómenos, cuando se acude al uso de instrumentos como el indicador y el recipiente metálico, se logran detallar cualidades y efectos propios del fenómeno, ejemplo de ello, es cuando empleamos el indicador para constatar si un cuerpo se encuentra electrificado o cuando el recipiente metálico delimita el espacio en dos regiones, estos factores han posibilitado, determinar características que solo se presentan en las experiencias realizadas.
- Electrificación de los cuerpos, cuando nos referimos al estado eléctrico de un cuerpo, necesariamente se debe acudir al hecho que todos los cuerpos deben estar electrificados, no se puede hablar de electrificación de que un cuerpo esta electrificado y otro no.
- Métodos de electrificación, el estado eléctrico de un cuerpo se puede alterar por frotación, contacto o inducción.
- Existen dos tipos de electrificación vítrea y resinosa, que por convención se han denominado positiva y negativa.

- No todos los materiales son buenos conductores de electrificación.
- El uso del instrumento nos permite explicar el fenómeno a partir de lo que este nos muestra, es decir, si no acudiéramos al uso de instrumentos como el indicador no podríamos saber si un cuerpo esta electrificado o no, ello, nos remite necesariamente a que es el instrumento el que permite ampliar nuestras observaciones y así lograr caracterizar efectos y cualidades que este exhibe.

2.4.1.4 El instrumento de medida en la comprensión de los fenómenos electrostáticos

Cuando se ahonda en la comprensión de los fenómenos electrostáticos y particularmente en la caracterización de la carga eléctrica como una magnitud que da cuenta del fenómeno, se hace necesario recurrir al uso de instrumentos que nos permitan observar las cualidades que este exhibe, es por esta razón, que en las primeras experiencias se hizo uso de un indicador y del recipiente metálico (conductor aislado), sin embargo, cuando intentamos avanzar en la organización del fenómeno, se hace necesario emplear otro tipo de instrumentos que nos permita determinar características que con los instrumentos ya mencionados no son posibles de percibir, ejemplo de ello, es el indicador, este nos permite decir si un cuerpo se encuentra electrificado, pero, no nos permite referirnos al tipo de electricidad que tiene cada cuerpo, o a un más cuánta cantidad de electricidad puede contener, es por ello, que en las siguientes experiencias se hizo uso del electroscopio y posteriormente su modificación con un recipiente metálico. Como lo menciona Guerra, Correa, Núñez y Scaron (1985):

Para ver que la <<carga eléctrica>> es una magnitud o, con más precisión, que los estados de electrificación son manifestaciones cuantificables de una magnitud, debemos elaborar el *procedimiento de medición*. Ya disponemos, en principio, de un dispositivo para <<denunciar>> los estados de electrificación. Pero aún este instrumento no es de medida, pues no arroja respuestas cuantitativas. (p. 7)

En este sentido, se estableció que un recipiente metálico cerrado limita el espacio en dos regiones, una superficie interna y una externa, aspectos que se observaron por medio del indicador, es decir, gracias al movimiento de la aguja se logró identificar que un cuerpo electrificado cuando es introducido al interior del recipiente, este presenta signos de

electrificación en el exterior del recipiente y que cuando se cambia la posición del cuerpo en su interior, el indicador no se ve afectado, la aguja queda estática, por otro lado, al acercar el indicador cuando el objeto electrificado se encuentra en alguna zona de la parte externa, la aguja se mueve dependiendo del punto donde se encuentre el objeto.

Es de aclarar que los instrumentos empleados para las siguientes experiencias no fueron diseñados por nosotros, sino que, gracias a los materiales que se encuentran en el laboratorio de la Universidad Pedagógica Nacional, del Departamento de Física, se hizo posible la adaptación y modificación de electroscopios con recipientes metálicos. A continuación se muestran en la ilustración 8.



Ilustración 8. Adaptación y modificación del instrumento.

2.4.1.5 Las cargas de los cuerpos electrizados

Por lo anterior, en las siguientes experiencias, se hace uso del instrumento modificado (electroscopio - recipiente), así mismo se considera que la electricidad del cuerpo que ha sido electrificado es positiva, cabe aclarar, que hasta el momento esto se toma como una apreciación que se hace para su posterior análisis.

Cuando se introduce el cuerpo electrificado al interior del recipiente, la laminilla del electroscopio presenta deflexión, esto sugiere que la electricidad del cuerpo fue transmitida a la superficie exterior del recipiente, y por ello, el instrumento muestra signos de electrificación, en la ilustración 9, se muestra la representación del cuerpo electrificado y el recipiente metálico, partiendo de esto se puede entender que la superficie interna del recipiente tiene carga negativa y debido a esto, la carga total al interior es neutra, por consiguiente la superficie exterior del recipiente presenta electrificación en igual magnitud y cantidad que la del objeto introducido, esto se observó, cuando se acercó el electroscopio al cuerpo electrificado antes de introducirse al recipiente y cuando este fue introducido. Se evidencia que la laminilla del electroscopio tuvo la misma deflexión.

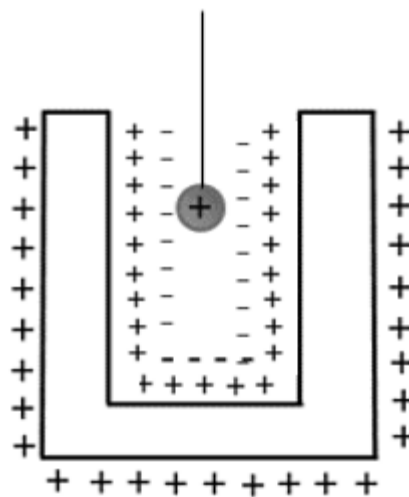





Ilustración 9. Conductor cerrado.

Esto se observa cuando se introduce la esfera al interior del recipiente y la laminilla del electroscopio se eleva continuamente hasta un determinado grado, cuando la esfera se encuentra al interior del recipiente la laminilla ya no se mueve, es decir queda suspendida.

Objeto electrificado, en el exterior del recipiente		
		
El electroscopio inicialmente se encontraba neutro, al acercar la esfera electrificada a la parte izquierda del recipiente la laminilla no mostró ningún movimiento.	Cuando se coloca la esfera en la parte posterior del recipiente, la laminilla del electroscopio se eleva.	Cuando la esfera toca el recipiente la laminilla del electroscopio se mueve, se infiere que la electrificación de la esfera fue transmitida al recipiente y por esta razón el electroscopio indica existencia de electrificación.

Cuando la esfera electrificada es acercada a una de las caras exteriores del recipiente el electroscopio no muestra signo de electrificación, se puede pensar que esta cara del recipiente tiene una electrificación distinta a la de la esfera, cuando se encuentran a una distancia considerable como estas son de naturaleza diferente, lo que ocurre es que se neutralizan y por esto la lamina del electroscopio no muestra ningún movimiento, sin embargo cuando la esfera se coloca en la parte posterior del recipiente, este debe tener el mismo tipo de electrificación de la esfera, lo que hace que la lamina del electroscopio se eleve.

Tabla 1. Objeto electrificado en el exterior del recipiente.

Por otro lado, cuando la esfera electrificada esta al interior del recipiente, (sin contacto), la electrificación que esta posee es inducida al exterior del recipiente, es decir la misma electrificación que tiene la esfera, debido a esto la laminilla del electroscopio se eleva. Sin embargo, cuando la esfera es retirada del recipiente la laminilla disminuye hasta quedar en su posición inicial, esto ocurre debido a que al exterior del recipiente ya no existe algún tipo de electrificación. Ver tabla 2.

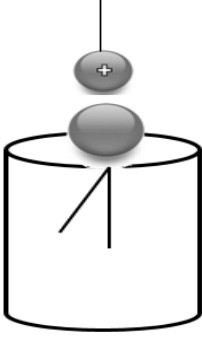
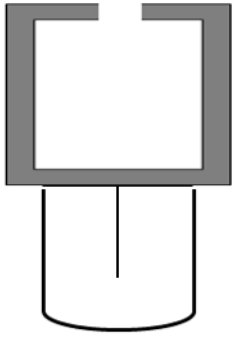
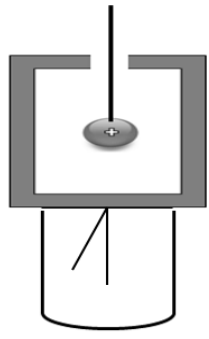
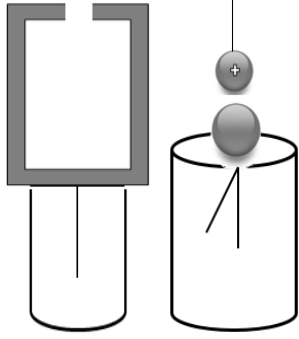
 <p style="text-align: center;">1</p>	 <p style="text-align: center;">2</p>	 <p style="text-align: center;">3</p>	 <p style="text-align: center;">4</p>
<p>Cuerpo electrificado al electroscopio. Presenta signos de electrificación.</p>	<p>Instrumento modificado, no presenta signos de electrificación</p>	<p>Cuerpo electrificado introducido al interior del instrumento, presenta signos de electrificación</p>	<p>Cuando el objeto electrificado se retira del instrumento modificado, no presenta signos de electrificación, cuando el objeto es acercado al electroscopio, este presenta signos de electrificación</p>

Tabla 2. Objeto electrificado al interior y exterior del instrumento modificado.

El uso del instrumento modificado posibilita delimitar el estudio del fenómeno, por ejemplo, cuando se electrifica un cuerpo y es acercado sólo al electroscopio se evidencia que la laminilla se eleva, sin embargo, con el transcurso del tiempo esta empieza a caer, esto ocurre debido a que se encuentra en un espacio donde agentes externos influyen en el fenómeno, en este sentido, el cuerpo electrificado al estar en interacción con otros objetos, estos también se electrifican, caso contrario a lo que ocurre cuando el cuerpo electrificado se introduce al

interior del recipiente, la laminilla no cae de forma inmediata, se mantiene quieta, esto permite que factores, por ejemplo, el aire no interfieran en las cualidades que se muestran al momento de realizar la experiencia.

2.4.1.6 Electrificación total de dos esferas electrificadas

De acuerdo con la experiencia anterior, se concluye que la laminilla del electroscopio muestra algún tipo de electrificación cuando el objeto se encuentra dentro del recipiente y que a pesar de que se cambie su posición, la laminilla del electroscopio no varía. En otras palabras, la electrificación de la esfera es la misma que la electrificación que se tiene en la superficie exterior del recipiente independientemente de la posición en la que se encuentre la esfera dentro del recipiente.

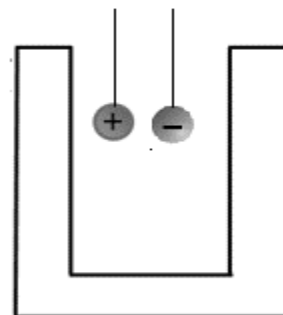


Ilustración 10. Electrificación total en el recipiente.

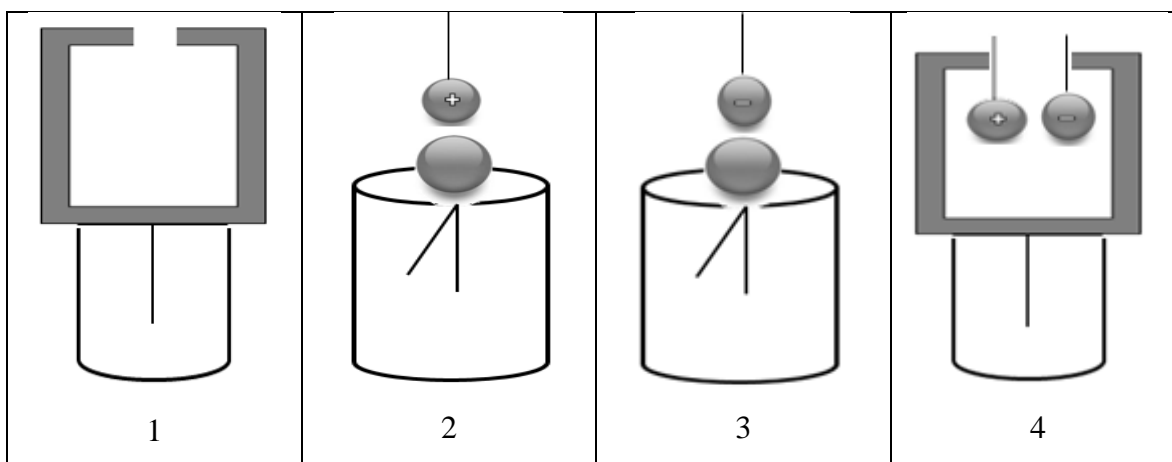


Tabla 3. Electrificación total de dos esferas con diferente tipo de electrificación.

Tomando como referencia lo anterior, se infiere que cuando se ha frotado un objeto con una barra de vidrio y se coloca al interior del recipiente, la lámina del instrumento se eleva hasta un punto fijo, cuando se toma un segundo objeto y se electrifica con una barra de plástico y se introduce al interior del recipiente sin tocar el primer objeto, el instrumento ya no presenta signos de electrificación. Esto muestra que los dos objetos poseen un tipo de electrificación diferente, pero en iguales proporciones, lo que hace que al interior del recipiente la electrificación total de los objetos sea neutra, por esta razón, la lámina del instrumento modificado ya no presenta ningún signo de electrificación.

2.4.1.7 Electrificación total de la superficie interior del recipiente, es igual y opuesta a la del cuerpo.

Cuando se introduce un objeto electrificado dentro de un recipiente y luego se coloca dentro de un recipiente más grande, la lámina del electroscopio indica electrificación.



Ilustración 11. La electrificación total de la superficie exterior del recipiente es igual y opuesta a la del objeto.

Esto ocurre debido a que en el primer recipiente, en su interior la cantidad de electrificación es neutra, pero en la superficie exterior la electrificación es igual a la del objeto; cuando este sistema se coloca dentro del recipiente más grande, en la región o espacio que hay entre el primer y segundo recipiente se produce un equilibrio entre la electrificación que cada uno posee (electrificación de distinta naturaleza). Es decir, que existe una electrificación en la superficie externa del primer recipiente igual y opuesta a la de la superficie interior del primer recipiente, por lo que la electrificación total es neutra y la superficie externa del segundo recipiente presenta signos de electrificación. Esto demuestra que el tipo de carga de la esfera es igual y opuesta que la zona o superficie interna del segundo recipiente.

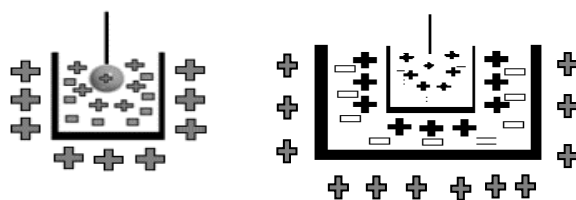


Ilustración 12. Electrificación al exterior del recipiente.

De lo anterior, se puede decir que si el objeto tiene un tipo de electrificación, la superficie interna del recipiente pequeño posee una electrificación diferente pero en las mismas proporciones que la del objeto, y por ello la superficie externa del recipiente pequeño se electrifica con las mismas condiciones que la del objeto, es decir, misma cantidad y tipo de electrificación.

2.4.1.8 Cuando un cuerpo electrificado se coloca dentro de un recipiente cerrado y luego se coloca en conexión eléctrica, el cuerpo queda completamente descargado.

Cuando el cuerpo electrificado hace contacto con el recipiente, la carga del cuerpo se transfiere a este, es decir, que al hacer contacto con la superficie interior del recipiente queda cargado con la misma electrificación del cuerpo. Cuando se introduce dentro del segundo recipiente sin tocarlo, en la superficie externa de este último, el electroscopio indica signos de electrificación, cuando el primer recipiente toca el segundo, el electroscopio no indica ninguna alteración. Cuando se saca el primer recipiente del segundo y se aleja se observa que el electroscopio no muestra signos de electrificación, es decir liberó la carga que poseía, cuando se acerca el electroscopio al segundo recipiente el indicador muestra signos de electrificación.

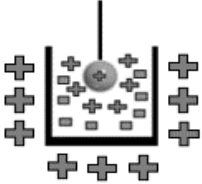
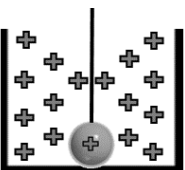
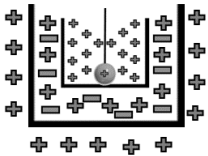
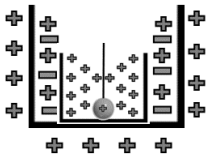
Descargar un cuerpo electrificado			
			
<p>Esfera electrificada dentro de un recipiente metálico.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carga interna nula o cero <p>Superficie externa del recipiente cargado con la misma electrificación de la esfera.</p>	<p>Esfera cuando ha tocado el recipiente. El recipiente queda electrificado de la misma manera que la esfera.</p>	<p>Primer recipiente electrificado introducido en un segundo recipiente, en el espacio que hay entre el primer recipiente y el segundo la carga total es cero, en la parte externa del segundo recipiente la carga es igual a la del primer recipiente.</p>	<p>Primer recipiente tocando la superficie interna del segundo recipiente, la electrificación externa no cambia</p>

Tabla 4. Pasos para descargar un cuerpo electrificado.

2.4.1.9 Cargar un recipiente cualquier número de veces con la carga de un cuerpo electrificado

En esta experiencia se introdujo un recipiente dentro de otro de tal manera que no hiciera contacto el uno con el otro, en el interior del recipiente más pequeño se colocó un objeto electrificado, como muestra la ilustración 13. Como se mencionó en la anterior experiencia, el exterior del recipiente grande queda cargado en igual magnitud y cantidad que el recipiente pequeño y la superficie interna del recipiente grande posee una electrificación diferente a la superficie externa del recipiente pequeño.

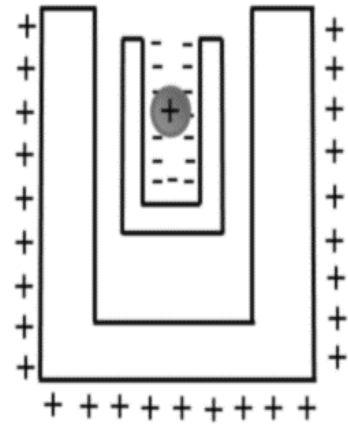


Ilustración 13. Conductor electrificado.

En concordancia, se colocó en contacto el objeto electrificado con la cara interna del recipiente interno y seguido a esto el recipiente tocó la superficie interna del recipiente externo, adquiriendo este último la carga del recipiente pequeño (proceso de conducción), como se muestra en la ilustración 14.

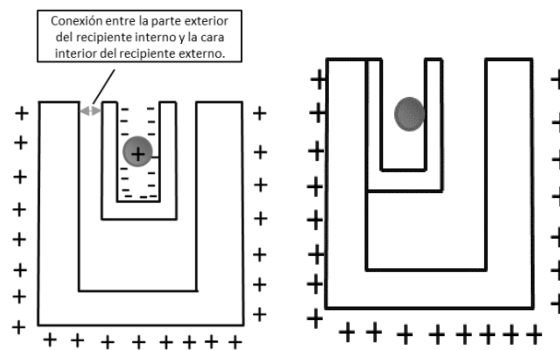


Ilustración 14. Electrificación de un cuerpo n veces.

El procedimiento anterior fue realizado varias veces, donde, gracias al uso del instrumento modificado se logró observar que la lámina se elevó cada vez que se hizo contacto con un sistema previamente electrificado, esto permite, afirmar que la carga eléctrica que posee un cuerpo puede ser medible.

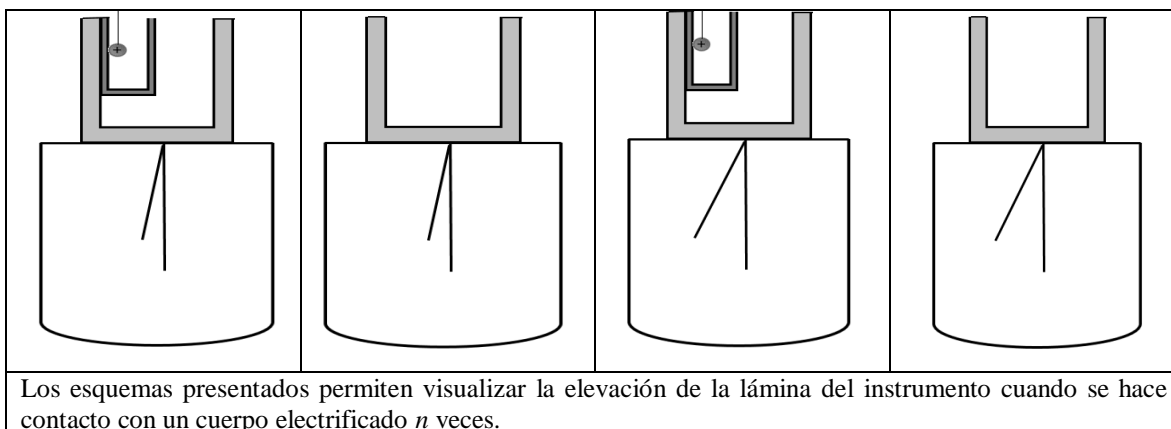


Tabla 5. Electrificación del recipiente n veces.

Las experiencias realizadas permiten consolidar nuevos elementos en la comprensión de los fenómenos electrostáticos, específicamente cuando nos referimos a la carga eléctrica, ejemplo de ello, es cuando gracias al uso del instrumento y a partir de un recipiente metálico se logra caracterizar y diferenciar tipos de electrificación en los cuerpos o a un más cuando se hace posible medirla a través de la abertura de la laminilla, cuando se realizan procesos como conducción. Lo anterior permite organizar un conjunto de cualidades que posibilitan referirnos al fenómeno y elaborar explicaciones en torno a él. En el siguiente apartado se presentan los criterios que surgieron a lo largo de la construcción de las experiencias y de los aportes que nos permiten constituir una ruta para su comprensión.

2.4.5 La carga eléctrica como magnitud

Como se ha expuesto en capítulos anteriores, referirnos a la carga eléctrica como una magnitud no es algo sencillo, no se trata de hablar de ella como lo mencionan los libros de texto o aún más en los discursos que nosotros mismos como docentes tenemos al momento de brindar una explicación, hablar de la carga eléctrica conlleva a pensar en cómo fue constituida como una magnitud, cuáles fueron los criterios que posibilitaron que se nombrará de esa manera y qué acciones son las que propiciaron que esto se logrará, por tal motivo, en este apartado, se esboza a modo de conclusión, los elementos que emergieron de toda la secuencia experimental que consolidó las explicaciones que se dan en torno a ella.

Estudiar y analizar el estado de electrificación de un cuerpo a través de la observación detallada y el uso de instrumentos posibilita establecer condiciones y organizar las cualidades

que muestra el fenómeno al momento de realizar un determinado experimento, entonces empezaremos por explicar cómo el uso del recipiente metálico permite hablar de tipos de carga y cómo puede ser medible y cuantificable. A continuación se presenta la ordenación de cualidades que se observaron al momento de realizar las experiencias:

- Cuando se utiliza el instrumento modificado (electroscopio - recipiente), se logra determinar que la carga eléctrica de un cuerpo que ha sido electrificado se transmite por inducción a la superficie externa del recipiente, lo cual se corrobora con la abertura de la lámina del electroscopio que conforma el instrumento, otro aspecto que determina la anterior afirmación es cuando se extrae el objeto electrificado del instrumento y la lámina vuelve a su estado inicial, donde, si se acerca el objeto electrificado que se retiró a un segundo electroscopio este presenta signos de electrificación.
- Si se introducen dos cuerpos electrificados, (uno con vidrio y otro con resina) al interior del recipiente, la lámina no presenta signos de electrificación. Lo anterior, en un primer acercamiento, permite pensar que la electrificación de un determinado cuerpo puede ser medible. En las primeras experiencias se observó que los objetos al ser frotados presentan efectos como atracción o repulsión, aspectos que permitieron establecer que la naturaleza de la materia tiene comportamientos de orden eléctrico y que debido a las características propias de cada uno puede ser vítrea o resinosa y que por convención se han establecido como positiva o negativa, entonces si al introducir un cuerpo electrificado positivamente al interior del recipiente y luego introducir un cuerpo electrificado negativamente y la lámina del instrumento no presenta ningún signo de electrificación se puede decir que los dos cuerpos introducidos poseen la misma cantidad de carga eléctrica pero de diferente clase, es decir, que por esa razón al interior del recipiente las cargas de los objetos se neutralizan y por ello el electroscopio no presenta ninguna alteración. (Ver tabla 3).
- La electrificación de un cuerpo puede ser medida, esta afirmación surge de la experiencia realizada con recipientes de diferentes tamaños y haciendo uso de

procesos de transmisión de electricidad como la conducción; cuando se colocó el cuerpo electrificado al interior de un recipiente y este hizo contacto con su superficie interna la lámina del electroscoPIO presentó una elevación, luego al ser introducida al segundo recipiente y hacer contacto la elevación de la lámina mantuvo su elevación, luego de ello se extrajo el recipiente con el cuerpo electrificado del segundo recipiente y la lámina del instrumento quedo suspendida, se verificó si el conjunto recipiente – esfera al ser extraído presentaba signos de electrificación, esto se realizó con un segundo electroscoPIO, el cual no presentó ninguna alteración, es decir, el conjunto se encontraba totalmente descargado. Estas observaciones permiten decir que la electricidad de un cuerpo puede ser transmitida a otro y que a su vez esta propiedad es de orden conservativo.

- Al realizar varias veces lo descrito anteriormente, se evidenció una elevación progresiva en la lámina del instrumento, (ver tabla 5). Entonces si se repite el procedimiento n veces, se puede pensar que cada grado de elevación de la lámina del instrumento es la cantidad de electrificación que un cuerpo electrificado transmite a otro y que en caso de que la lámina no volviese a elevarse, pensar en que la cantidad de electrificación que contiene el cuerpo supera la capacidad de electricidad que el instrumento puede detectar. De esta manera, si se piensa que el grado de elevación de la lámina es progresiva cuando se transfiere electricidad de un cuerpo a otro, se puede considerar que existe una correspondencia entre la cantidad de electrificación de un cuerpo y la asignación de un número, entonces, si a cada grado de elevación de la lámina se le estipula un número, se puede afirmar que cada vez que la lámina se eleve la cantidad de electrificación será mayor y así mismo el número asignado. Entonces si se establece una escala de medida a la elevación de la lámina del electroscoPIO, este nos podrá decir en qué cantidad un cuerpo se encuentra electrificado.

2.6 Criterios identificados en la construcción y análisis de los experimentos.

El estudio y análisis de los experimentos de James Maxwell permite identificar cualidades propias del fenómeno, a su vez, posibilita constituir una organización de estas logrando establecer criterios que posibilitan la interpretación y conceptualización de los fenómenos electrostáticos, particularmente cuando nos referimos a la cantidad de electricidad como una magnitud que puede ser medida y que se establece a través de la realización de un serie de experimentos que consolidan su comprensión. En esta perspectiva se presentan los criterios que se establecieron alrededor del análisis realizado y finalmente la forma como se construye la cantidad de electrificación como una característica propia de los fenómenos electrostáticos.

- Diferenciar el fenómeno de otros fenómenos, cuando se acude al uso de instrumentos como el indicador y el recipiente metálico, se logran detallar cualidades y efectos propios del fenómeno, ejemplo de ello, es cuando empleamos el indicador para constatar si un cuerpo se encuentra electrificado o cuando el recipiente metálico delimita el espacio en dos regiones, estos factores han posibilitado, determinar características que sólo se presentan en las experiencias realizadas.
- Electrificación de los cuerpos, cuando nos referimos al estado eléctrico de un cuerpo, necesariamente se debe acudir al hecho que todos los cuerpos deben estar electrificados, no se puede hablar de electrificación de que un cuerpo esta electrificado y otro no.
- Se caracteriza la naturaleza y el comportamiento eléctrico de la materia
- Se realiza una ordenación y clasificación de los materiales.
- Métodos de electrificación, el estado eléctrico de un cuerpo se puede alterar por frotación, contacto o inducción.
- Existen dos tipos de electrificación vítrea y resinosa, que por convención se han denominado positiva y negativa.
- No todos los materiales son buenos conductores de electrificación.

- El medio es un factor que predomina en el estudio de los fenómenos electrostáticos, en esta medida se prioriza como condición fundamental en los efectos que muestra el fenómeno.
- El uso de un conductor, predomina en la construcción de la cantidad de electrificación que puede contener un cuerpo.
- El uso del instrumento nos permite explicar el fenómeno a partir de lo que este nos muestra, es decir, si no acudiéramos al uso de instrumentos como el indicador no podríamos saber si un cuerpo está electrificado o no, ello, nos remite necesariamente a que es el instrumento el que permite ampliar nuestras observaciones y así lograr caracterizar efectos y cualidades que este exhibe.

Los aspectos anteriores, han posibilitado organizar y ordenar una serie de cualidades que han sido observadas a partir de los experimentos realizados en torno a los fenómenos electrostáticos, donde se establecen criterios que permiten ampliar y resignificar los supuestos que se tenían antes de todo el trabajo experimental, en esta medida, se resalta, que para iniciar con la caracterización del fenómeno se hace necesario tener referentes que permitan una observación detallada de lo que este muestra, de esta manera se establecen relaciones entre lo conocido y lo observado, en concordancia, se establece que la naturaleza y el comportamiento de la materia es de orden eléctrico, cualidad que predomina cuando se diferencia el fenómeno de otros, en este sentido se explicita que para lograr observar los efectos que las cualidades eléctricas exhiben de los cuerpos, necesariamente se debe acudir a la desestabilización del sistema, es decir, hay que alterar eléctricamente el cuerpo; por otro lado esto se logra desde procesos como la frotación, conducción e inducción, es de notar, que generalmente se piensa que un cuerpo electrificado es el que atrae a un cuerpo que no ha sido alterado, esta idea emerge de la observación que se hace de la experiencia y de asumir que un cuerpo que no se ha frotado no puede atraer a otro, en este sentido, es pertinente puntualizar que todos los cuerpos pueden presentar comportamiento eléctrico y que cuando no muestra efectos como atracción o repulsión, lo que indica es que se encuentra inicialmente neutro, donde al acercar un objeto electrificado a uno no electrificado, este también se electrifica solo que la forma en la que se electrificó no fue por frotamiento sino por inducción, esto ocurre cuando se acerca el objeto electrificado al no electrificado produce la

desestabilización en este último. Es de rescatar que los elementos citados no surgen de la observación de experiencias cotidianas, sino que se hace necesario elaborar toda una secuencia experimental que posibilite observar de forma detallada las cualidades del fenómeno, razón por la cual en este trabajo predomina la actividad experimental y el uso del experimento como los factores que propician la construcción de explicaciones alrededor del objeto de estudio.

Por otro lado cuando se realiza una clasificación y ordenación de los materiales, se pueden hacer conjuntos de aquellos que tienen similitudes en cuanto a sus propiedades y características y en consecuencia de ello su comportamiento eléctrico es diferente, cabe resaltar el experimento uno realizado por Maxwell donde al frotar materiales como la resina y el vidrio y luego separarlos se observaron efectos como la atracción, caso contrario a cuando se acercó vidrio – vidrio, resina – resina, la observación fue de un efecto de repulsión, por lo que a partir de ello, se caracteriza la naturaleza de la materia como dual y esto depende de cada cuerpo, así mismo se logra establecer que todos los objetos pueden transferir la electricidad que contengan solo que algunos lo hacen más fácilmente, es de esta manera que se clasifican en términos de mejores conductores y mejores aislantes.

Otro aspecto, es el uso del indicador como instrumento inicial en la caracterización del fenómeno, ya que a partir de este es que se logra establecer si un cuerpo se encuentra electrificado o no, también se resalta que este sólo nos permite referirnos a ciertas cualidades, lo que implica avanzar en la organización y diseñar, construir y emplear otros instrumentos que nos permitan identificar cualidades propias del fenómeno, logrando que este sólo nos muestre cualidades propias y que no se confundan con otras.

El uso del conductor cerrado predomina en la caracterización de la carga eléctrica como una magnitud, ya que a partir de sus características, delimita factores que intervienen en lo que está sucediendo, esto ocurre debido a que el conductor tiene dos regiones y en consecuencia su comportamiento eléctrico es diferente en cada una, lo que limita el espacio donde se produce la interacción. Cuando se hace uso del recipiente metálico y el electroscopio como un solo conjunto, este propicia extraer rasgos que se refieren explícitamente al

comportamiento de un cuerpo electrificado al interior o exterior del instrumento, facilitando la observación de eventos que están dotados de una serie de cualidades que sin este no podríamos describir, por ejemplo, es el caso de transferencia de electricidad de un cuerpo a otro y acumulación de electricidad. De allí, que se pueda establecer la cantidad de electrificación que contiene un cuerpo como una magnitud que puede ser medida y cuantificada.

Lo anterior, ha establecido una base para la elaboración de explicaciones en torno a la comprensión de los fenómenos electrostáticos y particularmente a la caracterización de la carga eléctrica como una magnitud y ha posibilitado la construcción de una base fenomenológica, donde, se ha priorizado la actividad experimental y el uso del experimento. Por ello, en el siguiente capítulo se presenta una propuesta de aula que surge alrededor del trabajo experimental desarrollado y que logrará constituir elementos que resignificarán y transformarán el conocimiento que ya poseemos del objeto de estudio.

CAPÍTULO 3.

CONSTRUCCIÓN DE LA CARGA ELÉCTRICA COMO UNA MAGNITUD, UNA PROPUESTA QUE NOS PERMITE SU COMPRENSIÓN.

En la intencionalidad se nos dan los objetos, las cosas, las personas, las situaciones, los sentimientos, no sólo como perceptibles, sensibles, sino en estructuras que trascienden lo puramente sensible, empírico, fáctico. Intuir es un captar, en el sentido más profundo de quien intuye más allá de lo meramente sensible, estructuras y formas de lo que se nos da en la experiencia. Edmund Husserl

Como se ha mencionado, la comprensión de un determinado fenómeno no se da a partir de la reproducción de teorías que ya se encuentran establecidas y descritas en diferentes libros o documentos de internet o de verificar con el experimento lo que la teoría dice, si no por el contrario es a partir de un conjunto de cualidades que se caracterizan alrededor de una organización de eventos asociados al fenómeno, las que nos permite referirnos a este, así mismo su comprensión se establece desde la construcción colectiva, donde estudiantes y docentes tienen el papel protagónico y se convierten en agentes activos en la elaboración de explicaciones alrededor del fenómeno. Desde esta perspectiva, la siguiente propuesta surge de la necesidad de elaborar explicaciones que permitan referirse a los fenómenos eléctricos, particularmente los electrostáticos, donde a partir de construcciones propias y colectivas que emergen de la identificación y caracterización de cualidades propias del objeto de estudio y de todo un trabajo experimental se establezcan vínculos que permitan dar cuenta del fenómeno.

Cabe resaltar que la propuesta de aula se construye alrededor de una ruta de actividades experimentales, que se diseñaron a partir de la construcción de algunos experimentos presentados por James Clerk Maxwell en su **Tratado de Electricidad y Magnetismo (1954)** respecto al estudio de la cantidad de electricidad, esto con la finalidad de caracterizar las maneras de cómo los sujetos comprenden un fenómeno.

La propuesta de aula se diseña e implementa en un grupo de aproximadamente dieciocho (18) estudiantes de grado décimo del Colegio I.E.D. Jaime Hernando Garzón Forero de la localidad Octava (8) de Kennedy, que pertenecen a la jornada única, sus edades oscilan entre los 15 y 17 años. La institución educativa es de carácter público (concesión), calendario A, mixto, con niveles en educación preescolar, primaria, básica y media, los estratos socioeconómicos de la población están en un rango de 1 y 2.

Los análisis desarrollados a largo del presente capítulo se enmarcan en la revisión de escritos, esquemas y diálogos que fueron encaminados desde aspectos como, la actividad experimental, la organización de la experiencia y el uso de instrumentos de medida que posibilitan la construcción de una base fenomenológica respecto al objeto de estudio. A continuación en la tabla 6 se presentan las etapas, actividades, propósitos y elementos de discusión que se desarrollaron en la implementación de la propuesta.

LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOS FENÓMENOS ELECTROSTÁTICOS

ETAPA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES ⁸	PROPOSITO O ELEMENTOS DE DISCUSIÓN
1	¡Y la experiencia!	<p>Reconocimiento y socialización de experiencias asociadas a la electrificación de cuerpos.</p> <p>Actividad 1. Acercar un globo previamente frotado a una lata metálica.</p> <p>Actividad 2. Acercar un artefacto a una lata metálica.</p>	<p>Indagar y reconocer nociones que los estudiantes poseen acerca de fenómenos asociados a la electrificación de cuerpos a través de la realización de experiencias sencillas.</p> <p>Conocer qué elementos les permite a los estudiantes referirse a experiencias asociadas a la electrificación de cuerpos cuando relatan lo observado en las experiencias realizadas.</p>
2	¿Cómo me imagino lo que sucede?	<p>Actividad 1. Experiencia mental.</p> <p>Actividad 2. Acercar diferentes objetos frotados a pequeños trozos de papel).</p>	<p>Explorar las maneras de explicar una determinada situación, a partir de una experiencia mental.</p> <p>Contrastar explicaciones dadas en la experiencia mental y la realización de la actividad experimental, identificando similitudes o diferencias en los supuestos que se tienen antes y después de la experiencia.</p> <p>Consolidar elementos que permitan caracterizar el fenómeno, en este caso la naturaleza y el comportamiento eléctrico de la materia.</p>
3	Organizando y construyendo el fenómeno	<p>Momento Uno</p> <p>Actividad 1. Tipos de electrificación.</p>	<p>Identificar elementos que le permiten al estudiante referirse a tipos de electrificación.</p>

⁸ Las guías de trabajo se pueden observar en el anexo 1.

		<p>Momento Dos</p> <p>Actividad 2. Construyendo mi indicador. Actividad 3. Modificando mi indicador. Actividad 4. Construyendo mi electroscopio. Actividad 5. Modificando mí electroscopio.</p>	<p>Clasificar materiales, de acuerdo a los efectos que exhiben y a sus propiedades.</p> <p>Reconocer formas de electrificar un cuerpo.</p> <p>Organizar un conjunto de cualidades y características en torno al diseño, rediseño y uso de instrumentos que posibiliten tener un conjunto ordenado que permitan la elaboración de explicaciones en torno al fenómeno.</p> <p>Identificar las comprensiones adquiridas frente a los fenómenos electrostáticos, específicamente la cantidad de electricidad.</p>
--	--	--	---

Tabla 6. Descripción de la propuesta de aula entorno a los fenómenos electrostáticos.

De acuerdo con lo presentado en la tabla 6, el análisis de la propuesta de aula se focaliza en tres etapas, donde se propicia la construcción de una serie de experiencias para la organización de ciertas cualidades que permiten dar cuenta del fenómeno, y a su vez, se elaboran explicaciones en torno a éste. Se destaca que la interpretación de las etapas se realiza de manera cíclica, debido a que se enlazan una a la otra y de esta forma se hace posible comprender las construcciones fenomenológicas hechas por los estudiantes y que se dan desde el trabajo experimental en torno a los fenómenos electrostáticos. En este sentido las etapas establecidas buscan reconocer las maneras como el estudiante piensa y comprende el fenómeno en todas sus extensiones, desde la experiencia, la organización de eventos, procesos de formalización, la socialización y discusión de ideas propias y de los demás.

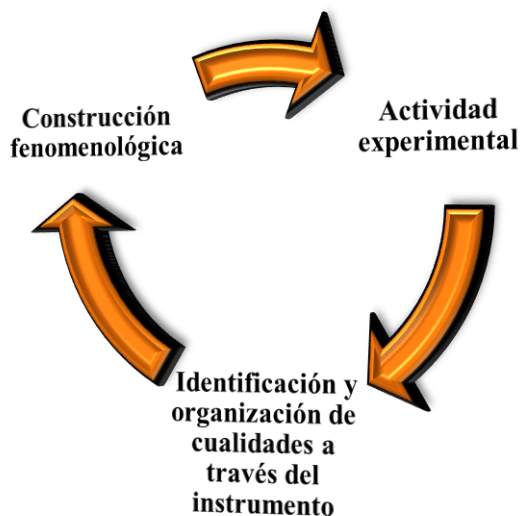


Ilustración 15. Interpretación de la propuesta de aula.

Las etapas de la propuesta de aula se enmarcan de la siguiente manera:

¡Y la experiencia!: se realiza una exploración de experiencias cercanas al fenómeno y la realización de actividades donde el estudiante pueda referirse a los fenómenos electrostáticos.

¿Cómo me imagino lo que sucede?: busca la consolidación de elementos que permitan identificar el fenómeno, esto a través del contraste de modelos que surgen de la explicación de una situación imaginaria y la realización de una actividad experimental.

Organizando y construyendo el fenómeno: pretende la caracterización del fenómeno a través del uso de instrumentos que permiten profundizar en la explicación de cualidades que el fenómeno muestra, esto a través de una observación detallada e intencionada y de la concreción de supuestos conceptuales que se dan desde la construcción individual y colectiva del objeto de estudio.

A continuación se presentan los resultados de la implementación de la propuesta de aula, cuya finalidad fue identificar aquellos elementos que le permitieron a los estudiantes referirse a los fenómenos electrostáticos, a partir, de la organización de un conjunto de cualidades que posibilitaron su comprensión, por otro lado es importante rescatar que los elementos que se presentan a lo largo de este escrito surgen del análisis que se desarrolló alrededor de algunos experimentos hechos por James Clerk Maxwell y presentados en su libro *Tratado de Electricidad y Magnetismo* (1954). También es de resaltar que debido a las dinámicas de trabajo y diferentes acontecimientos no presupuestos en el desarrollo de la implementación, se hicieron necesarias algunas reformulaciones en las actividades propuestas, a pesar de que su diseño y secuencia fue preliminar a su desarrollo.

3.1 Etapa 1. ¡Y la experiencia!

El desarrollo de esta etapa está encaminado al reconocimiento de experiencias asociadas a la electrificación de cuerpos, donde, se enmarcan dos actividades, la primera consiste en utilizar un globo frotado y acercarlo a una lata metálica y la segunda acercar un artefacto (varita mágica, *Magic fun fly Stick*⁹) a la misma lata metálica, ya que se considera que lo anterior posibilita indagar, y reconocer las ideas que tienen al momento de referirse a situaciones donde se observa el fenómeno. Por otro lado, se aclara que el análisis de las actividades se realizó de manera global.

De acuerdo con lo anterior se les pide a los estudiantes que describan detalladamente lo observado y que respondan a preguntas que orientan la actividad tales como:

- ¿Cómo interpretas las observaciones realizadas?

⁹ Artefacto similar a un Generador de Van der Graaff.

- ¿Qué ocurre cuando acercas la bomba frotada con tu cabello al recipiente?
- ¿Qué ocurre cuando utilizas la varita mágica al acercarla al recipiente?
- ¿Cómo puedes explicar lo ocurrido en las situaciones observadas? ¿Tienen alguna relación las experiencias realizadas?

A continuación se presentan los elementos que surgen del análisis de registros y la socialización de las actividades¹⁰ que se realizaron en esta etapa.

- El comportamiento eléctrico de los cuerpos, se da por una desigualdad de electricidad, (mayor o menor electricidad entre los cuerpos).
- Existe una atracción debido al movimiento de la lata hacia la varita o el globo.
- Las dos actividades realizadas corresponden a fenómenos similares, es decir son de la misma clase.

En la tabla 7 se transcriben algunos de los relatos de los estudiantes, donde, a partir de su análisis se logró extraer elementos que permiten una primera aproximación al fenómeno y que son empleados al momento de brindar explicaciones desde la observación, descripción y socialización de la experiencia realizada. Es de aclarar que el trabajo experimental se desarrolló en parejas y que la connotación que se da al momento de transcribir los registros es de G1 correspondiente al grupo 1, G2 al grupo 2 y así sucesivamente, por otro lado, las transcripciones de los registros se realizaron literalmente, es decir que los errores ortográficos que se presenten en la lectura son de los escritos de los estudiantes.

<i>Registros</i>	
<i>Experiencia 1</i>	<i>Experiencia 2</i>
<i>G1. En la experiencia 1 pudimos observar que al ejercer fricción entre la bomba y el saco o el cabello y acercarla a la lata esta produjo un movimiento en la lata y la movio. Esto se presenta porque la bomba produjo la electricidad sobre la lata generando un movimiento.</i>	<i>G1. En la experiencia dos logramos observar que la varita mágica genero electricidad atrayendo la lata hacia ella. Esto se produjo debido a la electricidad que genero la varita, pues la lata es de aluminio (metal) lo que hace que se genere una atracción eléctrica entre ambos.</i>
<i>G2. Al crear fricción con la bomba y el saco pudimos observar que al acercar esta bomba a una lata metálica esta de alguna forma la atrae</i>	<i>G2. En esta experiencia se evidencia una lata la cual es atraída por la varita mágica esta se debe a que la “varita mágica” produce un campo</i>

¹⁰ Actividad 1. Acercar un globo frotado a una lata metálica.

Actividad 2. Acercas un artefacto (varita mágica) a una lata metálica.

<i>y así hacer que se mueva, esto puede ser causado por un fenómeno el cual crea un campo eléctrico que acerca y atrae a la lata en dirección de la bomba.</i>	<i>eléctrico o una fuerza eléctrica la cual atrae a la lata y la empuja hacia el lado al que este dirigida esta varita.</i>
<i>G3. Al inflar el globo y frotarlo con el cabello el globo se carga con energía electrostática la cual hizo que al pasarla por el lado de la lata se moviera alejándose de la bomba.</i>	<i>G4. Al activar la varita mágica se carga con energía electrostática y se podían sentir las vibraciones las cuales hicieron posible el movimiento de la lata. Se evidencio que al pasar por la lata de manera horizontal se observa que había mas energía electrostática por lo cual la lata se movia mas.</i>

Tabla 7. Registros de los estudiantes etapa uno.

Cuando los estudiantes explican lo ocurrido en las experiencias realizadas, manifiestan que lo observado se debe a la atracción que existe cuando se enciende la varita y es acercada a la lata metálica o cuando frotan efectivamente el globo con su cabello o saco y es acercado al objeto, refiriéndose a que la atracción se da por el movimiento del objeto hacia el globo o la varita, también relacionan el uso de la varita mágica con la frotación del globo con el cabello, donde exponen que los dos permiten adquirir electricidad, solo que existe una diferencia, la varita mágica tiene un circuito y por esta razón genera más electricidad, en cambio la acción de frotar la bomba se convierte en algo manual, indicando que esto genera mayor esfuerzo al momento de adquirirla. Es claro que ninguno de estos supuestos se puede tomar como correcto o incorrecto, solamente se toma como punto de partida para la organización de una serie de eventos que les permitirá elaborar explicaciones asociadas al fenómeno abordado.

Así mismo, los estudiantes exponen ideas que surgen a partir de lo que han observado, relatan de forma deliberada sus observaciones y suposiciones frente al fenómeno, exponen que la lata es atraída por la varita mágica o por la bomba frotada y que la atracción de esta última con la lata se debe a que la bomba tuvo una alteración de su estado inicial cuando se frotó, a su vez mencionan que estos efectos son similares pero no iguales a los de los imanes cuando son acercados a objetos metálicos (atracción debido a su polaridad), relacionan el funcionamiento de la varita mágica con la bomba frotada llegando a la conclusión de que las dos experiencias muestran los mismos efectos y que por tanto son de la misma clase, es decir los dos objetos atraen a la lata. En concordancia con lo anterior, se presentan respuestas a dos de las preguntas que orientaron las actividades y que permiten establecer los elementos anteriormente citados.

<i>Pregunta</i>	<i>Registro Uno</i>	<i>Registro Dos</i>	<i>Registro Tres</i>
<i>¿Qué ocurre cuando acercas la bomba frotada con tu cabello al recipiente?</i>	<i>G1. Lo que ocurrió fue que como esta se encontraba cargada de electricidad produjo un movimiento en la lata, al acercarse pues al ser metal este tiene una carga equilibrada estática y la carga de la bomba esta en cambio alterada por fricción con el cabello.</i>	<i>G2. Ocurre una atracción del recipiente hacia la bomba, esto se debe a que la bomba genera una carga la cual genera una desestabilización de la carga del recipiente y así mismo la atracción de ella.</i>	<i>G4. ... La lata estaba en reposo; que tenía la misma carga tanto positiva como negativa pero al desestabilizarla produjo una atracción hacia la bomba.</i>
<i>¿Tienen alguna relación las experiencias realizadas?</i>	<i>G1. Si, ya que las dos producen el mismo fenómeno de electricidad pues se produce un movimiento de atracción en los dos casos.</i>	<i>G5. Si puesto que la bomba es un objeto común y por tal razón al realizar fricción se genera una electricidad... Por otro lado otra relación es la atracción de electricidad que ocurre al acercar ambos objetos además de la lata que es el agente conductor y receptor.</i>	<i>G8. Si ya que las dos tenían como finalidad y objetivo mover la lata teniendo en cuenta las fuerzas de atracción que contiene el globo y la varita.</i>

Tabla 8. Registro de los estudiantes, preguntas que orientan la actividad.

En este punto, se considera importante resaltar cómo a través de la experiencia, el estudiante logra diferenciar el fenómeno de otros, permitiendo identificar que desde su observación, indagación, explicación y socialización de lo ocurrido en las dos experiencias, asocian efectos como la atracción entre cuerpos a partir de la alteración del estado inicial de los objetos - sistema - que se encuentran en interacción (desequilibrio eléctrico) y que esto se debe a la existencia de algo que hasta el momento denominan electricidad, por otro lado los estudiantes, por ejemplo, el G1 cuando compara las dos actividades, infieren que han observado un mismo fenómeno y que en consecuencia es de la misma naturaleza. Así mismo las ideas que evocan de los estudiantes son consolidadas como nuevos argumentos para interpretar lo observado, esto a partir de la discusión que suscita entre los participantes, constituyendo así una forma de entender el fenómeno.

3.2 Etapa 2. ¿Cómo imagino lo que sucede?

La etapa dos tiene como objetivo explorar y contrastar supuestos de los estudiantes cuando se refieren al comportamiento eléctrico de los cuerpos, consolidando elementos que permitan caracterizar el fenómeno y de esta manera construirlo en base a sus propias observaciones y la ampliación de su experiencia, por ello, se proponen dos actividades, en la primera se sugiere una experiencia mental en la que imagine que podría suceder cuando se frotan objetos como barras de PVC, vidrio, metal y plástico con diferentes materiales y que posteriormente son acercados a pequeños trozos de papel, la segunda actividad plantea la construcción y realización de una actividad experimental. En este sentido, el análisis de esta etapa se centra a partir del conjunto de explicaciones, registros y esquemas de las dos actividades propuestas y socialización.

Conocer los criterios que los estudiantes tienen al momento de brindar explicaciones frente a una determinada situación le permite al docente identificar cómo el sujeto está estructurando y entendiendo el fenómeno, por ello, se le solicitó a los estudiantes explicar lo que considera que ocurriría cuando se le presenta la siguiente situación:

Imagina que sobre una mesa tienes barras de distintos materiales (vidrio, plástico y metal) y que las frotas con objetos como lana, peluche, y tela de jean, entre otros, luego de ello acercas cada una de las barras a pequeños trozos de papel. ¿Qué crees que ocurrirá?

De acuerdo con el ejercicio escritural que los estudiantes realizaron, se reconocen ideas que de ellos emergen frente a lo que sucederá cuando diferentes cuerpos que han sido frotados son acercados a pequeños trozos de papel. De acuerdo a lo anterior, se presentan transcripciones de algunas respuestas que los estudiantes dieron a la pregunta *¿Qué crees que ocurrirá?*

Registros ¿Qué crees que ocurrirá?
<p>G1. <i>“Inicialmente creemos que cuando frotamos cualquiera de los tipos de tela con el tubo de PVC este al acercarlo a los papeles no va a provocar ningun cambio en ellos, en cambio cuando acerquemos la barra de vidrio la de metal o la varita mágica estas ya siendo frotadas con algunas de las telas provara que esta atraera los trozos de papel haciendo que se eleven un poco, pero no mucho debido a que no tendrá suficiente carga eléctrica.</i></p> <p><i>Finalmente creemos que al frotar la bomba con cualquiera de las telas esta se cargar de electricidad causando que los los papeles sean atraídos hacia ella y se peguen a su superficie pero cuando se acabe la carga estos caerán de nuevo”.</i></p>
<p>G2. <i>“Nosotras suponemos que dependiendo del material que frotamos se podrá evidenciar el comportamiento eléctrico que este tendrá.</i></p> <p><i>Nosotras creemos que es importante el material con el que se esta trabajando porque unos pueden producir más electricidad que otros.</i></p> <p><i>Nosotros consideramos 4 tipos de tela; una tela delgada, gruesa, peluche y el jean, con el tubo de PVC se levantarán los papeles poco a poco, con la barra de vidrio con ningun material creemos que no es conductor, la barra de metal es altamente conductor con cualquier tela trabajada”.</i></p>
<p>G7. <i>“Nosotros creemos que al frotar el tubo de PVC con los tres elementos y al acercar este al papel, el papel se levantara puesto que los tres elementos generan fricción lo que hace que se genere “algo” que realiza que el papel se levante, creemos que lo mismo ocurrirá con materiales como el globo y la varita mágica, mientras como en materiales como la barra de vidrio y la barra de metal, sucederá todo lo contrario puesto que las propiedades del material no generan ese “algo” que hace que el papel se pueda levantar”.</i></p>
<p>G8. <i>“Con el tubo de plástico es probable que el papel se pegue luego de frotarlo con el peluche, la tela y el globo mientras que con la barra de vidrio probablemente no se peguen las cosas por causa del material, no creemos que material conductor, al contrario que con la barra de metal con esta si es muy probable que se peguen los trozos de papel pues al ser metalico se convierte en excelente material conductor y mas cuando se le aplica energía”.</i></p>

Tabla 9. Tendencia de los estudiantes cuando describen qué ocurrirá con las barras frotadas y los trozos de papel.

Como se presenta en la tabla 9, los estudiantes predicen que en la situación presentada lo que ocurre es la atracción de los trozos de papel hacia algunas de las barras, argumentado que esto posiblemente se deba a las características de los materiales, especificando que depende del tipo de barra que se esté usando y del objeto con el que esta se haya frotado, por otra parte recurren a la clasificación de materiales donde categorizan las barras como conductoras o no conductoras de electricidad, mencionando que la barra de metal logrará levantar los papelitos y la barra de vidrio no, además de ello manifiestan que debido a la frotación de la barra con un material como la lana se genera un desbalance eléctrico entre los dos y por ello los trozos de papel son atraídos.

De acuerdo con las consideraciones anteriores, se elaboró una tabla que muestra las respuestas de los estudiantes cuando en sus afirmaciones plantean la acción de atraer o no los trozos de papel cuando las barras son acercadas.

GRUPO	ACCIÓN DE ATRAER O NO ATRAER LOS TROZOS DE PAPEL							
	PVC		VIDRIO		METAL		GLOBO	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
G1		x	x		x		x	
G2		x		x	x		x	
G3	x			x		x	x	
G4	x	x		x	x		x	
G5	x	x		x	x			
G6								
G7	x			x		x	x	
G8	x			x	x		x	

Tabla 10. Acción de atraer o no trozos de papel. Experiencia mental.

Es de notar que los estudiantes en la experiencia mental centran su atención al efecto de atraer o no los trozos de papel, lo que conlleva a que consideren que deben existir condiciones que favorezcan esta acción, por ejemplo el G2 establece que debe existir frotamiento o fricción entre el material y las diferentes barras para que esta se electrifique y así pueda “levantar” los trozos de papel, el grupo G4 infiere que para que se logre evidenciar el comportamiento eléctrico de la barra, depende del material con el que se frote, es decir, no es lo mismo frotar la barra con tela de jean que con un saco de lana, este aspecto cobra gran importancia, ya que desde su experiencia reconocen que los materiales deben exhibir ciertas cualidades para que puedan atraer o no a los trozos de papel, así mismo el G3 ejemplifica que los cuerpos son portadores o transmisores de electricidad y que al momento de frotar el objeto con algo la puede adquirir o perder, donde, en sus explicaciones asocian el fenómeno a lo que han observado en diferentes vivencias y lo relacionan con lo que imaginan que sucederá en la situación.

En los registros escritos y orales de los estudiantes se rescatan elementos que surgen al momento de intentar explicar lo imaginado, esto sugiere pensar que evoca de experiencias cercanas que han tenido con el fenómeno y de los diferentes conceptos que en su vida académica han interiorizado. Uno de estos elementos se centra en el conjunto de ideas que exponen, cuando al momento de frotar las diferentes barras con los materiales se produce una desestabilización en el estado eléctrico de los objetos que se encuentran en interacción, otro elemento se centra en la caracterización de los materiales a partir de sus propiedades. Es de mencionar, que el primer elemento que se evidencia en los registros es similar al de la primera etapa, donde, a partir de su experiencia y de la predicción de una situación planteada los estudiantes reconocen que cuando existe una acción como la de frotar un objeto con otro se

produce una alteración de orden eléctrico en los objetos, ejemplo de ello, es cuando manifiestan que un cuerpo gana electricidad mientras que el otro la pierde, o cuando en su discurso recurren a la palabra desbalance o desequilibrio eléctrico.

Sin embargo, cuando hacen referencia a las características y propiedades de las barras como posible causa de la atracción o no atracción de los papelitos, las explicaciones son presentadas de forma superficial, por ejemplo, cuando hablan de la conductividad o no conductividad de las barras, algunos grupos manifiestan que la barra de metal atraerá los papelitos con mucha facilidad, debido a que es considerada un conductor, pero no se toma en cuenta que al ser un facilitador del paso de electricidad esta se descarga rápidamente si no se encuentra en un sistema aislado, por otro lado indican que el vidrio al ser un material aislante no podrá atraer los trozos de papel, sin contemplar en su argumentación que este material tiene propiedades diferentes a las de la barra de metal y que las condiciones para lograr evidenciar el fenómeno deben ser diferentes.

La segunda actividad que se plantea en esta etapa busca la realización de una actividad experimental, cuya finalidad consiste en que el estudiante contraste explicaciones dadas a partir de lo observado y las ofrecidas en la experiencia mental, posibilitando consolidar o transformar sus ideas, a su vez, les permitirá ampliar sus experiencias con relación al fenómeno. Por lo anterior, se les solicita a los estudiantes que empleen diferentes barras (vidrio, metal y plástico) y globos, que los froten vigorosamente con materiales como lana, peluche, tela de jean y bayetilla y luego de ello acerquen cada barra a pequeños trozos de papel sin hacer contacto, se les sugiere que observen detalladamente lo que ocurre en cada evento y que lo registre en la tabla que se encuentra en su bitácora.

En la tabla 11, se presenta una recopilación de los efectos observados por los estudiantes cuando acercaron diferentes barras frotadas a pequeños trozos de papel, cabe especificar que únicamente se muestra lo ocurrido en términos de atracción, repulsión y que no se observa ningún efecto al momento de la interacción.

GRUPO	ACCIÓN DE ATRAER, REPELER O NO TROZOS DE PAPEL											
	VIDRIO			PVC			METAL			GLOBO		
	A ¹¹	R ¹²	N ¹³	A	R	N	A	R	N	A	R	N
G1			x	x					x	x		
G2			x	x		x			x	x		
G3		x		x				x		x		
G4		x		x				x		x		
G5			x	x					x	x		
G6			x	x					x	x		
G7			x		x				x	x		
G8			x			x		x	x	x		

Tabla 11. Acción de atraer o no los trozos de papel. Actividad experimental.

De acuerdo con la tabla 11, las respuestas que proporcionan los estudiantes cuando describen lo observado, pone de manifiesto que la mayoría de los grupos evidencia una atracción de los trozos de papel hacia la barra de PVC (plástico) y el globo, así mismo expresan que no se observó ningún efecto cuando acercaron la barra de vidrio y metal previamente frotadas a los trozos de papel. Por otro lado, el grupo G3 y G4 describen que observaron efectos como repulsión cuando acercaron la barra de vidrio y metal a los trozos de papel. Las explicaciones dadas frente a lo observado, expresan desconcierto frente a lo sucedido, ya que la predicción hecha frente a lo que ocurriría en la experiencia no fue observada, y por el contrario, los efectos percibidos al momento de realizarla fueron totalmente diferentes. Lo anterior, da paso a realizar un contraste entre las explicaciones dadas por los estudiantes al momento de predecir una determinada situación y la observación de una experiencia, además de ello posibilita que el docente pueda determinar la convergencia o divergencia respecto a las concepciones ya establecidas por los estudiantes en pro de ampliar sus comprensiones o transformarlas a medida que se tiene proximidad al fenómeno.

La socialización de las dos experiencias permitió establecer conexiones entre las predicciones y las explicaciones de la situación observada, siendo orientada a partir de una serie de preguntas que cuestionaban a los estudiantes, logrando generar discusiones en torno a lo expuesto y así establecer un punto de partida en la construcción de explicaciones acerca de la electrificación de cuerpos.

¹¹ A- Atracción.

¹² R- Repulsión.

¹³ N- No se observa ningún efecto.

Las preguntas que orientaron la socialización de las actividades son:

- De acuerdo a la experiencia mental y su realización ¿Qué puedes inferir entre lo que pensaste y visualizaste?
- ¿Cómo explicas los efectos percibidos cuando se realizaste la experiencia?
- Si tuvieras que hacer una organización de los materiales que frotaste de acuerdo a los efectos observados cuando interactúan con los trozos de papel ¿Cómo lo harías?

Identificar las construcciones que los estudiantes hacen frente a la explicación de la electrificación de cuerpos, sugiere que se tenga claridad en los conceptos que emplea para interpretarlo y comprenderlo, es por esta razón que la secuencia de las experiencias está encaminada no sólo al hecho de observar qué ocurre, también debido a la cercanía que el estudiante ha tenido con el fenómeno estructura toda una organización que lo lleva a comprender, entonces iniciar con la organización de fenómenos electrostáticos, le confiere al estudiante herramientas para entender y explicar en un primer acercamiento, el comportamiento y naturaleza de la materia a través de su experiencia y de los conocimientos que ya posee, en esta medida hará relaciones, comparaciones y similitudes de acuerdo a lo observado.

A continuación, se presenta una serie de imágenes, (ver ilustración 16), donde los estudiantes plasman la forma como organizan los materiales de acuerdo con la intensidad con la que pueden atraer o no los trozos de papel, en esta medida, se piensa que han logrado establecer relaciones con lo que ha observado en las experiencias y lo que conocen, permitiendo estructurar aún más las cualidades del objeto de estudio.



Ilustración 16. Organización y clasificación de materiales.

Por otro lado, se esbozan elementos que se rescatan al momento de explicar las diferentes experiencias y cómo estos contribuyen en la organización del fenómeno.

- Comportamiento eléctrico de la materia.
- Clasificación de los materiales según sus propiedades.
- Interacción.

Estos elementos surgen del análisis que se realizó cuando los estudiantes observan y describen el fenómeno y que se evidencia cuando relacionan en sus ideas conceptos claves en su explicación, algunos de ellos son: interacción entre dos o más objetos, desbalance eléctrico, alteración de cargas, desequilibrio de los cuerpos, capacidad de los cuerpos de contener más o menos electricidad, el espacio donde se realiza la experiencia, propiedades de los diferentes materiales (términos de peso, forma y estructura, entre otros) trabajados.

Los estudiantes explican que la materia tiene distintas propiedades y que una de ellas es la eléctrica, donde, argumentan que cuando un cuerpo se encuentra en equilibrio se debe a que internamente su propiedad eléctrica es igual, es decir, la cantidad de carga positiva y carga negativa que posee es la misma. Así mismo, atribuyen que para que se puedan observar efectos como la atracción entre cuerpos se deben proporcionar una serie de condiciones que favorezcan la observación del efecto, afirmando que depende de las cualidades que exhiben los materiales utilizados, por ejemplo, cuando utilizaron las diferentes barras establecen que en unas hay mayor conductividad que en otras, clasificando y ordenando los materiales en términos de adquirir más fácilmente electricidad, denominando esta característica en términos de mayor o menor intensidad de atraer los trozos de papel.

Los estudiantes especifican que para que se favorezca la observación del efecto se debe pensar en la forma de desestabilizar el sistema, donde manifiestan que, por ello acuden a la frotación como herramienta para desequilibrar eléctricamente los cuerpos, también exponen que todos los materiales pueden atraer o no a los objetos, pero que esto depende de cómo se organice la experiencia, un ejemplo, es cuando utilizaron la barra de metal, ya que en sus predicciones la mayoría de los estudiantes mencionó que sí existiría una atracción, debido a que está es considerada un material conductor, sin embargo en la experiencia esto no ocurrió; cuando se realizó la socialización los estudiantes indicaron que no es que la barra de metal no pueda atraer a los trozos de papel si no que para lograr observar tal efecto, el sistema se debe encontrar aislado, ya que la barra siendo de metal al ser frotada sin ser aislada la electricidad ganada o cedida se transfiere por el cuerpo de la persona que la sostenía y por esto se descargaba más rápido que otras barras. Lo anterior, permite pensar que el estudiante

a partir de las experiencias realizadas y de la construcción de conocimiento colectivo logra identificar que los cuerpos tienen propiedades eléctricas.

3.3 Etapa 3. Organizando y construyendo el fenómeno

Para el desarrollo de esta etapa se establecen dos momentos, cuya finalidad es seguir en la ampliación, organización y construcción del fenómeno. A continuación se esbozan de la siguiente manera:

Momento uno, pretende que el estudiante reconozca a través de los efectos que muestra el fenómeno, tipos de electrificación de un cuerpo. De esta manera, a partir de las cualidades que exhiben los materiales al momento de la interacción, explicará desde lo que sus sentidos perciben cómo determinar si un cuerpo se encuentra electrificado de la misma manera que otro o por el contrario que el tipo de electrificación es diferente.

Momento dos, estructurada desde la realización de cuatro experiencias, donde, se prioriza la necesidad de diseñar, elaborar, modificar y emplear instrumentos de medida que permiten avanzar en la organización del fenómeno, constituyendo una serie de experimentos que posibilitan progresar continuamente en la identificación de cualidades y en la caracterización de la carga eléctrica como una magnitud física que permite explicar fenómenos de orden eléctrico. Además de ello, pretende que el estudiante identifique desde sus saberes, experiencia y el uso de instrumentos cómo construir, interpretar y comprender eventos asociados al objeto de estudio.

De acuerdo con lo anterior se presenta el análisis de cada momento.

3.3.1 Momento uno

En la implementación de las actividades propuestas, los estudiantes han diferenciado el fenómeno de otros, a su vez, han explicado la naturaleza eléctrica de los cuerpos y han realizado una categorización que les permite hablar de los materiales en términos de mayor

o menor intensidad de atracción cuando los objetos han interactuado con otros, estas concepciones le han permitido profundizar y transformar sus explicaciones en torno a fenómenos como la electrificación de cuerpos. Por esta razón, la experiencia que sigue a continuación, deja que el estudiante continúe explorando e identificando características que posibilitan comprender el fenómeno desde la actividad experimental, donde, a partir de la experiencia y el trabajo colectivo podrá identificar tipos de electrificación que existen cuando se ha alterado un determinado sistema y que en consecuencia se produce una reorganización eléctrica que permite observar efectos como atracción o repulsión.

Inicialmente se le pidió al estudiante realizar el montaje experimental (Ver ilustración 17), donde se colocó en un soporte universal barras de vidrio, plástico y globos a una determinada distancia, seguidamente se orientó la experiencia a partir de una serie de indicaciones, por ejemplo, el estudiante debía colocar dos barras, una de vidrio y otra de plástico aproximadamente a una distancia (d) sin haberlas frotado previamente, el estudiante debía describir si observaba algún efecto entre las dos barras, esta secuencia se desarrolló con barras del mismo material (plástico – plástico y vidrio - vidrio) y con dos globos.

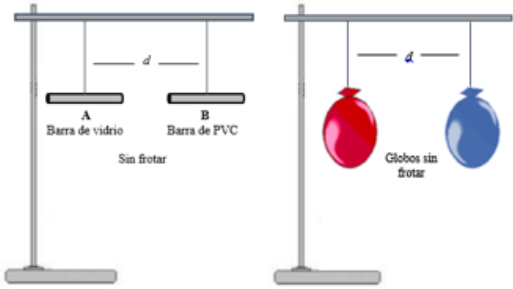
PASOS	PREGUNTAS	ESQUEMA
<p>1. Realiza el montaje mostrado en la figura.</p>	<p>¿Qué observas?</p> <p>Realiza el mismo montaje pero ahora con los globos y con barras del mismo material.</p> <p>Modifica la distancia de separación y escribe las observaciones realizadas.</p> <p>¿Qué observas?</p>	

Ilustración 17. Montaje experimental, actividad 5.

De acuerdo a la pregunta ¿Qué observas? Cuando se realiza la primera parte del montaje experimental (barras o globos sin ser frotados), los estudiantes explican que no se puede observar ningún efecto, ya que ninguno de los cuerpos ha sido frotado y por tanto no se ha alterado su estado eléctrico, manifestando que a pesar de que se modifica la distancia (más cerca o más lejos) tampoco ocurre nada. Desde esta perspectiva se considera que

necesariamente para percibir cualidades de orden eléctrico en los cuerpos estos deben ser sometidos a una acción que favorezca la desestabilización del sistema.

Para seguir con el desarrollo de la actividad planteada para este momento, se estructura una secuencia experimental proponiendo cuatro situaciones:

1. Suspender un globo, luego frotar vigorosamente la barra de vidrio con un material como plástico o seda y acercarla al globo.
2. Suspender un globo y acercar una barra de PVC también frotada (pañó o lana).
3. Suspender dos globos frotados (mismo material) a una determinada distancia, luego de ello modificar la distancia entre estos.
4. Realizar las actividades anteriores pero ahora con barras de diferentes materiales.

A partir, de las situaciones presentadas se les solicita a los estudiantes que realicen el montaje experimental y describan lo observado en su bitácora, la experiencia fue orientada a partir de preguntas como:

- ¿Qué observas cuando la barra de PVC es acercada al globo?
- ¿Qué ocurre cuando la barra de vidrio es acercada al globo?
- ¿Qué sucede cuando los globos son frotados y son acercados?
- ¿Qué sucede cuando barras del mismo material son frotadas y acercadas?
- ¿Qué sucede cuando barras de diferente material son frotadas y acercadas?
- Describe el comportamiento de cada material cuando es acercado al objeto.

Cabe resaltar que el uso de preguntas en la construcción de una base fenomenológica es de vital importancia, ya que facilita reconocer ideas que surgen de los estudiantes y que son expuestas a través de las respuestas dadas con relación a la observación del fenómeno, de esta forma se consolidan nuevos argumentos que permiten seguir con la ampliación y construcción del mismo.

La interpretación que se realizó para este momento de la etapa se abordó desde el análisis que se hizo alrededor del primer experimento descrito por James Maxwell en su tratado elemental de electricidad, explicando que a partir de la interacción entre un material como

resina y vidrio al ser frotados y luego separarlos, estos presentan propiedades eléctricas a las que denomino fenómenos eléctricos y a los cuerpos que exhiben estas cualidades, electrificados o cargados de electricidad. Así mismo especificó que dependiendo del material estos pueden ser atraídos o repelidos, (según su comportamiento). Por último relaciona dichos efectos como atracciones o repulsiones, afirmando que por ello existen dos tipos de electrificación. Maxwell (1954, pág. 10) afirma: “Si un cuerpo electrificado de cualquier manera que sea se comporta como el vidrio lo hace, es decir si repele el vidrio y atrae la resina, el cuerpo se dice vítreamente electrificado; y si atrae el vidrio y repele la resina se dice resinosamente electrificado. Todos los cuerpos electrificados son electrificados vítrea o resinosamente.” En consecuencia, se puede afirmar que los resultados obtenidos a partir de la experiencia propuesta para este momento, logran consolidar argumentos que posibilitan caracterizar tipos de electrificación desde efectos como atracción o repulsión en términos de las cualidades que este exhibe.

Cuando se realiza el análisis de respuestas a las preguntas orientadoras (conjunto) y de la socialización hecha, se establece, que los estudiantes infieren que el comportamiento eléctrico de diferentes cuerpos se enmarca a partir de dos cualidades que exhibe el fenómeno observado, la atracción y repulsión de cuerpos en interacción cuando han sido frotados. A continuación se presentan los registros de las respuestas de los estudiantes frente a la observación de la experiencia y que permitieron su análisis e interpretación.

Pregunta	Registro
¿Qué observas cuando la barra de PVC es acercada al globo?	<p><i>G3. Se alcanzo a observar que al acercar el tubo de PVC al globo estos se atrajeron entre si, se cree que es a que tenían carga opuesta (el tubo y el globo)</i></p> <p><i>G4. Cuando frotamos la barra de PVC se evidencio que al acercarse el PVC al globo, este se atraía pero lastimosamente su efecto era mínimo aunque alcanzaba a evidenciarse la atracción que se tenían, así mismo consideramos que los dos materiales son transmisores de energía en diferente escala y una debe ser positiva su carga y el otro negativa para causar atracción.</i></p> <p><i>G5. Lo que se observo fue una atracción entre ellas y era fuerte.</i></p> <p><i>G8. Después de frotar la barra de PVC y acercarla al globo, este se atrajo a la barra. El globo se movia hacia donde estaba la barra de PVC, en algunos casos llegaba hasta unirse a la barra.</i></p>

<p>¿Qué ocurre cuando la barra de vidrio es acercada al globo?</p>	<p>G1. Cuando acercamos la barra de vidrio previamente friccionada al globo observamos que esta atrae al globo hacia ella, esto se debe tal vez porque la barra se llena de carga positiva en el momento de la fricción lo que produce que el globo se acerque a ella, pues este por el contrario esta lleno de carga negativa.</p> <p>G2. Cuando se acerco la barra de vidrio al globo se puede observar una atracción la cual se puede ver implementada por las cargas de la barra anteriormente frotada.</p> <p>G3. Después de frotar el globo y la barra de vidrio no se evidencia ningún tipo de movimiento puesto que están neutramente cargados.</p> <p>G4. Cuando se frota la barra de vidrio, se desestabiliza este cuerpo que se encuentra en reposo y luego al acercarlo al globo podemos observar una atracción del vidrio en la cual el globo se une hacia la barra, aunque no lo tocan, tenemos dos posibles razones por la que pasa esto 1. Los globos estaban en reposo al acercarse un objeto recargado causa una atracción o 2. La barra de vidrio tiene una carga diferente a la de los globos y por esta razón se atraen.</p> <p>G8. Después de frotar la barra de vidrio y acercarla al globo, el globo tuvo una atracción hacia la barra.</p> <p>G7. Cuando se acerca la barra de vidrio al globo, y la barra antes ya pasada por la fricción, se observa una atracción que genera la barra al globo, además se puede decir que se produce una transmisión de cargas que hace que se atraigan.</p>
<p>¿Qué sucede cuando los globos son frotados y son acercados?</p>	<p>G1. Al momento de acercar ambos globos observamos que en ningún momento se atraen, por el contrario se separan; esto sucede porque al ser frotados se llenan de la misma carga por lo que al unirse no se unen se dispersan ya que chocan es decir hay repulsión.</p> <p>G3. Al acercar los globos frotados entre si se observa una repelación entre los dos objetos ya que tienen las mismas cargas (++) (--).</p> <p>G8. Como los dos globos han sido frotados, estos se repelen porque los dos tienen la misma carga. Cuando son cargas opuestas se atraen y cuando son cargas iguales se rechazan.</p> <p>G4. Por más que las acercamos evidenciamos el mismo resultado se repelían los globos estaban en busca de un material diferente a la carga que tiene o que estuviera en reposo para que fuera desestabilizado, así mismo consideramos que no importa la fuerza que se ejerza sobre un objeto para que se atraiga con otro, si son cargas iguales nunca se juntaran. (Atraerán). En este caso de ser iguales cargas, porque se frotaron con el mismo material.</p>
<p>¿Qué sucede cuando las barras del mismo material son frotadas y acercadas?</p>	<p>G2. Estas se van a repulsar entre si ya que están cargados con cargas semejantes es decir que en vez de atraerse se repelen.</p> <p>G7. Cuando se acercan las barras lo que sucede es que estas se repelan y no deja de por si que estos dos se acerquen generando una repulsión de fuerzas.</p>

	<i>G5. Lo que ocurre es que se repelen una con otra.</i>
¿Qué sucede cuando las barras de diferente material son frotadas y acercadas?	<i>G1. Lo que ocurre es que se chocan y aunque se genera la atracción para unirse chocan inmediatamente se repelen generando que estas se separen y así sucesivamente durante un lapso de tiempo corto.</i> <i>G7. Lo que sucede cuando se acercan las barras es que existe una atracción pero con una intensidad leve; lo que hace que se atraigan pero que no dure tanto su acercamiento y que se unan poco.</i> <i>G4. Al acercar las dos barras se evidenciaba su atracción mínima, pero no se repelían.</i>

Tabla 12. Registros actividad 5.

Las relaciones que logran hacer los estudiantes respecto a la experiencia, permite caracterizar el comportamiento eléctrico de la materia a partir de la identificación de dos tipos de electrificación y que de acuerdo a su observación denominan atracción y repulsión, precisando que esto depende de la naturaleza de los cuerpos y tomando como punto de referencia el plástico y el vidrio, también especifican que para lograr observar estos fenómenos obligatoriamente deben haber dos o más cuerpos en interacción. Así mismo, esbozan en sus explicaciones que cuando dos cuerpos se atraen y como consecuencia a ello se tocan, inmediatamente se separan y que esto se debe a que los cuerpos al hacer contacto quedan electrificados de la misma manera produciendo así una repulsión. Los aspectos citados dan lugar a una interpretación cualitativa de los fenómenos eléctricos desde la observación y descripción de experiencias, específicamente cuando cuerpos electrificados se han puesto en interacción, esto lleva a que el estudiante reconozca y caracterice el fenómeno a partir de los comportamientos que presentan diferentes cuerpos. Es de resaltar, que situar al estudiante como protagonista y constructor de la explicación de este tipo de fenómenos transforma la forma en cómo comprende el fenómeno y que este proceso se desarrolla a partir de toda una organización fenomenológica que se cimienta a medida que se elaboran explicaciones que surgen alrededor de la experiencia.

3.3.2 Momento dos

Al abordar fenómenos como los eléctricos generalmente se recurre a la explicación de efectos como atracción o repulsión de dos objetos que se encuentran en interacción, sin embargo, en ocasiones solo nos quedamos en este hecho y no trascendemos en su construcción, lo que nos impide comprender lo que el fenómeno nos muestra, es por esto, que el segundo momento

de esta etapa tiene como propósito que el estudiante amplíe sus experiencias a partir del diseño, construcción y modificación de instrumentos, ya que le permitan estructurar todo un conjunto de cualidades que le posibilitaran comprenderlo. De esta manera, este momento se dividió en la realización de cuatro actividades experimentales: 1) construyendo mi indicador, 2) modificando mi indicador, 3) construyendo mi electroscopio y 4) modificando mi electroscopio.

A este respecto, se presenta una reflexión alrededor de registros (escriturales y verbales) de los estudiantes, frente a las situaciones y preguntas que orientaron este momento de la etapa, cuya finalidad, es conocer detalladamente los procesos de formalización que hasta el momento los estudiantes han construido en torno a la organización de las diferentes experiencias y del aprendizaje individual y colectivo del objeto de estudio. En este sentido, se muestran elementos que se establecen a partir del análisis global de los registros en cada actividad y su socialización. En la tabla 13, se presentan los elementos que surgieron al momento de realizar el análisis de las diferentes actividades.

<i>Actividad</i>	<i>Elementos de análisis</i>
Construyendo mi indicador.	<ul style="list-style-type: none"> • El movimiento de la aguja o esfera suspendida (indicador) es el que determina si un cuerpo se encuentra electrificado.
Modificando mi indicador.	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de electrificación. • Formas de electrificar un cuerpo.
Construyendo mi electroscopio.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas abiertos y cerrados.
Modificando mi electroscopio.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema (recipiente metálico - electroscopio) • Caracterizando el recipiente metálico. • La cantidad de electrificación como una magnitud que puede ser medible.

Tabla 13. Principales elementos que surgen en el desarrollo del momento dos.

De acuerdo con los registros de la actividad 1, se exponen elementos que se establecen a partir del análisis y la interpretación de cada situación. A continuación se presenta de la siguiente manera:

- El movimiento de la aguja o esfera suspendida (indicador) es el que determina si un cuerpo se encuentra electrificado.

La actividad realizada y las respuestas otorgadas por los estudiantes permiten la caracterización del uso del indicador como elemento predominante en la observación y explicación de ciertas cualidades que el fenómeno muestra, ejemplo de ello, es cuando los

estudiantes en la pregunta *¿Cuáles son los efectos que observas sobre la aguja del indicador con cada uno de los objetos acercados?* expresan que el efecto observable en la experiencia fue el movimiento de la aguja o del objeto que está suspendido en una cuerda (algunos casos). Por otro lado manifiestan que este movimiento es debido a la absorción de electricidad que obtuvo el objeto cuando fue frotado y luego acercado al indicador, así mismo reconocen que debido a la presencia de electricidad en los cuerpos frotados la aguja se mueve y por tanto detecta la electricidad del objeto. En cuanto a la pregunta *¿El indicador detecta algo?* La mayoría de los grupos exponen que el indicador si logra detectar “algo”, explicando que la aguja no se mueve cuando se acerca un cuerpo que no ha sido frotado y que por el contrario al momento de acercar un cuerpo frotado este altera la aguja del indicador, argumentando que esta se ha movido debido a la electricidad que contiene el objeto acercado y que tanto el indicador como el objeto acercado conforman un nuevo sistema, también asocian que el movimiento de la aguja es mayor o menor, debido a que el cuerpo acercado estaba más o menos electrificado y que esto depende de dos factores, el primero es asociado a la naturaleza del material del cual está constituido el objeto y segundo a la intensidad con la cual se frotó el objeto.

Por otro lado, cuando se analizan las respuestas dadas a la pregunta *¿el indicador puede medir lo que detecta?* los estudiantes que conforman el grupo G1, G2 y G5, establecen que el indicador si puede medir lo que detecta ya que relacionan el movimiento de la aguja con la cantidad de electricidad que posee el cuerpo, por ejemplo, el G1 explica *“Lo que hace es que dependiendo la cantidad de carga que tiene el objeto se mueva es decir si el objeto esta muy cargado hace que se mueva rápidamente la aguja del indicador pero en cambio si tiene muy poca carga o nula lo mueve muy poco o simplemente no lo mueve”*.

Por el contrario, los demás grupos mencionan que el indicador no puede medir lo que detecta ya que este no tiene ninguna escala de medida, ni puede comparar un cuerpo electrificado con otro y que tampoco da un número o letra que determine en qué cantidad esta electrificado un cuerpo, también exponen que para que el indicador lograra medir la cantidad de electricidad de un cuerpo este se debería modificar. Medina y Tarazona (2011) afirman: “... el instrumento sólo puede determinar si un cuerpo está electrificado o no, y a lo sumo, si la electrificación lograda es mayor o menor. Igualmente, se prevé que hay aspectos del

fenómeno que se deben diferenciar, y se espera que en condiciones particulares se puedan observar efectos sensibles diferentes” (p. 78). En este sentido, cobra vital importancia reconocer que el indicador solo nos permite identificar si un cuerpo está o no electrificado y que se hace necesario pensar en otro instrumento o en la modificación del indicador ya empleado para constituir una medida que permita cuantificar la cantidad de electrificación que posee el cuerpo. A continuación se presentan imágenes de los indicadores construidos y algunos registros de las respuestas dadas por los estudiantes.

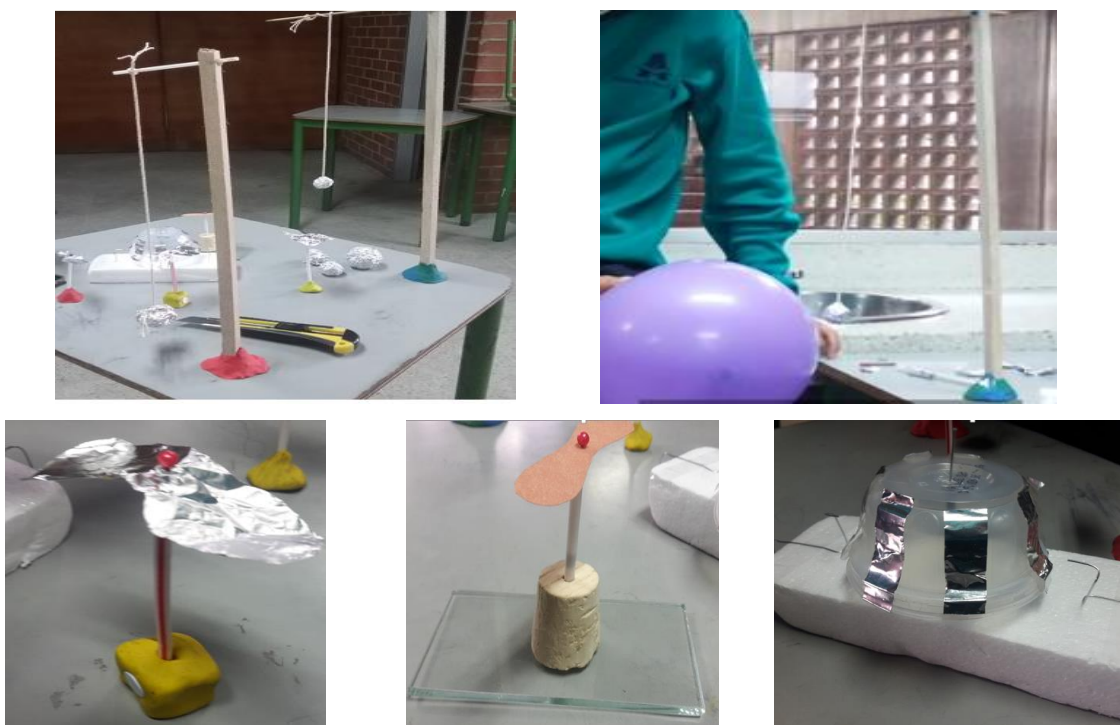


Ilustración 18. Indicadores construidos por los estudiantes.

Pregunta	Registro
<p>¿El indicador, puede detectar algo? Si es así qué consideras que detecta.</p>	<p><i>G1. El indicador si detecta algo y es la electricidad que contiene un objeto o que tiene un material debido a que estos tienen ciertas cargas que son posibles de detectar gracias a las agujas y aluminio que tiene el indicador en su estructura.</i></p> <p><i>G2. Yo considero que el indicador detecto las cargas eléctricas que recibieron cada objeto al ser frotado, esta misma carga hizo que el indicador empezara a girar dependiendo de la potencia de esta.</i></p> <p><i>G4. Si detecta algo porque hay movimiento en su helice, consideramos que es la electricidad es decir que el indicador nos ayuda a determinar si un cuerpo esta electrificado o no, si el cuerpo esta electrificado la helice de nuestro indicador se</i></p>

	<p><i>movera, podemos determinar si por ejemplo solo tiembla el helice o que se mueve en círculos, decimos que e objeto que produjo que se moviera en círculos esta más electrificado que el que solo produce temblor en nuestro indicador.</i></p> <p><i>G5. Si detecta puesto que la aguja se movía, la electricidad es lo que detectaba, la del objeto, y si el objeto esta cargado pues se mueve y entre más cargado más se mueve.</i></p> <p><i>G7. Creemos que el indicador si detecta “algo” puesto que como se acerca un material que tal vez tenga mayor electricidad, el indicador como su propio nombre lo dice indica que existe electricidad cuando se acerca.</i></p> <p><i>G8. Consideramos que el indicador si detecta algo y esto puede ser las cargas si son opuestas o de la misma naturaleza.</i></p>
<p>¿El indicador puede medir lo que detecta?</p>	<p><i>G1. Nosotras consideramos que este indicador puede medir la electricidad debido a que es capaz de detectar las cargas que tiene cada objeto.</i></p> <p><i>Lo que hace es que dependiendo la cantidad de carga que tiene el objeto se mueva es decir si el objeto esta muy cargado hace que se mueva rápidamente la aguja del indicador pero en cambio si tiene muy poca carga o nula lo mueve muy poco o simplemente no lo mueve.</i></p> <p><i>G2. Si ya que entre mas rápido gire este, se puede decir que hay mas fuerza o menos fuerza ya que el indicador depende de la carga eléctrica que esté presente.</i></p> <p><i>G4. Exactamente no porque uno puede comparar si un cuerpo esta más o menos electrificado que otro, ya sea porque la hélice se movio con mas fuerza o porque solo temblo pero no podremos decir que este cuerpo esta en tal número electrificado porque este indicador es súper sencillo que solo se ha basado en determinar si un cuerpo esta o no electrificado.</i></p> <p><i>Consideramos que habría que modificar o realizar otro indicador que proporcione esta pertinente información.</i></p> <p><i>G5. Si, porque dependiendo de la electricidad la aguja se mueve más rapido y si hay menos electrificación no hay tanta atracción</i></p> <p><i>G6. No exactamente, es decir si definimos medir, seria poner otros objetos y algo que demuestre la medida sea números o letras.</i></p> <p><i>Siendo así que muestre el indicador solo detecta en carga de mov. Más no de medida.</i></p> <p><i>G7. Consideramos que el indicador no tiene la capacidad de medir lo que detecta ya que este solo nos indica si un cuerpo esta electrificado o no y nos lo demuestra con su movimiento al acercar el objeto.</i></p>

	<p><i>G8. No creemos que pueda medir lo que detecta ya que varia la carga, no en todos los casos actua igual ni con la misma intensidad entonces es muy inexacto.</i></p>
--	---

Tabla 14. Registros actividad 6.

Lo anterior, permite que el estudiante a partir de la construcción de instrumentos como un indicador pueda determinar si un cuerpo se encuentra o no electrificado, así mismo que se embarque a cuestionamientos en cuanto a si este posibilita medir la cualidad que se está observando del fenómeno. Por ello se le invita a que continúe con la realización de la *actividad 2*, donde se les pide que modifiquen el indicador que ya han hecho.

En estas actividades se propusieron las siguientes situaciones:

- Acerca la barra frotada al indicador ¿Qué sucedió cuando acercaste la barra frotada al indicador?
- Aleja la barra del indicador ¿qué sucedió con las láminas del indicador?
- Toca la esfera del indicador con la barra frotada ¿qué paso con las láminas del indicador?
- De acuerdo a lo observado ¿Cómo explicas lo ocurrido cuando el indicador interactúa con los materiales frotados?

Cuando el sujeto ha organizado cierta información del fenómeno, logra construir un conjunto de propiedades y cualidades que le permiten explicar características propias de éste, de esta manera, es él sujeto quien ha constituido toda una base fenomenológica que le posibilita comprenderlo, sin embargo se hace pertinente continuar en la exploración e identificación de características que transformen e interioricen paso a paso las nociones adquiridas, es decir, abrirse a nuevos caminos que lo lleven a la explicación del fenómeno. En nuestro caso, cuando nos referimos a los fenómenos eléctricos, particularmente los electrostáticos, se hace necesario recurrir a procesos que permitan avanzar en la organización de cualidades que posibiliten su comprensión, es por ello, que se hace necesario magnificar los efectos que este muestra a través del uso, modificación y construcción de instrumentos que nos permitan observar esas cualidades que a simple vista no podemos ver.

- Tipos de electrificación.

Cuando los estudiantes modifican su indicador exponen que para el desarrollo de la experiencia, se deben tener ciertas condiciones, por ejemplo, 1) debe estar eléctricamente neutro y en reposo (estático), 2) las láminas del indicador deben ser ligeras y de igual proporción y por último 3) la esfera de icopor debe estar cubierta totalmente de aluminio. Lo mencionado permite, identificar que el estudiante ha logrado establecer una conexión entre el indicador y el objeto, evidenciando que para hacer una observación detallada deben existir particularidades en el diseño experimental de la situación propuesta, generando parámetros frente al diseño del indicador y de lo que desea que este muestre del fenómeno.

Al realizar la actividad 2, (acercar objetos previamente frotados a la esfera del indicador) los estudiantes argumentan que el nuevo indicador les permite explicar 1) si el cuerpo se encuentra electrificado 2) que el objeto que ha sido frotado transfiere la electrificación que este posee al instrumento y que esto se evidencia por el movimiento de las láminas que lo constituyen, afirmando que el 3) tipo de electricidad que contiene el objeto acercado es el mismo que tiene el indicador, refiriéndose a que se ha creado un solo sistema y como consecuencia de ello, un efecto visible es el movimiento de las láminas al que denominan repulsión.

- Formas de electrificar un cuerpo. (Inducción y conducción)

Este elemento se establece de las respuestas a las preguntas que orientaron cada situación, por ejemplo, cuando responden a *¿Qué sucedió cuando acercaste la barra frotada al indicador?* La mayoría de los grupos mencionan que lo observado fue la abertura de las láminas del indicador (repulsión) y que esto ocurrió debido a una transferencia de electricidad del objeto a la esfera que fue llevada hasta las láminas, aclarando que no hubo ningún de contacto entre la esfera y el objeto, respecto a la situación: *Cuándo alejaste la barra del indicador ¿qué sucedió con sus láminas?* Manifiestan que las láminas volvieron a su estado inicial, es decir, en reposo, explicando que esto se debe a que el objeto acercado era el que contenía la electricidad y como fue alejado no permitió su transferencia a la esfera y

posteriormente a las láminas, por lo tanto al alejar el objeto este continuo electrificado. Continuando con la secuencia: *Cuando tocaste la esfera con la barra frotada ¿qué pasó con las láminas del indicador?* Los estudiantes exponen que las láminas quedaron suspendidas por un determinado tiempo, justificando este hecho a través del contacto que se hizo entre el objeto y el indicador, reiterando que las láminas quedaron suspendidas porque la esfera absorbió la electricidad del objeto frotado, por otro lado describen que luego de haber retirado el objeto lo acercaron a un indicador que no había sido alterado eléctricamente y que este no presentó ningún movimiento en las láminas, lo que les permitió explicar que la electricidad del objeto había sido transmitida al indicador y que por esto el segundo no mostraba que el objeto estuviera electrificado.

Estos aspectos sugieren pensar que el estudiante ha reconocido dos formas de electrificar un cuerpo, por inducción o conducción, procesos diferentes que han realizado cuando frotan un cuerpo con un material para desequilibrarlo eléctricamente, así mismo reconocen que no necesariamente la electrificación de un cuerpo puede se da por la acción de frotar, sino que sólo con el hecho de acercar un cuerpo electrificado a otro inicialmente neutro altera el estado inicial de este último, aseverando que esto es visible cuando los objetos se encuentran próximos (ceranos) y especificando que esto se debe a la distancia en la que se encuentran. Por otro lado cuando manifiestan que la electricidad contenida en el objeto fue transferida a la esfera, exponen que esta propiedad puede ser conducida de un cuerpo a otro cuando existe contacto, recalando que esto también se debe a las propiedades de los materiales utilizados.

Es de resaltar que los estudiantes en sus registros expresan la importancia del espacio en el que se encuentra ubicado el sistema (indicador - objeto) ya que esbozan que al realizar la situación tres, las láminas quedan suspendidas por corto intervalo de tiempo y que esto es debido a que agentes externos como el aire y otros objetos cercanos que alteran el sistema, provocando que las láminas vuelvan a su estado inicial, otro factor relevante es cuando le otorgan nombres a la actividad, por ejemplo, el sistema (indicador – objeto) es abierto y que en consecuencia de ello se genera un campo al que denominan eléctrico y que esto es lo que permite que un cuerpo electrificado cuando es acercado al indicador este sufra una alteración de orden eléctrico.

Al momento de realizar la *actividad 3*, e interpretando las respuestas de las preguntas que la orientaron, se distinguen similitudes en los elementos que se establecieron en el momento uno y la actividad dos de la propuesta: separación de las laminillas debido a que el electroscopio posee el mismo tipo de electrificación que el objeto acercado (repulsión) y formas de electrificar un sistema (inducción y conducción).

Sin embargo surge un factor que predomina en sus respuestas y que se diferencia claramente en cada actividad, los sistemas abiertos y cerrados, este criterio sale a la luz cuando se hace el contraste de la actividad 2 y 3, donde los estudiantes argumentan que debido a que el instrumento utilizado en cada actividad no fue el mismo, se observan características diferentes, ejemplo de ello, es cuando el objeto electrificado hace contacto con el indicador y el electroscopio. Esto es explicado a partir de la interacción entre el instrumento empleado y el objeto, denominando:

- *Sistema abierto.* Los estudiantes argumentan que al realizar la actividad con el indicador las láminas quedan suspendidas un corto intervalo de tiempo y que la razón de ello, se debe a que el sistema no solo está constituido por el instrumento y el objeto sino también por el aire y elementos que se encuentren cercanos a estos, lo que los lleva a pensar que la interacción se da con todo el entorno, lo que provoca que todo el espacio quede electrificado.
- *Sistema cerrado.* El nombre proviene de la caracterización de un conjunto específico de elementos, electroscopio y objeto, los estudiantes afirman que el electroscopio al ser un instrumento hecho con un recipiente de vidrio permite que la electrificación que le transmite el objeto se conserve y no posibilite la interacción con agentes externos, ya que al realizar la experiencia manifiestan que el objeto al tocar la esfera del electroscopio, sus laminillas quedaron suspendidas constantemente y que esto ocurría porque estas estaban contenidas dentro del recipiente, lo que generaba que dicha electricidad no fuera transmitida al entorno en el que se encontraba.

Las anteriores interpretaciones permiten continuar en la organización del fenómeno, por lo que en la *actividad 4*, se le solicita al estudiante que modifique su electroscopio y que utilice

un recipiente metálico en su estructura y que emplee una esfera (metálica) previamente electrificada. Es de aclarar, que para la realización de esta experiencia sólo se rediseñó un electroscopio y que el trabajo experimental se desarrolló de forma colectiva, la siguiente imagen muestra el electroscopio construido para la finalidad de la experiencia.



Ilustración 19. Modificando mi electroscopio.

La experiencia que se propone está basada en la secuencia experimental desarrollada por James Maxwell (1954) presentada en el tratado de electricidad y magnetismo (1954), así mismo se recalca que el análisis e interpretación de los resultados obtenidos se orienta a las explicaciones expuestas por el autor en su interés por explicar características de los fenómenos eléctricos.

En consecuencia, se hizo necesario orientar la actividad paso a paso, así como las explicaciones que emergen de cuestionamientos por parte de los estudiantes, por otro lado, se aclara que la experiencia no fue del todo exitosa debido a las condiciones climáticas que en ese momento estuvieron presentes y que para lograr observar el fenómeno se hizo necesario magnificar la electrificación de los objetos empleados, ya que al utilizar la frotación como forma de electrificar un cuerpo no se logró observar ningún efecto en el electroscopio modificado, por tal razón se recurrió al uso de la varita mágica como instrumento para

electrificar los cuerpos. A continuación se presenta el montaje experimental realizado y las situaciones que se plantearon alrededor de la actividad.

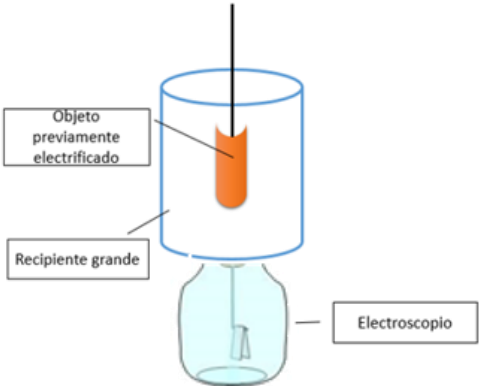
	<ul style="list-style-type: none"> • Suspende de un hilo una esfera metálica previamente electrificada e introdúcela dentro del electroscopio modificado. Mueve la esfera dentro del recipiente pero sin tocar sus paredes. • Toma el objeto previamente electrificado y ubícalo en la parte externa del electroscopio, luego ubica un indicador en la parte opuesta a la que se encuentra el objeto electrificado. • Toma un objeto previamente electrificado introdúcelo en el recipiente. Luego toca la pared del recipiente con el objeto. • Introduce la esfera electrificada y toca la superficie del recipiente, repite este proceso dos o tres veces más.
---	---

Tabla 15. Modificación del electroscopio.

Las dinámicas que se generaron en el desarrollo de esta actividad, permite consolidar elementos respecto al uso de recipientes metálicos y el instrumento, constituyendo una manera de formalizar sus explicaciones, ya que permiten avanzar en la caracterización de la cantidad de electricidad a partir de toda una organización fenomenológica que da cuenta de un conjunto de cualidades que posibilitan su comprensión. Los elementos establecidos son:

- Sistema (recipiente metálico - electroscopio).

Los estudiantes argumentan que la modificación de electroscopio permite delimitar el fenómeno de otros, en esta medida el uso del recipiente posibilita referirse solo a la cantidad de electricidad que puede contener un objeto, dejando de lado otros agentes que puedan intervenir en la observación que se está realizando, esto se asemeja a las conclusiones llegadas al momento de emplear diferentes instrumentos y la caracterización que dieron acerca de los sistemas cerrados, en este sentido, identifican como la electricidad que contiene la esfera al ser introducida en el recipiente se transfiere al exterior del recipiente, lo que permite que la lámina del electroscopio se eleve, así mismo cuando mueven la esfera dentro del recipiente exponen que la lámina del indicador no sufre ninguna alteración, es decir, no se mueve, solo queda suspendida como cuando la introdujeron inicialmente, en consecuencia,

la posición de la esfera no tiene incidencia en la cantidad de electrificación que muestra la deflexión de la lámina, también reconocen que la electrificación de la esfera es la misma que tiene el exterior del recipiente, denotando de forma deliberada que esta electricidad es positiva, esto se debe a la clasificación y ordenación de los materiales utilizados en actividades anteriores y de la convención que generalmente se ha tenido, cargas positivas y cargas negativas.

- Caracterizando el recipiente metálico

En los experimentos realizados por Maxwell (1954), específicamente el V, se hace relevante el uso de recipientes metálicos cuando se caracteriza la carga eléctrica como una magnitud escalar que puede ser medida, esto suscita a partir del comportamiento que estos exhiben cuando se utilizan cuerpos electrificados que son introducidos y acercados alrededor del recipiente, los efectos mostrados permitieron reconocer que los recipientes dividen el espacio en dos regiones y que tienen cualidades eléctricas independientes, en este sentido, existe una región interna y una externa que posibilita identificar los estados de electrificación del sistema en diferentes zonas del recipiente y por ende avanzar en la comprensión del objeto de estudio.

En concordancia con lo anterior, los estudiantes explican que cuando colocan un indicador en la parte opuesta del recipiente este no muestra signos de electrificación en esa superficie, mientras que cuando lo acercan a la superficie donde se encuentra la esfera, la aguja del indicador comienza a moverse continuamente, esto les permite afirmar que cuando colocan una esfera electrificada cercana a una parte de la superficie del recipiente esta queda electrificada mientras que la superficie posterior no sufre ninguna alteración.

- La cantidad de electrificación como una magnitud que puede ser medible.

En la tabla 16, se presentan los escritos de los estudiantes, donde, a partir de su interpretación y posterior análisis surge el elemento citado anteriormente.

G1	<i>Inicialmente a través de las actividades realizadas pudimos observar que la experiencia cuatro al utilizar el indicador fabricado por nosotros mismos, este nos permitió aprender a revisar un instrumento que mide la electricidad que contienen ciertos objetos cargados, también en la experiencia 5 realizamos un indicador pero modificado, con el cual era más fácil ver que carga eléctrica contenían los objetos ya que las laminillas de este se debían abrir si contenía una carga y si no pues permanecía neutra, finalmente elaboramos el electroscopio que permitía medir con mayor exactitud la carga de electricidad de un objeto ya que al poner un transportador debajo de este podíamos evidenciar que tanto se abrían las laminillas y por ende identificar en que objetos se presentaba una mayor, menor o neutra carga eléctrica, por lo que considerábamos que un instrumento muy útil y fácil de realizar si queremos conocer más acerca de las cargas de electricidad que tienen los objetos.</i>
G2	<i>La importancia de estos instrumentos es mucha, ya que estos son capaces de explicarnos y de ayudarnos a comprender de alguna forma los fenómenos eléctricos dependiendo de su naturaleza además de esto podemos decir que gracias a estos pudimos aclarar muchas dudas que tuvimos en el principio del proyecto sobre los fenómenos que se producían a causa de la electricidad y de esta misma forma nos ayudaron a relacionar conceptos los cuales nos ayudaron a llegar a una definición concreta de lo que era electricidad, por último estos instrumentos nos ayudaron a comprender que las cargas eléctricas se pueden medir dependiendo de lo que estos nos muestren.</i>
G3	<i>En cada una de las experiencias realizadas se pudo evidenciar la importancia del instrumento de medida puesto que para verificar si cada cuerpo tiene o no tiene una electricidad almacenada es necesario tener un medidor de energía, al no emplearse este tipo de recurso en un sistema solo se puede evidenciar si un cuerpo está cargado pero no se puede medir la cantidad de electricidad para los estudios a realizar para finalizar cabe resaltar que medir la cantidad de electricidad de un cuerpo es fundamental para un indicador ya que es base fundamental para este y para los estudios.</i>
G7	<i>Principalmente, se puede decir que los instrumentos realizados fueron el indicador, el indicador modificado y el electroscopio, los cuales se hicieron con la objetividad o finalidad de captar si un objeto está o no electrificado, además indicar o cuantificar la cantidad de electricidad que está contenida en el objeto, la importancia de realizar estos instrumentos es intentar darle respuesta a fenómenos eléctricos, también es importante porque nos ayudó a entender y comprender como al hacer fricción este se desestabiliza y queda electrificado, además identificar los efectos como la atracción y la repulsión cuando se realiza una interacción entre objetos, sin dejar a un lado dependiendo de la construcción de estos instrumentos el resultado se alterará o no puesto que si el instrumento no está bien elaborado el resultado no será efectivo, para tener un margen de error mínimo el instrumento debe estar calibrado y elaborado de una manera elaborada. Por otro lado se debe tener en cuenta que también influye la naturaleza y propiedades que están presentes en el objeto, finalmente se hace énfasis en que la energía y la electricidad no se crean ni se destruyen solo se transforman.</i>

Tabla 16. Registros actividad 9.

La actividad propuesta sólo permite aproximar al estudiante a que la electricidad que contiene un cuerpo puede ser medida y que esto sólo es posible por medio de la caracterización de experiencias que permiten profundizar en el fenómeno y lograr constituir un conjunto de cualidades que permiten comprenderlo, así mismo consolida que el uso del instrumento es el que posibilita construir una magnitud con la cual se pueda hablar y referirse al fenómeno. Por lo descrito, se muestra la interpretación de los resultados obtenidos de forma global.

Cuando la esfera toca la superficie interna del recipiente y luego se extrae, los estudiantes mencionan que la lámina de indicador quedó suspendida constantemente, afirmando, que cuando colocaron la esfera después de ser extraída del recipiente y la acercaron a un segundo electroscopio, este no mostró signos de electrificación, lo que los conlleva a decir, que la electricidad de la esfera fue transferida al electroscopio modificado y que por ello la lámina quedó suspendida y en consecuencia el segundo electroscopio no presentó ninguna alteración cuando la esfera fue acercada.

Seguido a esto, mencionan que al momento de introducir repetidamente la esfera electrificada dentro del recipiente y hacer contacto, la lámina del electroscopio tuvo un aumento progresivo, por lo que afirman que si se introduce una esfera electrificada varias veces y esta toca el recipiente, este tendrá varias veces la cantidad de electricidad que contenía la esfera, también expresan que si la abertura de la lámina depende directamente de la electrificación transferida al recipiente, se le podrá asignar un valor numérico a cada grado de elevación, donde, explican que esto se podrá hacer teniendo en cuenta la escala que presenta el transportador al interior del electroscopio, (ver ilustración 20), y de esta manera especificar cuanta electricidad fue transmitida en cada una de las veces que se repita el proceso.

Lo descrito, cobra importancia en cuanto a los estudiantes reconocen que el uso del instrumento es el que posibilita explicar cualidades que permiten hablar o referirse a un fenómeno y que aunque el desarrollo de la actividad fue complejo, logró que el sujeto identificará elementos que consolidan la caracterización del fenómeno, ejemplo de ello, es cuando el G2 responde: *La importancia de estos instrumentos es mucha, ya que estos son capaces de explicarnos y de ayudarnos a comprender de alguna forma los fenómenos eléctricos dependiendo de su naturaleza además de esto podemos decir que gracias a estos pudimos aclarar muchas dudas que tuvimos en el principio del proyecto sobre los fenómenos que se producían a causa de la electricidad y de esta misma forma nos ayudaron a relacionar conceptos los cuales nos ayudaron a llegar a una definición concreta de lo que era electricidad, por último estos instrumentos nos ayudaron a comprender que las cargas eléctricas se pueden medir dependiendo de lo que estos nos muestren.*

Lo anterior, pone de manifiesto la transformación en las explicaciones que los estudiantes dan al momento de referirse a la cantidad de electrificación como una magnitud que puede ser medible, así mismo reiteran que esto se puede realizar gracias al uso de instrumentos y la construcción de escalas de medida, resaltando que el uso de recipiente metálico y el electroscopio como un solo instrumento, es el que posibilita referirse únicamente a la magnitud denominada carga eléctrica, ya que es a partir de la organización de experiencias, la observación detallada, la identificación y ordenación de efectos y la concreción de supuestos, que se construye una base fenomenológica que permite comprender el fenómeno estudiado.

El trabajo experimental que se desarrolló alrededor de la propuesta de aula, ha consolidado elementos para aproximarse a la comprensión del objeto de estudio, logro obtenido gracias a la colaboración de estudiantes y docentes que apoyaron el proceso investigativo.

3.4 Consideraciones finales

Finalmente, se rescatan aspectos que estuvieron presentes durante el análisis e interpretación de los registros que se obtuvieron de la implementación de la propuesta.

La organización de experiencias asociadas a fenómenos como los electrostáticos, logró que los sujetos (docente - estudiantes) ampliaran, resignificaran y transformaran conocimientos que tenían frente a la idea que normalmente se tiene de carga eléctrica, ya que a través de una secuencia de experimentos se consolidaron elementos durante y después de la implementación de la propuesta de aula que nos permitieron caracterizar el fenómeno. De esta manera, se identificaron cualidades que fueron ordenadas y estudiadas a partir de una observación y descripción detallada de lo que cada evento nos mostraba. Lo anterior, pone de manifiesto la transformación de la visión que generalmente se tiene de la actividad experimental y del uso del experimento como las herramientas que corroboran teorías.

Por otro lado, el estudio de fuentes primarias proporcionó criterios que inicialmente no se tenían al momento de abordar y analizar situaciones relacionadas con los fenómenos

electrostáticos, y donde a partir de ello, de la actividad experimental y el experimento se logró construir una base fenomenológica en la que se pudiera construir el fenómeno y comprenderlo.

CONCLUSIONES

Se presentan las reflexiones finales de la investigación, teniendo en cuenta los ejes en los que se enmarcó el trabajo: caracterización de la carga eléctrica en el estudio de los fenómenos electrostáticos, construcción de fenomenologías, actividad experimental y el análisis de fuentes primarias con fines disciplinares y pedagógicos. Además de ello, se menciona la importancia que tiene el maestro de Ciencias Naturales particularmente de Física en la enseñanza, donde se hace necesario que sea pensada como una oportunidad para generar espacios en los que se posibilite la construcción de conocimiento en un entorno que favorezca la reflexión permanente y de esta manera ampliar la experiencia que se tiene respecto al fenómeno de estudio.

Sobre los fenómenos electrostáticos en el aula de clase.

Hablar de la carga eléctrica o cantidad de electrificación alude a un fenómeno muy complejo que requiere un proceso de organización y análisis. ¿Cómo se pueden diferenciar los fenómenos electrostáticos de otros? Esta pregunta puede suscitar diferentes tipos de respuestas, ejemplo de ello, es cómo caracterizar las cualidades de los cuerpos cuando se encuentran electrificados o cómo realizar una organización de las observaciones que se realizan en torno al objeto de estudio, respuestas que por lo general están permeadas de las experiencias vividas por los sujetos.

Abordar los fenómenos electrostáticos e ir complejizando experiencias que parten de la observación y medición de diferentes cualidades le permiten al sujeto (docente - estudiante) ampliar su experiencia sensible y de esta manera caracterizar la carga eléctrica; donde las cualidades que los cuerpos exhiben se organizan a través de la descripción, ordenación y análisis de las observaciones hechas en las diferentes experiencias. Esta forma de estudiar los fenómenos electrostáticos al interior del aula, abre un panorama donde el sujeto hace parte de las dinámicas de la clase y se integra como el actor que aporta en la construcción y enriquecimiento de diálogos que surgen en las reflexiones que se dan cuando se elaboran explicaciones alrededor del objeto de estudio y no del actor pasivo que se relega a reproducir teorías o principios que dan cuenta del fenómeno.

Sobre la actividad experimental

Reconocer a los sujetos (estudiantes) como actores en la construcción de conocimiento apunta a que la ciencia sea pensada como una actividad colectiva en la que todos los participantes están inmersos en la construcción del fenómeno, de esta manera se amplían las experiencias y las formas de referirse a las causas por las cuales un evento puede hablar o mostrar elementos propios del objeto de estudio. Por otro lado, cuando hablamos de la actividad experimental en el aula, va más allá de una mera práctica de laboratorio, es una actividad que amerita la creación de fenómenos y su respectiva caracterización, donde a partir del uso de instrumentos y la medición de cualidades posibilita que los sujetos consoliden, resignifiquen o transformen los conocimientos que ya poseen del fenómeno desde su experiencia, lo mencionado anteriormente, fortalece la idea que el experimento es el factor que lleva a pensar, crear, producir, refinar y organizar el fenómeno y que es de esta manera que se comprende.

Por otro lado, la actividad experimental promueve la creación de escenarios que constituyen todo el objeto de estudio, donde “se establece una relación íntima y dinámica entre la construcción de fenomenologías, en este caso el diseño y realización de experimentos, constituyen la ampliación de la experiencia y dinamiza la teorización de esa experiencia (Ayala et al., 2013). Es la actividad experimental el factor primordial en la construcción de una base fenomenológica alrededor de los fenómenos eléctricos, específicamente los electrostáticos y particularmente en la caracterización de la carga eléctrica como una magnitud medible. Entonces, la construcción de una base fenomenológica, implica tener en cuenta los aspectos mencionados anteriormente, ya que de ello depende que se establezcan y estructuren relaciones entre lo que se conoce y se quiere conocer del fenómeno, ello implica que se deban hacer organizaciones de las cualidades que el fenómeno muestre, es claro que esto depende íntimamente de los intereses que se tengan al abordar fenómeno, por ejemplo, en el caso de la carga eléctrica, no se tenía un conjunto de experiencias que permitieran referirse a ella como una magnitud, sino que se hizo necesario la creación de escenarios que posibilitarán a través de la ampliación de la experiencia y de la observación detallada

identificar, ordenar, clasificar y construir instrumentos y escalas que nos permitieran referirnos al fenómeno.

Sobre el análisis de fuentes primarias con fines disciplinares y pedagógicos.

El estudio y análisis de fuentes primarias aporta en la comprensión del fenómeno, permitiendo reconocer al investigador como un sujeto cognoscente, siendo él el que le da sentido a lo descrito en el texto, logrando así una continua reflexión que es guiada a partir de preguntas e inquietudes sobre el fenómeno que se aborda.

El análisis de fuentes primarias permite construir una nueva imagen del fenómeno a estudiar, en la que se consolidan criterios para establecer cuáles son las bases en las que se va a cimentar la actividad en el aula y así estar en la capacidad de dar respuestas a cuestionamientos que realizan los estudiantes sobre el origen y fundamentos en los cuales está constituido el fenómeno, así mismo realizar este tipo de estudios implica que el maestro dé mayor peso a las ideas de los estudiantes y lograr visualizar fortalezas o dificultades que se pueden llegar a tener en la organización del objeto de estudio, para así desdibujar respuestas de uso inmediato y fortalecer la transformación de un lenguaje que dé cuenta que se ha comprendido el fenómeno.

Por último, las explicaciones que se dan en torno al fenómeno de estudio, desde el análisis de fuentes primarias, posibilita establecer relaciones entre las variables que aportan en la organización de las diferentes experiencias planteadas, llevando a la transformación de elementos que constituyen las diferentes explicaciones construidas. Considerar este tipo de análisis en la construcción de una base fenomenológica, repercute significativamente en la planificación de estrategias y actividades en la enseñanza, donde se brindan reflexiones y se relaciona el conocimiento científico con el cotidiano.

Es de resaltar la importancia de los procesos que hizo Maxwell para diferenciar el fenómeno de otros, donde a través del uso del experimento y una secuencia organizada de actividades logra identificar el comportamiento eléctrico de la materia, establecer el carácter eléctrico como dual, es decir, electrificación resinosa y vítrea, las formas de electrificar un cuerpo (inducción y conducción), la clasificación de los materiales como conductores o aislantes y el uso de conductores metálicos como el foco fundamental para caracterizar y cuantificar la

carga eléctrica. Lo anterior, permitió orientar la implementación de la propuesta de aula, donde gracias al estudio y análisis de los experimentos hechos por Maxwell, se logró que el estudiante se convirtiera en el agente activo en la construcción de explicaciones alrededor del objeto de estudio, donde acompañado y orientado por el docente articuló las experiencias presentadas para así resignificar, transformar y construir explicaciones que le permitieran avanzar en sus procesos de aprendizaje.

REFERENCIAS

- Alfonso, K. y Cárdenas, D. (2015). La convertibilidad como una categoría epistemológica para el estudio de los fenómenos físicos. Trabajo de grado para optar al título de magister en Docencia de las Ciencias Naturales. Universidad Pedagógica Nacional.
- Ayala, M. M. (2006). Los análisis históricos críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-PosiÁtes*, 19 - 37.
- Ayala, M. M., Malagón, F., & Sandoval, S. (2013). La actividad experimental: Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Praxis Filosófica*, 120 - 138.
- Blanco, J. (2013). Modelación del concepto de campo electromagnético: caracterización del razonamiento seguido por MAXWELL. Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en Física. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá. Colombia.
- Criado, A. y Cañal, P. (2006). Investigación de algunos indicadores del estatus cognitivo de las concepciones sobre el estado eléctrico. Departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Sevilla.
- Criado, A. y Cañal, P. (2000b). La identificación de fenómenos electrostáticos cotidianos por estudiantes de magisterio. *Alambique*, 32, pp. 32-38.
- Díaz, M. y Martínez, A. (2015). La construcción del concepto de fem y otros asociados en el contexto de la electricidad, transformando modos de hablar y maneras de experimentar. Análisis del diseño e implementación de una secuencia de enseñanza, en la educación media. Tesis de Grado para aspirar al Título de Magister en Docencia de las Ciencias Naturales. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá. Colombia.
- Ferreirós, J. &. (2002). Hacia Una Filosofía De La Experimentación. *Crítica, Revista Hispanoamericana de Filosofía*, Vol. 34, No. 102.
- Fonseca, J. (2016). Análisis histórico crítico y la actividad experimental: construyendo el fenómeno de flotación. Tesis de grado para optar al título de del magister en docencia de las Ciencias Naturales, Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.
- Furió, C. y Guisasola, J. (1993). ¿Puede ayudar la historia de la ciencia a entender por qué los estudiantes no comprenden los conceptos de carga y potencial eléctrico? *Revista Española de Física*, 7(3), pp. 46-50.
- Furió, C. y Guisasola, J. (1994). Dificultades en el aprendizaje significativo de algunos conceptos de electrostática. *Investigación en la Escuela*, 23, pp. 103-114.
- Furió, C. y Guisasola, J. (1997). Deficiencias epistemológicas en la enseñanza habitual de los conceptos de campo y potencial eléctrico. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), pp. 259-271.
- Furió, C. y Guisasola, J. (1998a). Dificultades de aprendizaje de los conceptos de carga y campo eléctrico en estudiantes de bachillerato y de universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), pp. 131-146.

- Furió, C. y Guisasola, J. (1998c). Construcción del concepto de potencial eléctrico mediante el aprendizaje por investigación. *Revista de Enseñanza de la Física*. (En prensa.)
- García, E. (2009). Retórica de los textos universitarios de física en la presentación de la electrostática. Proyecto de grado como requisito Para optar al título de Master en investigación en didáctica de las ciencias experimentales. Barcelona, Catalunya. España.
- García, E. (2011). *Las prácticas experimentales en los textos y su influencia en el aprendizaje*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, Barcelona.
- García, E. (2014). Análisis histórico-crítico del fenómeno eléctrico. Hacia una visión de campo. *Física y Cultura: Cuadernos sobre Historia y enseñanza de las ciencias*, No. 8, 73-92.
- Guerra, Mario (1985). *Física, elementos y fundamentos*. Tomo II. Barcelona: Reverté.
- Guisasola, J. (1996). Análisis crítico de la enseñanza de la electrostática en el bachillerato y propuesta alternativa de orientación constructivista. Tesis doctoral. Departamento de Física Aplicada I de la Universidad del País Vasco- Euskal Herriko Unibertsitatea.
- Koponen, I. (2006). Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction. *Science & Education*, 31-54.
- Leiva, E. y Vera E. (2006). Contribución experimental para la enseñanza de la electrostática. *Revista colombiana de física*, vol. 38, No. 1, 2006. *Universidad Distrital Francisco José De Caldas*.
- Malagón Sánchez, J. F. (2011). *El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes*. Bogotá: Universidad pedagógica nacional.
- Malagón, F. (2012). Teoría y experimento, una relación dinámica: Implicaciones en la enseñanza de la física. *Física y Cultura*, 95 - 103.
- Malagón, J., Ayala, M., Osorio, S. (2013). Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: Un sentido para la enseñanza de las ciencias. (1ª Ed.). Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional, CIUP.
- Maxwell, James Clerk. (1873) *Treatise of Electricity and Magnetism*. Oxford University, vol. I, Dover Publications Inc., New York, 1954. Traducción de Orozco, J.C. y Gramajo, M.C.
- Maxwell, James Clerk. *A treatise on electricity and magnetism" vol. I, Dover Publications Inc., New York, 1954. 1 Ver. Sir W. Thompson. "On mathematical theory of electricity in equilibrium. Cambridge and Dublin Mathematical Journal, Marzo 1848.*
- Medina, J y Tarazona M. (2011). 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. Trabajo de Investigación como requisito parcial para optar al título de Magister en Educación, línea de Educación en Ciencias Experimentales. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia.

- Mora, M. (2011). Propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de conceptos físicos básicos de electrostática abordados con estudiantes de educación básica secundaria. Trabajo final presentado como requisito para optar al título de: magister en enseñanza de las ciencias exactas y naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.
- Paque, D y Ulloa A. (2014). Caracterización de los fenómenos electrostáticos desde una perspectiva de campos. Monografía de grado presentada para optar el título de licenciado/a en física. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá. Colombia.
- Romero, A y Rodríguez, L. (2005). El concepto de magnitud como fundamento del proceso de medición. La cuantificación de los estados de movimiento y sus Cambios. En: *Revista Educación y Pedagogía*, N°43. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Sandoval, S. (2008). La comprensión y construcción fenomenológica: una perspectiva desde la formación de maestros de ciencias. Tesis de grado para optar al título de Maestra en Educación, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Solbes, J. y Martín, J. (1991). Análisis de la introducción del concepto de *campo*. *Revista Española de Física*, 5(3), pp. 34-39.
- Vargas, V. (2016). El experimento como generador de conocimiento en el estudio de un sistema físico complejo. El caso del circuito eléctrico de corriente continua (ces-cc). Tesis de grado para optar al título de magister en docencia de las Ciencias Naturales, Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.
- Ulloa, E y Paque D. (2014). Caracterización de los fenómenos electrostáticos desde una perspectiva de campos. Universidad Pedagógica Nacional. Monografía de grado presentada para optar el título de licenciado/a en física. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá. Colombia.

ANEXOS

Anexo 1.

Guía de experiencias

GUÍA DE EXPERIENCIAS

CAMPOS MACÍAS ANDREA
MÉNDEZ SÁNCHEZ EDUAR

ASESORES:

SANDRA SANDOVAL

FRANCISCO MALAGÓN



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales

Bogotá
2016

ACTIVIDAD UNO

Objetivo: reconocer comportamientos de los objetos cuando se frota y interactúan a través de experiencias sencillas.

Duración: 50 minutos.

La intención para esta primera parte es aproximar a los estudiantes a los fenómenos electrostáticos esto a partir de experiencias que permiten observar ciertos comportamientos de los cuerpos cuando han sido frotados y puestos en interacción.

MATERIALES

- ◆ Bomba.
- ◆ Recipiente metálico.
- ◆ Varita mágica (fun fly stick).
- ◆ Bitácora.
- ◆ Cabello.
- ◆ Trapo o bayetilla.

1. Infla la bomba, luego frótela con su cabello o con la bayetilla (electrificación por fricción), acerque la bomba frotada al recipiente. Describa lo observado en la bitácora.
2. Acerque la varita mágica Fun Fly Stick al recipiente metálico. describa lo observado en la bitácora.
3. En grupos de trabajo discuta las observaciones realizadas y lo descrito en la bitácora frente a las experiencias propuestas.
4. Socialización.

Preguntas que orientan la actividad.

1. ¿Cómo interpretas las observaciones realizadas?
2. ¿Qué ocurre cuando acercas la bomba frotada con tu cabello al recipiente?
3. ¿Qué ocurre cuando utilizas la varita mágica al acercarla al recipiente?
4. ¿Cómo puedes explicar lo ocurrido en las situaciones observadas? ¿tienen alguna relación las experiencias?

ACTIVIDAD DOS

Objetivo: describir y caracterizar comportamientos que exhiben los objetos cuando son puestos en interacción.

Duración: 120 minutos.

La intención para esta sesión es analizar las ideas que subyacen de los estudiantes cuando se exponen experiencias mentales asociadas a la electrificación de cuerpos, seguido a esto se contrastan estas ideas con la realización dichas experiencias.

MATERIALES

- ◆ Vidrio
- ◆ Plástico
- ◆ Metal
- ◆ Madera
- ◆ Papel

Actividad 2.1.

Momento uno: Experiencia mental

De acuerdo a la socialización que se llevó a cabo en la actividad uno, se les solicita a los estudiantes que imaginen una experiencia donde froten varios objetos (vidrio, plástico y metal, entre otros) con materiales como lana, peluche, seda y tela de jean, luego de ello que acerquen los materiales a pequeños trozos de papel. Ellos registraran lo que piensan que sucederá en la bitácora.

1. Por grupos de trabajo los estudiantes realizan una breve discusión acerca de lo que imaginaron que sucedería en la experiencia.
2. De acuerdo a lo expuesto se le pedirá al estudiante que intente organizar los materiales que tienen comportamientos similares o diferentes cuando se han puesto a interactuar.

Preguntas que orientan la actividad

Imagina que sobre una mesa tienes barras de distintos materiales (vidrio, plástico y metal) y que las frotes con objetos como lana, peluche, y tela de jean entre otros, luego de ello acercas cada una de las barras a pequeños trozos de papel, ¿Qué crees que ocurrirá?

1. ¿Qué comportamientos exhiben los materiales cuando has sido frotados y acercados a los trozos de papel?
2. Si los materiales frotados presentan comportamientos diferentes ¿Cómo los organizaría?

ACTIVIDAD DOS

Actividad 2.2.

Momento dos: Construcción de experiencia mental

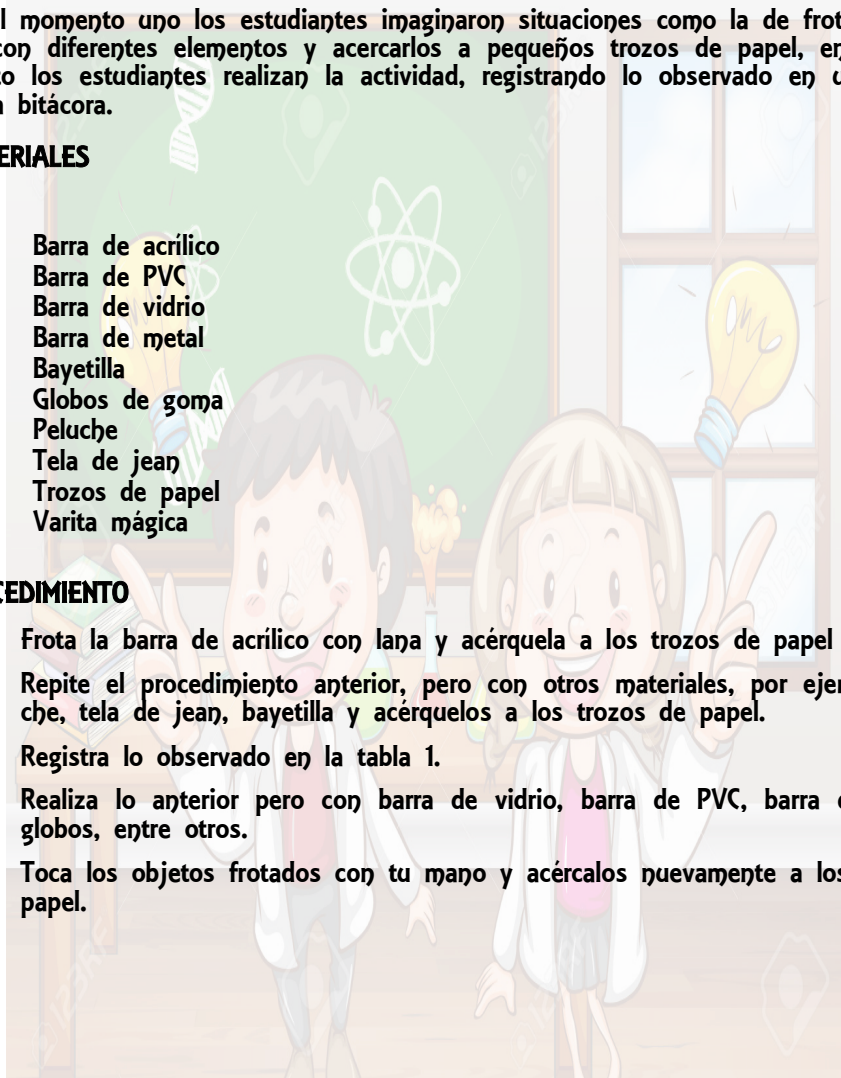
En el momento uno los estudiantes imaginaron situaciones como la de frotar materiales con diferentes elementos y acercarlos a pequeños trozos de papel, en este momento los estudiantes realizan la actividad, registrando lo observado en una tabla y en la bitácora.

MATERIALES

- ◆ Barra de acrílico
- ◆ Barra de PVC
- ◆ Barra de vidrio
- ◆ Barra de metal
- ◆ Bayetilla
- ◆ Globos de goma
- ◆ Peluche
- ◆ Tela de jean
- ◆ Trozos de papel
- ◆ Varita mágica

PROCEDIMIENTO

1. Frota la barra de acrílico con lana y acérquela a los trozos de papel
2. Repite el procedimiento anterior, pero con otros materiales, por ejemplo, peluche, tela de jean, bayetilla y acérquelos a los trozos de papel.
3. Registra lo observado en la tabla 1.
4. Realiza lo anterior pero con barra de vidrio, barra de PVC, barra de metal y globos, entre otros.
5. Toca los objetos frotados con tu mano y acércalos nuevamente a los trozos de papel.



ACTIVIDAD DOS

TROZOS DE PAPEL				
OBJETO	MATERIAL CON EL QUE FUE FROTADO EL OBJETO.	ATRACCIÓN	REPULSIÓN	OBSERVACIÓN
Barra de acrílico	Bayetilla			
	Jean (Tela)			
	Lana			
	Peluche			
Barra de vidrio	Bayetilla			
	Jean (Tela)			
	Lana			
	Peluche			
Barra de PVC	Bayetilla			
	Jean (Tela)			
	Lana			
	Peluche			
Barra de metal	Bayetilla			
	Jean (Tela)			
	Lana			
	Peluche			
Globos	Bayetilla			
	Jean (Tela)			
	Lana			
	Peluche			

Tabla 1.

6. De acuerdo a las observaciones hechas responde: ¿Cómo explicas los efectos percibidos cuando se realizaste la experiencia?

- ⇒ De acuerdo a la experiencia mental y su realización ¿Qué puedes inferir entre lo que pensaste y visualizaste?
- ⇒ ¿Cómo explicas los efectos percibidos cuando se realizaste la experiencia?
- ⇒ Si tuvieras que hacer una organización de los materiales que frotaste de acuerdo a los efectos observados cuando interactúan con los trozos de papel ¿Cómo lo harías?

ACTIVIDAD TRES

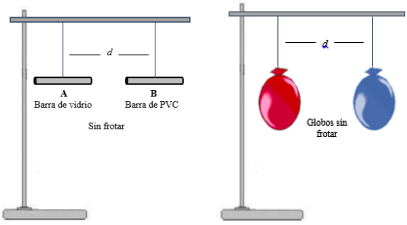
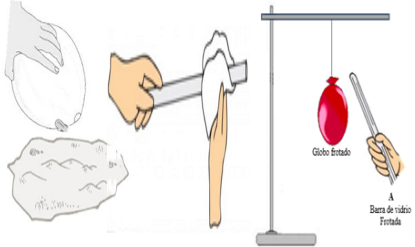
Objetivo: Identificar tipos de electrificación

Duración: 60 minutos.

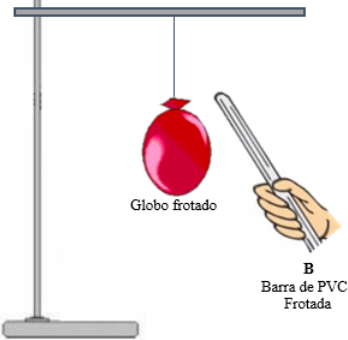
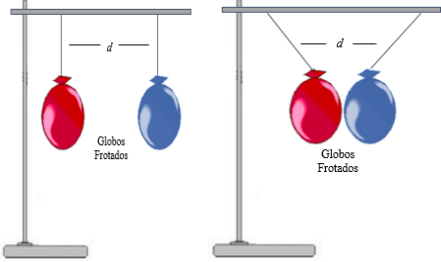
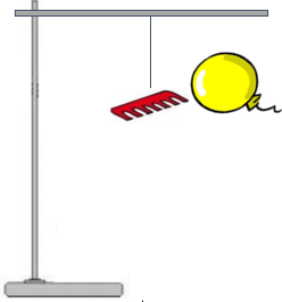
La intencionalidad para esta sesión es que los estudiantes a partir de efectos observados como atracción y repulsión entre cuerpos que han sido electrificados previamente identifiquen tipos de electrificación.

MATERIALES

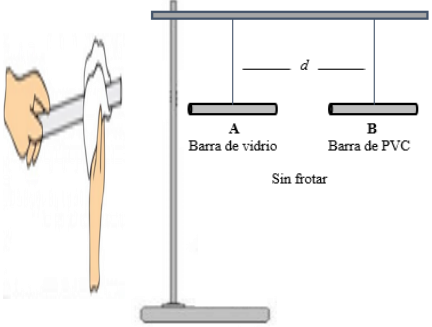
- ◆ Soporte universal
- ◆ Nylon
- ◆ Barras de diferentes materiales
- ◆ Globos

PASOS	PREGUNTAS	ESQUEMA
<p>Realiza el montaje mostrado en la figura.</p>	<p>¿Qué observas?</p> <p>Realiza el mismo montaje pero ahora con los globos y con barras del mismo material.</p> <p>Modifica la distancia de separación y escribe las observaciones realizadas.</p>	
<p>Suspende un globo previamente frotado al soporte y acerca la barra de vidrio también frotada.</p> <p>Recuerda que los objetos deben ser frotados con el mismo material, por ejemplo con una bayetilla.</p>	<p>¿Qué observas cuando la barra de vidrio es acercada al globo?</p>	

ACTIVIDAD TRES

<p>Suspende un globo previamente frotado al soporte y acerca la barra de plástico también frotada.</p>	<p>¿Qué observas cuando la barra de PVC es acercada al globo?</p>	
<p>Utiliza el montaje realizado en el ítem dos (globos) y frótalos previamente.</p>	<p>¿Qué ocurre cuando los dos globos son frotados? ¿Qué ocurre si los globos se acercan?</p>	
<p>Suspende diferentes materiales previamente frotados y acerca el globo también frotado.</p>	<p>Describe el comportamiento de cada material cuando el globo frotado es acercado.</p>	

ACTIVIDAD TRES

<p>Realiza los pasos de la parte 4 pero con barras de diferentes materiales.</p>	<p>Describe las observaciones realizadas.</p> <p>¿Qué ocurre cuando las dos barras son frotadas?</p> <p>¿Qué ocurre si las dos barras se acercan?</p>	
--	---	--

ACTIVIDAD CUATRO

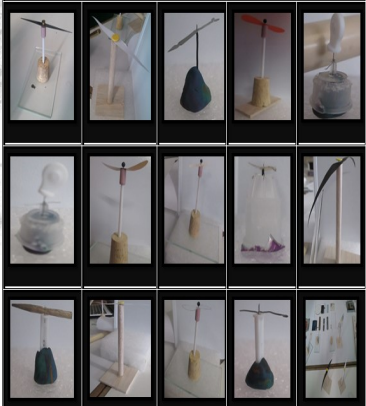
Objetivo: diseñar y construir un indicador de electrificación como instrumento determinante en la observación de comportamientos de diferentes materiales cuando han sido frotados y puestos en interacción con otros materiales.

Duración: 60 minutos.

Cuando se intentan explicar diferentes fenómenos usualmente se hace uso de los sentidos, sin embargo cuando hablamos de la interacción de dos o más cuerpos cuando hemos alterado su estado inicial resulta un tanto difícil observar y describir detalladamente estos efectos, es por esta razón que se hace imprescindible diseñar y construir instrumentos que favorezcan estas observaciones ya que de esta manera logramos ir más allá de lo que nuestros ojos perciben al momento de recrear experiencias asociadas a estos fenómenos.

A continuación te invitamos a que diseñes y construyas tu propio instrumento, sigue atentamente las indicaciones y realiza la actividad propuesta, no olvides registrar todo en tu bitácora.

1. Lee detalladamente los materiales necesarios para construir el indicador y observa ejemplos de diferentes indicadores construidos.

MATERIALES	EJEMPLOS DE INDICADORES DE ELECTRIFICACIÓN
Alfileres con cabeza	
Aluminio extraído de una lata	
Chinchas	
Corcho	
Madera	
Palo de balso	
Papel pergamino	
Plastilina	
Tornillos	

ACTIVIDAD CUATRO

2. Construye tu propio indicador, no olvides registrar en tu bitácora el diseño y el paso a paso de su construcción.
3. Utiliza los objetos empleados en la actividad dos frótalos nuevamente con los materiales y acércalos al indicador.
4. Acerca los materiales con los que frotaste los objetos al indicador. ¿Qué ocurre?
5. Describe los efectos observados y organízalos en la tabla 2.

INDICADOR	
OBJETOS Y MATERIALES	OBSERVACIÓN
Barra de acrílico	
Barra de vidrio	
Barra de PVC	
Barra de metal	
Bayetilla	
Jean (Tela)	
Lana	
Peluche	
Globos	

Tabla 2.

6. De acuerdo a las observaciones registradas en la tabla responde:
 - ⇒ ¿Cuáles son los efectos que observas sobre la aguja del indicador con cada uno de los objetos acercados?
 - ⇒ Ordena y clasifica los materiales de acuerdo con la intensidad que hicieron mover la aguja del indicador.
 - ⇒ ¿el indicador detecta algo? Si es así ¿qué consideras que detecta?
 - ⇒ Consideras que este indicador puede medir lo que detecta.
 - ⇒ Si tuvieras que modificar tu indicador qué cambios le harías.
 - ⇒ Consulta cómo se construye un electroscopio y cuál es su funcionamiento.


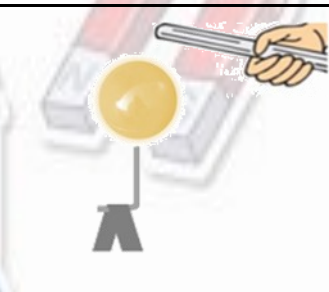
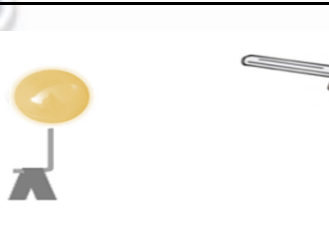
ACTIVIDAD CINCO

Objetivo: construcción de un indicador electrostático con laminillas de aluminio.

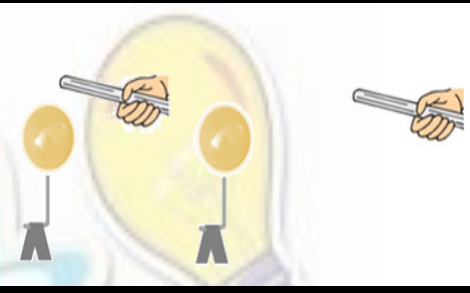

Duración: 60 minutos

MATERIALES.

- ♦ Papel aluminio
- ♦ Alambre dulce
- ♦ Objetos electrificados

PASOS	ESQUEMA
Diseña y construye un indicador como el mostrado en la figura.	
Sigue paso a paso las indicaciones que se presentan a continuación.	Acerca la barra de PVC frotada previamente a la esfera del indicador (sin que haya contacto), utiliza guantes para sujetar la barra o unas pinzas. 
	Aleja la barra de la esfera. 

ACTIVIDAD CINCO

PASOS		ESQUEMA
<p>Sigue paso a paso las indicaciones que se presentan a continuación.</p>	<p>Frota nuevamente la barra y toca la esfera del instrumento y aleja la barra del instrumento.</p>	
	<p>Toca con tu mano el indicador.</p>	
<p>Realiza los ítems anteriormente mostrados para los objetos frotados que utilizaste en la actividad 3.2.</p>		
<p>2. Acerca la varita mágica al indicador.</p>		

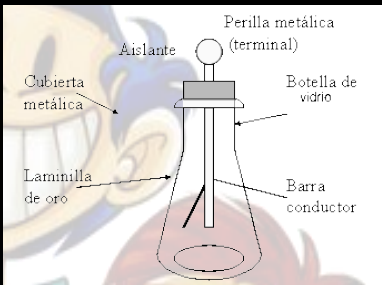
1. ¿Qué sucedió cuando acercaste la barra frotada a la indicador?
2. Cuando alejaste la barra del indicador ¿qué sucedió con las láminas del indicador?
3. Cuando tocaste la esfera con la barra frotada ¿qué pasó con las láminas del indicador?
4. ¿Qué ocurre con las láminas del indicador cuando acercas la varita mágica?
5. De acuerdo a lo observado como explicas lo ocurrido cuando el indicador interactúa con los materiales frotados.
6. Construye un escrito donde plasmes todas las ideas que te surgen de la experiencia.

ACTIVIDAD SEIS

Objetivos: Rediseñar y reconstruir el indicador hecho en la actividad cuatro, ¡El electros-copio!

Duración: 60 minutos.



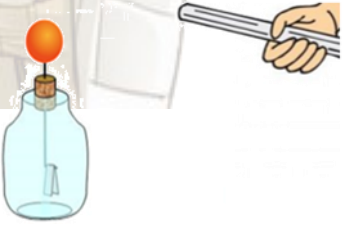
MATERIALES

Papel aluminio	 <p>Imagen extraída de http://iespoetaclaudio.centros.educa.jcyl.es/sitio/index.cgi?wid_item=1704&wid_seccion=19</p>
Esfera de icopor	
Cortafrio	
Alambre	
Frasco de vidrio con tapa	
Corcho	

Hemos observado que cuando acercamos materiales previamente frotados al indicador este mueve la aguja, si lo movemos hacia un lado esta se mueve hacia el mismo lado, también hemos notado que algunos materiales mueven la aguja con mayor intensidad que otros, estas observaciones y descripciones nos hacen pensar que el indicador permite detectar un cambio en el comportamiento de los materiales frotados y que estos comportamientos no son iguales en todos los materiales, debido a esto hemos hecho una organización de los materiales que tienen comportamientos similares y no similares, pero este indicador nos permite describir a mayor profundidad lo que sucede cuando el estado del cuerpo se altera y cómo se altera. En la construcción de un fenómeno se hace imprescindible avanzar en nuestras observaciones y en esta medida también nos exige pensar en las modificaciones que se requieren hacer en los instrumentos para profundizar en la comprensión del mismo.

En concordancia con lo anterior te invitamos a que rediseñes tu indicador de electrificación y sigas paso a paso las indicaciones que se presentan a continuación, no olvides registrar todo lo observado en tu bitácora.

ACTIVIDAD SEIS

<p>Lectura</p>	<p>El electroscopio <i>“El electroscopio es un instrumento que se utiliza para detectar la presencia de electricidad, el primer electroscopio fue inventado por William Gilbert y consistía en una aguja de metal, la cual podía girar libremente con un eje en su centro (tal como lo hace una aguja de una brújula). Los actuales electroscopios consisten en un soporte de vertical de metal conductor sobre el cual se apoya una hoja de metal conductor (en nuestro caso papel aluminio) la cual se puede pivotar sobre un eje horizontal colocado en el centro”.</i></p>	
<p>Usa los materiales mostrados y construye tu propio electroscopio.</p>		
<p>Sigue paso a paso las indicaciones que se presentan a continuación</p>	<p>Acerca la barra de PVC frotada previamente a la esfera del electroscopio (sin que haya contacto), utiliza guantes para sujetar la barra o unas pinzas.</p>	
	<p>Ahora aleja la barra de la esfera.</p>	

ACTIVIDAD SEIS

<p>Sigue paso a paso las indicaciones que se presentan a continuación.</p>	<p>Frota nuevamente la barra y toca la esfera del electroscopio y aleja la barra del instrumento.</p>	
	<p>Toca con tu mano el electroscopio.</p>	
	<p>Realiza los ítems anteriormente mostrados para los objetos frotados que acerca la varita mágica al electroscopio.</p>	

Preguntas que orientan la actividad

1. ¿Qué sucedió cuando acercaste la barra frotada a la esfera del electroscopio?
2. Cuando alejaste la barra del electroscopio ¿qué sucedió con las láminas del electroscopio?
3. Cuando tocaste la esfera con la barra frotada ¿qué pasó con las láminas del electroscopio?
4. ¿Qué ocurre con las láminas del electroscopio cuando acercas la varita mágica?
5. De acuerdo a lo observado como explicas lo ocurrido cuando el electroscopio interactúa con los materiales frotados.
6. Construye un escrito donde plasmes todas las ideas que te surgen de la experiencia.

ACTIVIDAD SEIS

De acuerdo a las experiencias realizadas se observa que cuando frotamos un cuerpo y lo acercamos el estado inicial de los cuerpos en interacción cambia, así mismo cuando se hace uso del electroscopio y se acerca el cuerpo electrificado estos también se alteran y a su vez cuando se hace contacto esfera - objeto. Partiendo de lo anterior describe en la siguiente tabla que criterios te permiten explicar diferencias o similitudes en los efectos producidos en estas situaciones.

Acción	Descripción	similitudes	Diferencias
Cuando frotas un objeto y este es acercado a otro.			
Cuando acercas el objeto frotado al electroscopio.			
Cuando tocas la esfera del electroscopio con el objeto frotado.			

Tabla 3.

7. Socialización de las experiencias realizadas.

ACTIVIDAD SIETE

Objetivo: Modificar el instrumento, ¡El electroscopio! Logrando ampliar el conjunto de experiencias que permitan aproximar al estudiante a la noción de electrificación.

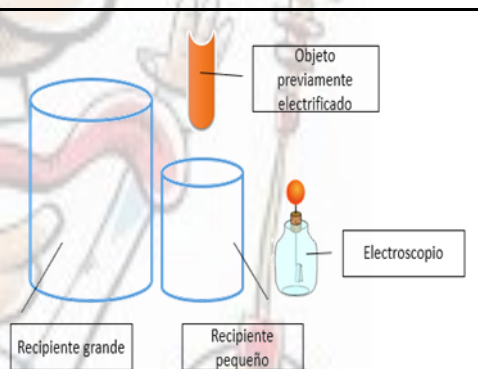
Duración: 60 minutos

Hasta el momento hemos identificado que cuando frotamos diferentes cuerpos su estado inicial se altera y que esto se logra percibir a partir de efectos como la atracción y repulsión cuando se encuentran en interacción, también hemos hecho uso del electroscopio como el instrumento que indica cuando un cuerpo se encuentra electrificado, sin embargo cuando intentamos profundizar en la explicación de las cualidades que exhiben estos objetos al ser electrificados nos quedamos cortos. Por ello debemos explorar otro tipo de materiales, por ejemplo, los conductores ya que esto nos posibilitará ampliar nuestras experiencias y construir explicaciones asociadas a la electrificación.

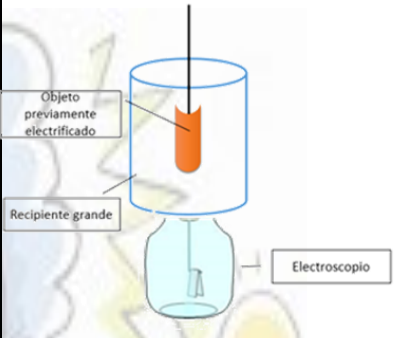
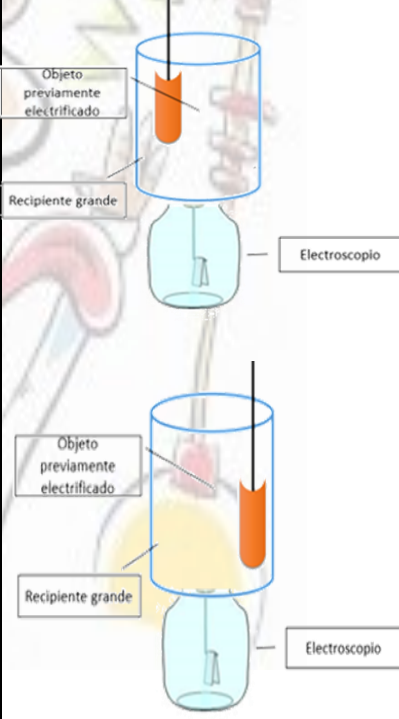
Te invitamos a que realices la siguiente actividad.

MATERIALES

- ◆ Electroscopio.
- ◆ Recipiente cerrado grande.
- ◆ Recipiente cerrado pequeño.
- ◆ Objetos electrificados suspendidos mediante un hilo.



ACTIVIDAD SIETE

<p>1. Suspende de un hilo una esfera metálica previamente electrificada e introdúcela dentro del recipiente sin tocarlo. Coloca este sistema sobre el electroscopio.</p>	<p>Describe las observaciones en la bitácora.</p> <p>Realiza un esquema que te permita explicar lo que ocurre con el electroscopio cuando este es acercado al sistema.</p>	 <p>Objeto previamente electrificado</p> <p>Recipiente grande</p> <p>Electroscopio</p>
<p>2. Toma el sistema recipiente - esfera (electrificado) y colócalo sobre el electroscopio.</p> <p>3. Mueve la esfera dentro del recipiente pero sin tocar sus paredes.</p>	<p>Describe detalladamente lo que observas y sintetízalo a través de un escrito.</p> <p>Responde:</p> <p>¿Cambia la deflexión de las laminitas del electroscopio en las diferentes ubicaciones del objeto electrificado?</p> <p>Realiza un esquema que te permita explicar lo que ocurre con la lámina del electroscopio cuando mueves la esfera electrificada dentro del recipiente.</p>	 <p>Objeto previamente electrificado</p> <p>Recipiente grande</p> <p>Electroscopio</p> <p>Objeto previamente electrificado</p> <p>Recipiente grande</p> <p>Electroscopio</p>

ACTIVIDAD SIETE

Toma el objeto previamente electrificado y ubícalo en la parte externa del recipiente cerrado, luego ubica el electroscopio en la parte opuesta a la que se encuentra el objeto electrificado. Describe las observaciones.

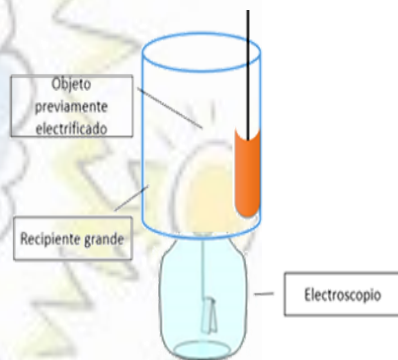
4. Toma un objeto previamente electrificado introdúcelo dentro del recipiente, (el sistema debe estar sobre el electroscopio). Luego toca la pared del recipiente con el objeto.

Repite los pasos anteriores cuantas veces sea necesario.

Describe detalladamente lo que observas y sintetízalo a través de un escrito.

Responde: ¿Cambia la deflexión de las laminillas del electroscopio en las diferentes ubicaciones del objeto electrificado?

Realiza un esquema que te permita explicar lo que ocurre con la lámina del electroscopio cuando tocas con la esfera electrificada la pared interna del recipiente.



Necesitas:

- ◆ Recipiente grande
- ◆ Recipiente pequeño
- ◆ Electroscopio
- ◆ Objeto electrificado.

Utiliza el sistema recipiente pequeño - esfera y electrificado.

5. Introduce el sistema dentro del recipiente grande sin que haya contacto con sus paredes internas. Recuerda que todo el sistema debe estar sobre el electroscopio.

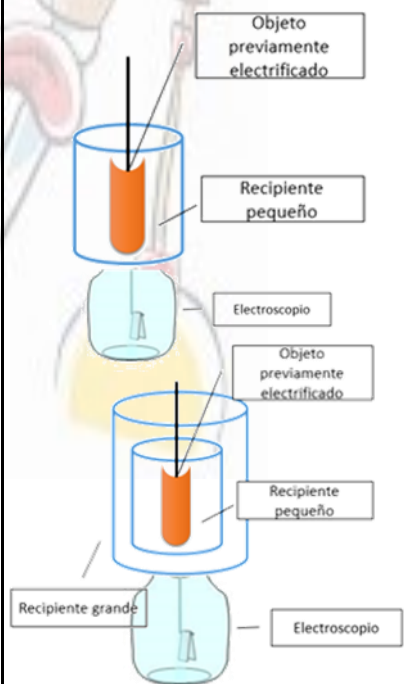
Coloca en contacto el recipiente pequeño con el recipiente grande.

Repite los pasos anteriores las veces que sea necesario.

Describe detalladamente lo que observas y sintetízalo a través de un escrito.

Responde: ¿Cambia la deflexión de las laminillas del electroscopio en las diferentes ubicaciones del objeto electrificado?

Realiza un esquema que te permita explicar lo que ocurre con la lámina del electroscopio cuando tocas con la esfera electrificada la pared interna del recipiente.



ACTIVIDAD SIETE

Realiza un cuadro donde puedas comparar los diagramas que realizaste cuando explicaste lo que ocurre en cada secuencia de la actividad. ¿Qué puedes concluir? ¿Cómo puedes interpretar lo que ocurre con la lámina del electroscopio en cada experiencia?

Compara los tres instrumentos que diseñaste y explica diferencias, similitudes, funcionamiento y cómo a través de estos se puede explicar fenómenos como los electrostáticos.

Explica a través de un escrito la importancia del instrumento de medida en cada una de las experiencias realizadas.

A partir de las experiencias que has realizado ¿cómo puedes organizar los eventos estudiados hasta el momento? Realiza una descripción de las experiencias trabajadas.

GRACIAS



Anexo 2.
Bitácora
Locos por la ciencia



INSTITUCIÓN EDUCATIVA JAIME HERNANDO GARZÓN FORERO

LOCOS
POR
LA CIENCIA

NOMBRES:

ELECTRICIDAD

PARA
niños
de TODAS
LAS EDADES

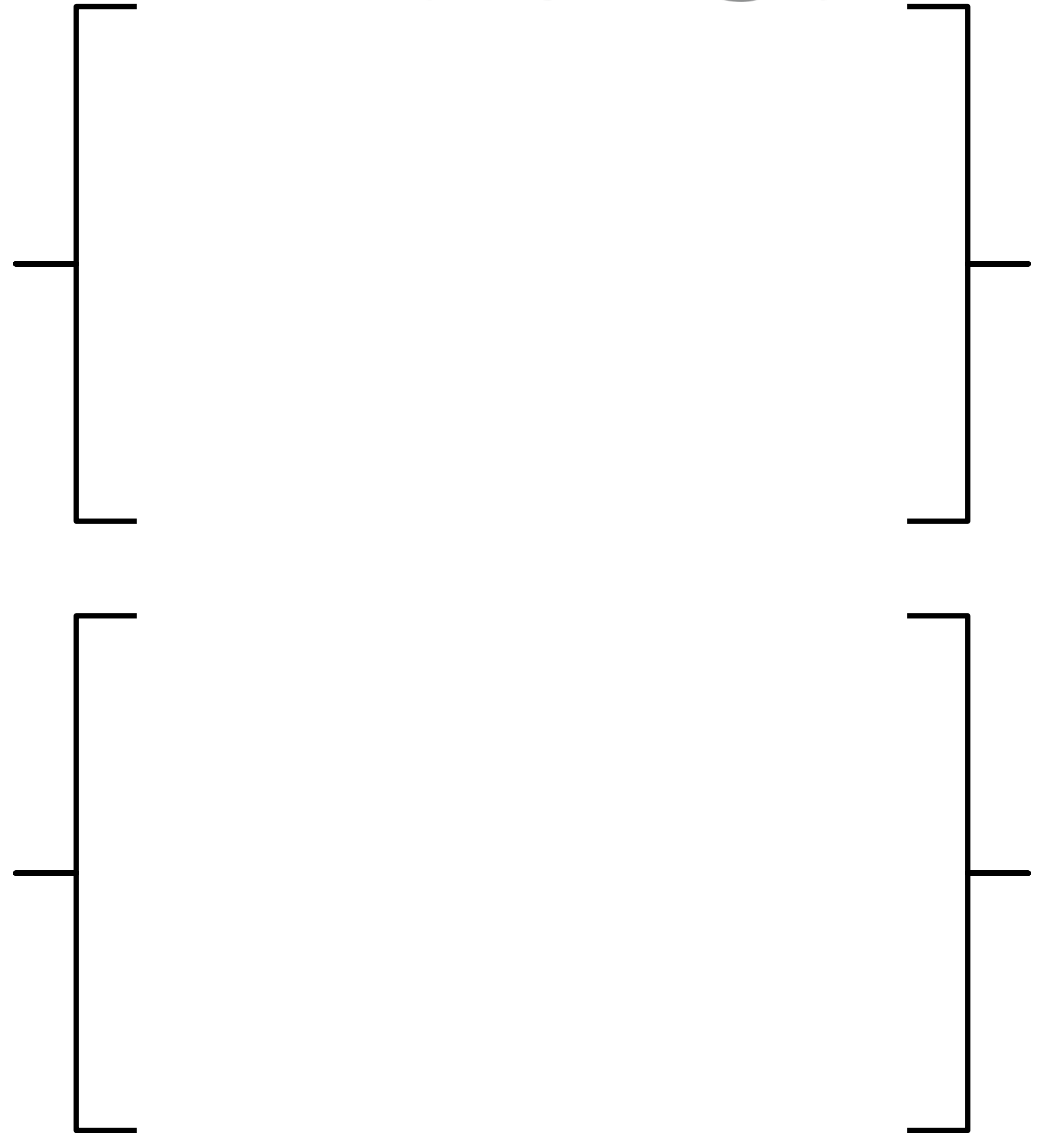


ACTIVIDAD 1

Experiencia 1

A large, empty rectangular box with a thick blue border, intended for notes or observations related to the first experience.

Experiencia 2

A second large, empty rectangular box with a thick blue border, intended for notes or observations related to the second experience.

ACTIVIDAD 2

ACTIVIDAD 2.1.

Experiencia mental,

Imagina que sobre una mesa tienes barras de distintos materiales (vidrio, plástico y metal) y que las frota con objetos como lana, peluche, y tela de jean entre otros, luego de ello acerca cada una de las barras a pequeños trozos de papel. ¿Qué crees que ocurrirá?

- ⇒ Tuvo de PVC
- ⇒ Barra de vidrio
- ⇒ Barra de metal
- ⇒ Bayetilla
- ⇒ Globos de goma
- ⇒ Peluche
- ⇒ tela de jean
- ⇒ Trozos de papel
- ⇒ Varita mágica

Materiales

ORGANIZACIÓN MENTAL

¿Qué comportamiento exhiben los materiales cuando han sido frotados y acercados a los trozos de papel?

Si los materiales frotados presentan comportamientos diferentes ¿Cómo los organizarías?



ACTIVIDAD 2.1.

TROZOS DE PAPEL

OBJETO	MATERIAL CON EL QUE FUE FROTADO EL OBJETO.	ATRACCIÓN	REPULSIÓN	OBSERVACIÓN
Barra de acrílico	Bayetilla			
	Jean (Tela)			
	Lana			
Barra de vidrio	Peluche			
	Bayetilla			
	Jean (Tela)			
Barra de PVC	Lana			
	Peluche			
	Bayetilla			
Barra de metal	Jean (Tela)			
	Lana			
	Peluche			
Globos	Bayetilla			
	Jean (Tela)			
	Lana			
	Peluche			

¿Cómo explicas los efectos percibidos cuando se realizaste la experiencia?



De acuerdo a la experiencia mental y su realización ¿Qué puedes inferir entre lo que pensaste y visualizaste?

¿Cómo llamarías a los efectos percibidos en la experiencia?

Si tuvieras que hacer una organización de los materiales que frotaste de acuerdo a los efectos observados cuando interactúan con los trozos de papel ¿Cómo lo harías?

Organización



Registra tus observaciones

¿Qué observas cuando la barra de vidrio se acerca al globo?

¿Qué observas cuando la barra de PVC se acerca al globo?



Registra tus observaciones

¿Qué ocurre cuando los dos globos son frotados?

¿Qué ocurre si los globos se acercan?

Describe el comportamiento de cada material cuando es acercado.

Registra tus observaciones



Ordena y clasifica los materiales de acuerdo con la intensidad que hicieron mover la aguja del indicador.

¿El indicador detecta algo? Si es así
¿Qué consideras que detecta?

Consideras que este indicador puede
medir lo que detecta.

Consulta cómo se construye un electroscopio y cuál es su funcionamiento.



ACTIVIDAD 5

Modifica tu indicador

Registra tus observaciones



¿Qué sucedió cuando acercaste la barra frotada a la indicador?

Cuando alejaste la barra del indicador ¿Qué sucedió con las laminas del indicador?

Cuando tocaste la esfera con la barra frotada ¿Qué paso con las laminillas del indicador?

¿Qué ocurre con las laminas del indicador cuando acerca la varita mágica?

De acuerdo a lo observado como explicas lo ocurrido cuando al indicador interactúa con los materiales frotados.

Construye un escrito donde plasma todas las ideas que te surgen de la experiencia.



ACTIVIDAD 6

El electroscopio es un instrumento que se utiliza para detectar la presencia de electricidad, el primer electroscopio fue inventado por William Gilbert y consistía en una aguja de metal, la cual podía girar libremente con un eje en su centro (tal como lo hace una aguja de una brújula). Los actuales electroscopios consisten en un soporte ver-

Registra la construcción de tu electroscopio.



¿Qué sucedió cuando acercaste la barra frotada a la esfera del electroscopio?

Cuando alejaste la barra del electroscopio ¿Qué sucedió con las laminas del electroscopio?

Cuando tocaste la esfera con la barra frotada ¿Qué paso con las laminas del electroscopio?

¿Qué ocurre con las laminas del electroscopio cuando acercaste la varita mágica?

De acuerdo a lo observado como explicas lo ocurrido cuando el electroscopio interactúa con los materiales frotados.

Construye un escrito donde plasmes todas las ideas que te surgen de la experiencia.



De acuerdo a las experiencias realizadas se observa que cuando frotamos un cuerpo y lo acercamos el estado inicial de los cuerpos en interacción cambia, así mismo cuando se hace uso del electroscopio y se acerca el cuerpo electrificado estos también se alteran y a su vez cuando se hace contacto esfera - objeto. Partiendo de lo anterior describe en la siguiente tabla que criterios te permiten explicar diferencias o similitudes en los efectos producidos en

Acción	Descripción	Similitudes	Diferencias
	Cuando frotas un objeto y este es acercado a otro.		
	Cuando acercas un objeto frotado al indicador.		
	Cuando acercas un objeto frotado a el electroscopio.		
	Cuando tocas la esfera del electroscopio con el objeto frotado.		

Socializa con tus compañeros la experiencia realizada y regístralas.

Actividad 7

PASO UNO

Suspende de un hilo una esfera metálica previamente electrificada e introdúcela dentro del recipiente sin tocarlo. Coloca este sistema sobre el electroscopio.

Realiza un esquema que te permita explicar lo que ocurre en el electroscopio cuando este se acerca al sistema

Registra tus observaciones

¿CÓMO PUEDES INTERPRETAR LO OBSERVADO?

PASO DOS Y TRES

Toma el sistema recipiente - esfera (electrificado) y colócalo sobre el electroscopio.

Mueve la esfera dentro del recipiente pero sin tocar sus paredes.

Realiza un esquema que te permita explicar lo que ocurre en el electroscopio cuando mueves la esfera electrificada dentro del recipiente.

¿Cambia la deflexión de las laminillas del electroscopio en diferentes ubicaciones del objeto electrificado?

Realiza un esquema que te permita explicar lo que ocurre en el electroscopio cuando mueves la esfera electrificada dentro del recipiente.

Toma un objeto previamente electrificado introdúcelo dentro del recipiente, (el sistema debe estar sobre el electroscopio). Luego toca la pared del recipiente con el objeto.

PASO CUATRO

¿Cambia la deflexión de las laminillas del electroscopio en diferentes ubicaciones del objeto electrificado?



PASO CINCO

Introduce el sistema dentro del recipiente grande sin que haya contacto con sus paredes internas. Recuerda que todo el sistema debe estar sobre el electroscopio.

Coloca en contacto el recipiente pequeño con el recipiente grande.

Realiza un esquema que te permita explicar lo que ocurre en el electroscopio cuando tocas con la esfera electrificada la pared interna del reci-

Registra tus observaciones

¿Cambia la deflexión de las laminillas del electroscopio en diferentes ubicaciones del objeto electrificado?

Realiza un cuadro donde puedas comparar los diagramas que realizaste cuando explicaste lo que ocurre en cada secuencia de la actividad ¿Qué puede concluir? ¿Cómo puedes interpretar lo que ocurre con la lamina del electroscopio en cada experiencia?



Compara los tres instrumentos que diseñaste y explica diferencias, similitudes, funcionamiento y cómo a través de estos se puede explicar fenómenos como los electrostáticos.

Explica a través de un escrito la importancia del instrumento de medida en cada una de las experiencias realizadas.



A partir de las experiencias que has realizado ¿cómo puede organizar los eventos estudiados hasta el momento? Realiza una descripción de las experiencias trabajadas.



APUNTES

