



**MODELOS CONCEPTUALES EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE  
ELECTRICIDAD**

**Carlos Mario Pulgarín Pulgarín  
Edinson Murillo Mosquera**

**Monografía para optar al título de Licenciado en Matemáticas y Física**

**Asesor: Diego León Correa  
Profesor catedrático U. de A.**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y LAS ARTES  
MEDELLÍN  
2007**

**Notas de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Medellín, 03 de Septiembre de 2007**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
<b>1. PROBLEMA</b>	<b>11</b>
<b>1.1 OBJETO DE ESTUDIO</b>	<b>11</b>
<b>1.2 CAMPO DE ACCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>12</b>
<b>3. OBJETIVO</b>	<b>14</b>
<b>4. ANTECEDENTES</b>	<b>15</b>
<b>5. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>17</b>
<b>6. FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b>	<b>19</b>
<b>6.1 LA FÍSICA EN EL CONTEXTO ESCOLAR</b>	<b>19</b>
<b>6.2 MODELOS MENTALES Y MODELOS CONCEPTUALES</b>	<b>21</b>
<b>6.2.1 Modelos mentales y conceptuales en la             enseñanza de la física</b>	<b>21</b>
<b>6.2.2 Conceptos asociados a los modelos mentales y             conceptuales</b>	<b>22</b>
▪ Representación	<b>22</b>
▪ Imágenes	<b>23</b>
<b>6.2.3 Modelos mentales</b>	<b>24</b>
<b>6.2.4 Modelos conceptuales</b>	<b>27</b>
<b>6.2.5 La interpretación de modelos conceptuales en la             enseñanza de los fenómenos eléctricos</b>	<b>28</b>
<b>6.2.6 ¿Cómo intervienen los modelos mentales y             conceptuales en la resolución de problemas?</b>	<b>33</b>

6.2.7 Construcción de modelos mentales a partir de las prácticas de laboratorio	34
6.3 FENÓMENOS ELÉCTRICOS	35
6.3.1 La electricidad en el contexto escolar	35
▪ Evolución en el estudio de la electricidad	36
▪ Carga eléctrica	37
▪ Atracción y repulsión electrostática	38
▪ Propiedades de las cargas eléctricas	39
▪ Ley de Coulomb	40
▪ Campo eléctrico	40
▪ Aislantes y conductores	41
▪ Corriente eléctrica	42
6.3.2 Nuevas tecnologías en la enseñanza de los fenómenos eléctricos	42
▪ Applets	43
▪ El papel del docente en el uso de los Applets	44
6.4 RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN ELECTRICIDAD	53
7. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS	49
7.1 METODOLOGÍA	49
7.2 RESULTADOS	52
7.2.1 Procesamiento de la información	53
8. CONCLUSIONES	62
REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS	63

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro 1: Preguntas de investigación</b>	<b>17</b>
<b>Cuadro 2: Dosificación de actividades</b>	<b>50</b>
<b>Cuadro 3: Categorización de actividades</b>	<b>56</b>
<b>Cuadro 4: Resultados categorización actividad # 1</b>	<b>102</b>
<b>Cuadro 6: Resultados categorización actividad # 2</b>	<b>109</b>
<b>Cuadro 7: Resultados categorización actividad # 3</b>	<b>119</b>

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo A: Encuesta a estudiantes</b>	<b>66</b>
<b>Anexo B: Modelos de actividades</b>	<b>68</b>
<b>Anexo C: Resultados</b>	<b>96</b>
<b>Anexo D: Modelos conceptuales de los estudiantes</b>	<b>124</b>

## **Resumen**

En muchas ocasiones las diversas concepciones de los estudiantes de secundaria frente a la descripción de las leyes físicas y en particular de los fenómenos eléctricos no son adecuadas; sus conocimientos previos, el tratamiento de los contenidos y el enorme grado de abstracción que implica su estudio pueden ver afectada una correcta apropiación y representación de los fenómenos electrostáticos.

Conocer las representaciones mentales de los estudiantes para orientar el proceso de aprendizaje de los contenidos eléctricos a partir del diseño de actividades teórico- prácticas, prácticas experimentales y el modelamiento de fenómenos a partir de applets contribuyen en la óptima elaboración de modelos conceptuales acordes con las propiedades y leyes básicas de la electricidad.

## **Abstract**

In many occasions the diverse conceptions of the students of secondary in front of the description of the physical laws and in particular of the electric phenomena they are not adapted; their previous knowledge, the treatment of the contents and the enormous grade of abstraction that it implies their study a correct appropriation and representation of the electrostatic phenomena can be affected.

To know the mental representations of the students to guide the process of learning of the electric contents starting from the theoretical design of activities - practical, practical experimental and the models of phenomena starting from applets contributes in the good elaboration of models conceptual chords with the properties and basic laws of the electricity.

## INTRODUCCIÓN

Como futuros Licenciados en Matemáticas y Física de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia y con la firme intención de mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje de estas ciencias, presentamos a continuación un diseño y aplicación sobre el estudio de los modelos mentales y conceptuales asociados a los fenómenos eléctricos en el grado once.

En la enseñanza actual los nuevos enfoques pedagógicos deben ir ligados en forma coherente con las nuevas teorías y modelos científicos; permitiendo un proceso de aprendizaje consistente, en el cual el conocimiento específico no pierda relevancia y atractivo para el alumno que se inicia en el estudio de las viejas y nuevas leyes físicas. Por tal motivo el presente escrito pretende ser una contribución a la enseñanza de la física (en particular a la enseñanza de la electricidad) en secundaria y una propuesta que ofrece múltiples elementos para su uso en los diversos contenidos de las ciencias básicas.

La investigación da cuenta de algunos resultados metodológicos obtenidos del estudio de los modelos conceptuales de los alumnos de física del grado once de la Institución Educativa José Antonio Galán frente al estudio de la electricidad. Su interés radica en el análisis de las representaciones de los estudiantes en los fenómenos eléctricos antes de impartida la temática de clase y el planteamiento de una metodología de trabajo que oriente la enseñanza de la electricidad apoyada en los resultados obtenidos por los modelos de los estudiantes.

La estructura de la investigación viene dada por los antecedentes; en los cuales se plantean las investigaciones actuales más relevantes sobre dichos contenidos, Un marco teórico estructurado a partir de la teoría de los modelos mentales y modelos conceptuales (soporte pedagógico de los elementos que conforman la investigación), el contenido específico asociado con los fenómenos eléctricos y el enfoque hacia la resolución de problemas. Por último

se presentan las guías y actividades de trabajo, además de los resultados obtenidos después de analizar los elementos de apoyo.

## **1. PROBLEMA**

Los estudiantes no describen ni comprenden en forma apropiada los fenómenos electrostáticos.

### **1.1 OBJETO DE ESTUDIO**

Elaboración de modelos conceptuales en la resolución de problemas asociados al estudio de los fenómenos electrostáticos en la educación secundaria.

### **1.2 CAMPO DE ACCIÓN**

A partir del diseño de cuestionarios, lecturas y actividades prácticas que orienten el proceso teórico y la implementación de elementos experimentales de uso cotidiano en el laboratorio.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Según los estándares en ciencias: “la dinámica del mundo contemporáneo exige a cualquier persona que viva y conviva en él, tener una formación básica en ciencias naturales. Por medio de ésta los estudiantes deben tener acceso a los procedimientos e ideas centrales de la ciencia, de tal forma que se les permita entender y relacionar elementos de su cotidianidad y, por ende, desenvolverse de una manera más significativa en ella”.<sup>1</sup> En el caso de la electrostática el estudiante debe estar en capacidad de describir y relacionar los conceptos asociados a dichos fenómenos, representarlos y expresar las relaciones matemáticas que ligan unas y otras variables.

No podemos ser ajenos frente a las dificultades de los estudiantes para representar eventos asociados a la electricidad; aunque es un fenómeno comúnmente observado en nuestro quehacer diario, su representación física es limitada, situación que restringe la adecuada resolución de problemas. Frente a este hecho es pertinente reconocer las dificultades conceptuales de los estudiantes, modelos mentales, descripción física y representación gráfica de la situación planteada para así implementar actividades experimentales y estructuras teóricas que contribuyan en la elaboración de modelos más consistentes con el fenómeno en cuestión.

Somos conscientes que entender un sistema físico o un fenómeno natural implica tener un modelo que permita explicarlo. Desde este punto de vista presentamos un estudio en el cual se analizan las diversas descripciones de los estudiantes como herramienta para optimizar su aprendizaje en aras de una mayor comprensión de los conceptos.

El previo análisis de las descripciones teóricas de los estudiantes es una alternativa para la orientación de los conceptos físicos, lo cual trae consigo una

---

<sup>1</sup> Estándares curriculares para ciencias naturales y educación ambiental, Ministerio de Educación Nacional. [www.mineducacion.gov.co](http://www.mineducacion.gov.co)

mayor comprensión del fenómeno y su interpretación y desarrollo en el contexto social.

La investigación ofrece alternativas didácticas, propuestas metodológicas y herramientas prácticas que facilitan la adquisición de conocimientos por parte de los estudiantes, a la vez que posibilitan la elaboración de modelos mentales consistentes y funcionales sobre la electricidad y los elementos conceptuales de mayor relevancia en dichos fenómenos.

Nuestro interés primordial se centra en la descripción que el estudiante hace del fenómeno, el dominio conceptual que tiene y los mecanismos utilizados para dar respuesta al problema, de este modo se evidencia la capacidad descriptiva que posee y las representaciones que utiliza en la comprensión de los contenidos.

### **3. OBJETIVO**

Diseñar y analizar de acuerdo a la teoría de modelos mentales y modelos conceptuales, estrategias que permitan a los estudiantes de grado once de la I. E José Antonio Galán describir en forma apropiada los fenómenos eléctricos.

#### 4. ANTECEDENTES

Aunque los fenómenos eléctricos hacen parte de los estándares en ciencias en los cuales se destaca un mayor énfasis para los contenidos del grado once las contribuciones didácticas y pedagógicas sobre dichos contenidos están dirigidas casi en su totalidad al nivel universitario. Solo por mencionar uno, se encuentra la propuesta de José Paulo Cravino y Bernardino López sobre “la enseñanza de física general en la universidad”<sup>2</sup>. Claramente se evidencia que la gran variedad de investigaciones que brindan una perspectiva profunda sobre la resolución de problemas en matemáticas contrasta considerablemente con las investigaciones elaboradas en física y en particular sobre electricidad.

Si sumamos a la dificultad de los estudiantes para resolver problemas, los enormes obstáculos que significan el estudio de la física y más precisamente el de la electricidad, nos encontramos con que “perciben la electricidad como algo difícil y con escaso atractivo. En particular, las relaciones entre electrostática y electrocinética continúan siendo fuente de problemas de aprendizaje en cursos de bachillerato y primeros cursos de universidad, ya que intervienen conceptos muy abstractos y habilidades propias de la metodología científica. La investigación en enseñanza de la electricidad ha mostrado evidencias del escaso aprendizaje en esta área.”<sup>3</sup> “Por otro lado las investigaciones, en el ámbito del magnetismo son muy escasas, y más si lo comparamos con la abundante bibliografía en el campo de la Mecánica. La mayoría de los estudios realizados se centran casi en exclusiva en diferentes aspectos particulares de la teoría del electromagnetismo, con apenas estudios globales.”<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> Para mayor ampliación ver referentes bibliográficos.

<sup>3</sup> Tomado de:

[http://www.blues.uab.es/~sice23/congres2005/material/Simposios/07\\_investigacion\\_concep/Zu\\_bimendi\\_665A.pdf](http://www.blues.uab.es/~sice23/congres2005/material/Simposios/07_investigacion_concep/Zu_bimendi_665A.pdf)

<sup>4</sup> Tomado de:

<http://ticat.ua.es/meet/recerca-didactica/tesi-Almudi/04Planteamiento-problema.pdf>

Después de llevar a cabo una búsqueda tanto en textos, revistas, documentos, publicaciones y páginas web, cabe destacar que las investigaciones más importantes sobre resolución de problemas en electricidad se encuentran presentes en la revista enseñanza de las ciencias. Algunas de las investigaciones concernientes a la resolución de problemas sobre este tema publicadas en los diversos números de la revista tratan el diseño, evaluación, desarrollo de conceptos y la resolución de problemas sobre temas particulares de ambos fenómenos.

Algunos artículos<sup>5</sup> presentan directa o indirectamente algunos contenidos asociados a los fenómenos físicos, propuestas de enseñanza de contenidos y actividades ejecutadas en el aula frente a fenómenos eléctricos. Es el caso del artículo elaborado por Laura Buteler y Zulma Gangoso sobre la resolución de problemas en física y su representación: aplicada a la escuela media. Igualmente José Martín y Jordi Solbes proponen un diseño y evaluación de una propuesta para la enseñanza del concepto de campo en física. Dichos artículos son restringidos para su uso en la propuesta presentada aquí, pero han ofrecido aportes importantes en la investigación.

Sin duda alguna un análisis muy detallado sobre el estudio de los “modelos mentales en electricidad”<sup>6</sup> es presentado por Ileana Maria Greca y Marco Antonio Moreira en la revista enseñanza de las ciencias. Como se verá a lo largo de la propuesta han sido tomados algunos elementos de categorización presentes en el artículo como implementación para nuestro estudio.

---

<sup>5</sup> Para ver en detalle los autores o artículos mencionados, se encuentran citados en forma detallada en los referentes bibliográficos

<sup>6</sup> GRECA I. M y MOREIRA M. A. Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo. En: Enseñanza de las ciencias. Vol 16. Nº 2 (1998), pág. 289-303.

## 5. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

**Cuadro 1: Preguntas de investigación**

Preguntas	Tareas
¿Cuál debe ser el mecanismo de enseñanza de los contenidos asociados a la electricidad?	Revisar temáticas sobre electricidad y enseñanza de las ciencias
	Elaborar metodología de trabajo y estructura de actividades sobre electrostática
¿Cuáles son los conceptos previos y las representaciones más comunes que tienen los estudiantes sobre la electricidad?	Revisar investigaciones sobre representaciones de los estudiantes en el estudio de fenómenos eléctricos
	Diseñar actividades teóricas que permitan conocer los conceptos previos de los estudiantes sobre electricidad
¿Qué instrumentos enriquecen la enseñanza de los fenómenos eléctricos?	Investigar elementos novedosos en la enseñanza de la electricidad
	Elaborar actividades y guías que apoyen el estudio teórico y clases magistrales de clase
¿Analizando e identificando los modelos conceptuales de los estudiantes se podrán fortalecer herramientas de enseñanza de los fenómenos eléctricos?	Interpretación de actividades
	Consulta de teoría sobre modelos mentales y modelos conceptuales
	Planteamiento de instrumentos de enseñanza de la electricidad

<p>¿Bajo que criterios teóricos se debe construir esta propuesta?</p>	<p>Revisión bibliográfica asociada con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estándares en ciencias</li> <li>▪ Modelos pedagógicos y teorías de aprendizaje</li> <li>▪ Perspectivas teóricas</li> <li>▪ Definiciones básicas</li> <li>▪ Diseño de actividades y guías de trabajo</li> <li>▪ Diseño de categorización de actividades</li> </ul>
	<p>Procesamiento y análisis de la información de la encuesta y actividades</p>
	<p>Caracterización de los estudiantes según los criterios de categorías.</p>
	<p>Redacción del informe final</p>
	<p>Socialización del informe final</p>

## 6. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La presente investigación se fundamenta en tres elementos básicos que componen la estructura de la monografía. Estos elementos están enfocados en la temática tratada, los parámetros educativos a seguir y los procesos pedagógicos y didácticos que acompañaron nuestra intervención en la institución educativa. Los contenidos a tratar corresponden a la teoría de modelos mentales y conceptuales, fenómenos eléctricos y resolución de problemas. Dichos contenidos son el soporte teórico que acompaña la propuesta dentro del contexto educativo aplicado.

Al culminar la educación formal, los estudiantes deben contar con una formación básica en ciencias naturales, lo cual significa que han comprendido algunas de las ideas y procedimientos centrales de la biología, la física y la química y que, a partir de ello, han **construido sus propios modelos** de la naturaleza y han aprendido a interrogarlos, cuestionarlos, contrastarlos y modificarlos. Entonces, basándose en dichos modelos explican parte de su cotidianidad, toman decisiones argumentadas sobre problemas de su entorno y, en general, los ponen en práctica en diferentes situaciones, ya sea con propósitos individuales o sociales.

### 6.1 LA FÍSICA EN EL CONTEXTO ESCOLAR

La idea de una formación en ciencias que propicia la construcción de modelos de la naturaleza y su puesta en práctica en diferentes escenarios tiene como fundamento una concepción de ciencia que destaca tanto los conceptos y teorías construidos en los campos de la biología, la física y la química, como los procesos, los procedimientos y la dinámica de la elaboración, el contraste y el ajuste de dichos esquemas de conocimiento.

En la educación secundaria y en particular en el grado once se espera que los estudiantes hayan construido sus propios modelos de la naturaleza y hayan

aprendido a interrogarlos y cuestionarlos sistemática y rigurosamente. Que además basándose en dichos modelos puedan explicar su cotidianidad, tomar decisiones argumentadas sobre problemas de su entorno y, en general, ponerlos en práctica en diferentes situaciones.

Los modelos de los estudiantes deben estar al nivel que permitan relacionar la corriente eléctrica con el flujo de carga y con los conceptos de potencial eléctrico y de resistencia eléctrica, explicar cómo ocurre el flujo de corriente, explicar situaciones en términos de campo eléctrico, y relacionar dicho campo con la fuerza que experimentan las cargas eléctricas en reposo y en movimiento.

Los contenidos presentes para el grado<sup>7</sup> involucran repetidamente modelos físicos que los estudiantes deben manipular en harás de una formación integral. A la luz de las nuevas investigaciones en el estudio de las interpretaciones y modelos que los estudiantes elaboran y redefinen cognitivamente, basamos la propuesta apoyados en la teoría de modelos mentales y modelos conceptuales, dada la importancia que tiene el conocimiento de las representaciones de los estudiantes antes y después de impartida la temática asociada a los fenómenos eléctricos. Por lo tanto presentamos a continuación algunos elementos básicos de la teoría “Mental Models and conceptual models” (modelos mentales y modelos conceptuales) que fundamentan el diseño y análisis de las actividades y el proceso de intervención llevado a cabo.

---

<sup>7</sup> Ver: Estándares en ciencias. [www.mineducación.gov.co](http://www.mineducación.gov.co)

## **6.2 MODELOS MENTALES Y MODELOS CONCEPTUALES<sup>8</sup>**

La teoría sobre modelos mentales surge en el año 1983 e inicialmente se centró en el conocimiento que las personas desarrollan sobre fenómenos físicos y en especial sobre dispositivos mecánicos y tecnológicos.

En la actualidad el término modelo mental aparece cada vez más en los artículos de investigación en enseñanza de las ciencias y de la física en particular. Sin embargo, aparecen también distintas interpretaciones de lo que es un modelo mental, incluyendo las conocidas preconcepciones y teorías “ingenuas” de los alumnos. Se definirá a continuación algunas posiciones relativas a conceptos de dicha teoría y el uso e interpretación que se le ha dado para el desarrollo de la investigación.

### **6.2.1 Modelos mentales y conceptuales en la enseñanza de la Física**

En física más que en cualquier otra ciencia es necesario tener diversas representaciones de los eventos del entorno. Una visión global del mundo y los fenómenos que intervienen en el puede mostrar grandes diferencias en el desarrollo e interpretación en muchos contextos. “Hoy se asume que no aprehendemos el mundo directamente, sino que lo hacemos a partir de las representaciones que de ese mundo construimos en nuestras mentes. A su vez, las teorías científicas, en la medida en la que son estructuras representacionales, que describen determinados estados de cosas en un mundo “ideal” (en el sentido en que no se refiere a una realidad concreta, aunque pueda aplicarse a ella), serán representadas, recreadas internamente por quien las comprende, de una forma que no es necesariamente copia, ni de

---

<sup>8</sup> Esta temática y la gran mayoría de los apartes extraídos sobre modelos mentales y conceptuales forman parte de la Conferencia dictada por Ileana María Greca, M<sup>a</sup> Luz Rodríguez Palmero y Marco Antonio Moreira en los XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, La Laguna, Tenerife, 08 al 11 de septiembre de 2002. El artículo completo titula: Mental models and conceptual models in the teaching & learning of science. Publicado por la Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 37-57, 2002.

las expresiones lingüísticas de sus principios, leyes y definiciones, ni de las formulaciones matemáticas con las cuales las teorías se representan externamente”<sup>9</sup>

Aprender de manera significativa en física implica tener la capacidad de modelar las teorías en sistemas internos de conceptos relacionados y no como sencillas expresiones y principios aislados que es lo que normalmente se percibe en las aulas de clase.

En la investigación nos centraremos no directamente en el estudio de los modelos mentales y las características psicológicas del estudiante al cuestionar los fenómenos eléctricos, ya que un proceso donde intervenga la psicología cognitiva requiere un amplio manejo de diversos agentes. Hacemos uso de la teoría apoyándonos en aspectos relacionados con las representaciones mentales las cuales a lo largo de las actividades se interpretan por medio de los modelos conceptuales que los estudiantes diseñan a partir del desarrollo de diversos contenidos sobre electricidad.

Veamos entonces, en que consiste los antecedentes de la teoría, cada concepto (modelo mental, modelo conceptual, representaciones e imágenes) y como se aplica en la investigación realizada.

### **6.2.2 Conceptos asociados a los modelos mentales y conceptuales**

#### **▪ Representación**

Una representación es cualquier notación, signo o conjunto de símbolos que representa alguna cosa que es típicamente algún aspecto del mundo exterior o de nuestro mundo interior (o sea, de nuestra imaginación) en su ausencia. La palabra electrón o el dibujo de un electrón son

---

<sup>9</sup> GRECA I. M, PALMERO R. MARIA L. y MOREIRA M. A. Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En: Revista Brasileira de Pesquisa. Porto Alegre. Vol. 2. N° 3. 2002. pág. 38.

representaciones externas que nos permiten evocar el objeto electrón en su ausencia.

Las *representaciones mentales* son representaciones internas. Son maneras de “representar” internamente (es decir, mentalmente), de volver a presentar en nuestras mentes, el mundo externo.

Las *representaciones proposicionales* no están formadas por palabras; sin embargo, captan el contenido abstracto, ideativo de la mente que estaría expresado en esa especie de lenguaje universal de la mente. No obstante, dichas representaciones son susceptibles de ser expresadas verbalmente. Una representación proposicional es una descripción que, en último término, es verdadera o falsa respecto al mundo.

- **Imágenes**

Las *imágenes* son representaciones mentales concretas, formas de “ver” las cosas, los fenómenos, a las que se recurre para recuperar y captar la esencia de las mismas, cuanto menos, los detalles que han resultado relevantes al individuo que las construye. A pesar de que las imágenes a veces funcionan como modelos y que ambos modos de representación están más relacionados entre sí, que cada una de esas representaciones con las proposicionales, las imágenes son distintas de los modelos e involucran procesos mentales diferentes. Las *imágenes* son producto tanto de la percepción como de la imaginación, representan aspectos perceptibles de los objetos correspondientes en el mundo real. También las imágenes son susceptibles de continuas transformaciones, tales como rotaciones, traslaciones o expansiones.

Las imágenes tienen un papel muy importante en el estudio y aprendizaje de la física, ya que es mucho más fácil construir un modelo mental a través de la percepción visual que a partir del discurso. No significando esto que los materiales de estudio deben estar llenos de dibujos, diagramas o figuras

como en general se presentan actualmente; pues así la capacidad de “imaginar” del alumno podría estar siendo inhibida.

El concepto de modelo mental que presentamos en la investigación es el mismo que asumen en su artículo Marco Antonio Moreira e igualmente según establece Johnson-Laird en sus publicaciones:

### **6.2.3 Modelos mentales**

Los modelos mentales son análogos estructurales del mundo; su estructura, y no su aspecto, corresponde a la estructura de la situación que representan.

Un modelo mental *representa* un estado de cosas, y consecuentemente su estructura no es arbitraria, tal y como lo es la de una representación proposicional el modelo mental desempeña un papel representacional analógico estructural y directo. Su estructura refleja aspectos relevantes del estado de cosas correspondiente en el mundo real o imaginario.

A diferencia de las representaciones proposicionales, los modelos mentales no tienen estructura sintáctica; su estructura es análoga a la que tienen los estados de cosas del mundo, tal como los percibimos o concebimos. Así, los modelos mentales, por su carácter dimensional, pueden ser manipulados más libremente, de manera controlada sólo por las propias dimensiones del modelo. Los modelos mentales pueden tener dos o tres dimensiones, pueden ser dinámicos e, incluso, pueden tener un número mayor de dimensiones en el caso de determinados individuos con talento.

Resumiendo los tres aspectos anteriormente mencionados, se diría que: representaciones proposicionales son cadenas de símbolos que corresponden al lenguaje natural, modelos mentales son análogos estructurales del mundo e imágenes son modelos vistos desde un determinado punto de vista.

A continuación enfocaremos algunos aspectos de los modelos mentales, desde la misma perspectiva, que aún no se han tratado y merecen ser destacados.

Los razonamientos que involucran solamente un modelo mental pueden ser resueltos rápida y correctamente. Sin embargo, es muy difícil sacar conclusiones precisas basadas en premisas que pueden ser representadas por muchos modelos alternativos debido a la gran demanda que este proceso exigiría sobre la memoria de trabajo (Esto permite explicar, por ejemplo, gran parte de los errores que los sujetos cometen cuando son enfrentados con tareas que implican silogismos).

Existen algunos aspectos importantes concernientes a los modelos mentales y se resumen a continuación:

- Los modelos mentales son finitos en tamaño y no pueden representar directamente un dominio infinito. No obstante, un único modelo mental puede representar un número infinito de posibles estados de cosas pues ese modelo puede ser revisado recursivamente. Cada nueva aseercción descriptiva de un estado de cosas puede implicar revisión del modelo para incorporarla.
- Los modelos mentales se componen de *elementos* y *relaciones* que representan de manera análogo-estructural un estado de cosas específico.

¿Qué necesita un sistema cognitivo que se encuentra con un sistema físico (como un dispositivo hidráulico, eléctrico o térmico) para ir desde cómo está hecho el sistema hasta una o más posibilidades sobre su funcionamiento, suficientemente buenas para explicar lo que hace dicho sistema?

El proceso puede ser analizado en cuatro etapas:

- ✓ representar el sistema (su topología, su estructura);

- ✓ “visionar” el sistema (desde la estructura, visualizar cómo podría funcionar el sistema); el resultado de esta etapa es el modelo causal;
- ✓ ejecutar el modelo (imaginar el modelo funcionando; simulación mental);
- ✓ comparar con la realidad los resultados imaginados del modelo.

Dichas etapas son repetidas si la última no es satisfactoria. (Los modelos mentales son recursivos.)

- Los modelos están compuestos de elementos y relaciones. Otra manera de decirlo es que: los modelos mentales se construyen a partir de elementos básicos organizados en una cierta estructura.
- Aunque los modelos mentales surgen básicamente de la percepción, igualmente pueden ser construidos a partir del discurso o producto de nuestra imaginación.

Falta resaltar la relación entre modelos mentales y la comprensión de los fenómenos naturales. Entender cualquier fenómeno natural es saber su causa, poder describir sus consecuencias y predecir sus efectos, de forma que el individuo pueda provocarlo, influenciarlo o evitarlo, o, por lo menos, explicarlo. En términos de lo que hemos indicado hasta aquí, es tener un modelo mental de ese fenómeno, un modelo de trabajo en nuestras mentes que puede ser mentalmente manipulado, permitiéndonos hacer inferencias. Explicar y predecir acerca de los fenómenos naturales es comprenderlos y ello requiere la construcción de modelos mentales que actúen como análogos estructurales de los mismos, como intermediarios a la luz de los cuales adquieran significado los conceptos científicos y las relaciones que se establecen entre ellos para adquirir esa comprensión.

Los modelos mentales tienen las siguientes características generales:

- ✓ los modelos mentales son incompletos;
- ✓ la habilidad de las personas para “ejecutar” (“rodar”) sus modelos es muy limitada;
- ✓ los modelos mentales son inestables: las personas olvidan detalles del sistema

- ✓ modelado, en particular cuando esos detalles (o todo el sistema) no es utilizado por un cierto período de tiempo;
- ✓ los modelos mentales no tienen fronteras bien definidas: dispositivos y operaciones similares son confundidos unos con otros;
- ✓ los modelos mentales son “no-científicos”: reflejan las “supersticiones” y creencias de las personas sobre el sistema físico;
- ✓ los modelos mentales son parsimoniosos: frecuentemente las personas optan por operaciones físicas adicionales en vez de una planificación mental que evitaría dichas operaciones; las personas prefieren gastar más energía física a favor de menor complejidad mental.

Es decir; los modelos mentales de las personas pueden ser deficientes en varios aspectos, tal vez incluyendo elementos innecesarios, erróneos o contradictorios. Sin embargo, deben ser funcionales. Esta funcionalidad permite inclusive que los modelos mentales sean generados en el momento y descartados cuando ya no son necesarios cognitivamente. Serían modelos de trabajo desechables.

#### **6.2.4 Modelos conceptuales**

Los *modelos conceptuales* serán aquí considerados como aquellos inventados, diseñados, por investigadores, ingenieros, arquitectos, profesores para facilitar la comprensión o enseñanza de sistemas físicos, o estados de cosas físicos, objetos o fenómenos físicos.

Los modelos conceptuales son representaciones externas, compartidas por una determinada comunidad y consistentes con el conocimiento científico que esa comunidad posee. Estas representaciones externas pueden materializarse en forma de formulaciones matemáticas, verbales o pictóricas, de analogías o de artefactos materiales. En el caso de los fenómenos eléctricos las líneas de campo ó el electrón en el átomo y su posible analogía con el comportamiento de sistema solar o las diminutas partículas recreadas por Newton son ejemplos

de modelos conceptuales. Independiente del modelo conceptual elaborado por el sujeto, lo más importante es que sea consistente con el conocimiento científicamente aceptado.

Hay, por lo tanto, importantes diferencias entre los modelos conceptuales que son representaciones externas bien delimitadas y definidas y los modelos mentales que son representaciones internas cuyo compromiso básico es la funcionalidad para el sujeto, o sea, deben permitirle explicar y predecir aunque no necesariamente en forma correcta desde el punto de vista científico.

Es importante notar que los modelos conceptuales son elaborados por personas que operan mentalmente con modelos mentales. Y son enseñados por individuos que también operan con modelos mentales. Y son aprendidos por sujetos que igualmente operan con modelos mentales. O sea, la mente humana funciona basándose en modelos mentales, pero con ellos puede generar, enseñar y aprender modelos conceptuales.

Cuando los científicos comunican sus resultados, lo hacen a través de la lógica de sus fórmulas matemáticas, de la exposición de sus principios y leyes empíricas, de las estructuras bioquímicas resultantes, y de todo otro modelo conceptual que han creado, sin hacer mención de los modelos mentales que les sirvieron de niveles de análisis intermediarios para la comprensión del fenómeno natural en cuestión. (A veces, sin embargo, los científicos indican en sus relatos autobiográficos, los modelos mentales que les sirvieron de peldaños en la construcción de sus teorías, aunque este conocimiento difícilmente llega al aula).

### **6.2.5 La interpretación de modelos conceptuales en la enseñanza de los fenómenos eléctricos**

“En la enseñanza, el profesor enseña modelos conceptuales y espera que el alumno construya modelos mentales que le permitan dar significados

científicamente aceptados a esos modelos conceptuales que, a su vez, deben tener correspondencia con los fenómenos naturales o sistemas modelados. Entonces, el objetivo inmediato de la enseñanza, mirando exclusivamente el aspecto cognitivo, sería, a través de modelos conceptuales, llevar al estudiante a construir modelos mentales adecuados (consistentes con los propios modelos conceptuales) de sistemas o fenómenos naturales. Esto sería válido también para conceptos científicos, pues éstos indican regularidades en eventos u objetos naturales y son representados internamente por modelos mentales.

Comprender un estado de cosas del mundo natural, un evento físico cualquiera, o un concepto de las ciencias naturales, implica tener un modelo mental de este evento o concepto. Es decir, cualquier individuo capta los fenómenos del mundo natural construyendo modelos mentales de ello. Por más que se enseñen modelos conceptuales, el aprendizaje significativo (en contraposición a un aprendizaje por repetición, mecánico) implica la construcción de modelos mentales.

*La idea básica es que el modelo conceptual es un instrumento de enseñanza pero el instrumento de aprendizaje es el modelo mental. Naturalmente, el modelo mental puede ser muy semejante al modelo conceptual, aunque no necesariamente, pues la función del modelo mental es sólo la de permitir a su constructor dar significado al modelo conceptual que se le enseña y, por ende, al sistema físico modelado.*

Por otro lado, el alumno cuando llega a las clases de ciencias ya representó el mundo físico de lo que le es cotidiano, inicialmente a través de modelos mentales contruidos por percepción, por experiencia directa con el mundo, o por analogía con otros modelos generados, y posteriormente a través de esquemas de asimilación u otros constructor cognitivos estables. Esos modelos mentales, como se ha dicho, pueden ser deficientes en varios aspectos, tal vez

incluyendo significados erróneos o contradictorios, pero son funcionales y pueden ser precursores de representaciones mentales estables.”<sup>10</sup>

Cuando se le presentan modelos conceptuales en clases de Física, el alumno puede no revisar sus esquemas de asimilación o sus concepciones alternativas porque no percibe razones para eso o porque no quiere. Cuando intentan comprender un modelo conceptual -- si es que lo consideran necesario -- toman de él los elementos que evalúan como importantes, los relacionan, si es que esto es posible, con aquello que ya conocen y generan, o no, modelos mentales que no son necesariamente coincidentes con los modelos conceptuales presentados.

Cabe destacar que muchos de nuestros alumnos “ni” siquiera consiguen ver que aquello que les es presentado en clase conforma un modelo conceptual. Esto se debe básicamente a dos factores: en primer lugar, porque no tienen el conocimiento de dominio necesario para interpretarlos como modelos conceptuales; en segundo lugar, porque muchas veces los alumnos no comprenden que el modelo conceptual es una representación simplificada e idealizada de fenómenos o situaciones, y no el fenómeno o la situación en sí. La práctica docente en muchos casos no considera estos aspectos de la construcción del conocimiento científico y ello tiene consecuencias en los procesos de aprendizaje que, de este modo, generan representaciones alejadas de aquéllas que se pretende que se construyan.

Sin embargo, muchas veces no ocurre ni una cosa ni otra: los alumnos no construyen modelos mentales para interpretar las proposiciones que conformen el modelo conceptual y mucho menos representaciones mentales más potentes que las articulen y que correspondan a los modelos conceptuales subyacentes.

---

<sup>10</sup> GRECA I. M, PALMERO R. MARIA L. y MOREIRA M. A. Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En: Revista Brasileira de Pesquisa. Porto Alegre. Vol. 2. Nº 3. 2002. pág. 46.

Desafortunadamente, lo que se ve en las clases de ciencias es que los alumnos tienden a trabajar con proposiciones aisladas, memorizadas de manera literal y arbitraria. Las ecuaciones, las leyes y las definiciones de la Física, la Química o la Biología, son representaciones proposicionales, que están articuladas en modelos conceptuales y que exigen, por parte de quienes quieren comprenderlas, la construcción de modelos mentales. Sin este proceso, estas representaciones proposicionales carecen de significado, ya que sólo pueden adquirirlo a luz de modelos mentales.

En un estudio hecho por Greca y Moreira<sup>11</sup> se obtuvieron evidencias de que los alumnos de mejor desempeño en electricidad y magnetismo fueron los que aparentemente habían formado un modelo mental de campo electromagnético que se aproximaba al modelo conceptual usado por los expertos. Los que trabajaron sólo con proposiciones (fórmulas, definiciones, enunciados) aisladas, limitándose a intentar aplicarlas mecánicamente, tuvieron el peor desempeño.

Aunque los modelos mentales pueden ser básicamente proposicionales o básicamente imagísticos o una mezcla de proposiciones e imágenes, sin embargo, las proposiciones están integradas, articuladas, relacionadas en el modelo. Un conjunto de proposiciones no relacionadas *no* forma un modelo mental.

El aprendizaje sería tanto más significativo y más “correcto” desde las Ciencias cuanto más el sujeto fuera capaz de construir (y quisiera construir) modelos mentales abarcadores, articuladores y consistentes con los modelos conceptuales, que evolucionasen hacia esquemas de asimilación que dotarían de un alto grado de significatividad.

Si estas ideas respecto a modelos mentales y modelos conceptuales tienen sentido desde el punto de vista de las ciencias y de la enseñanza y aprendizaje

---

<sup>11</sup> GRECA I. M y MOREIRA M. A. Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo. En: Enseñanza de las ciencias. Vol 16. Nº 2 (1998), pág. 293.

de las ciencias, parecería útil saber cuál es la relación entre modelos mentales y modelos conceptuales para facilitar, en la enseñanza, la adquisición significativa de modelos conceptuales, es decir, facilitar la construcción de modelos mentales que permitieran el uso significativo (no mecánico, no automático, no sin significado) de los modelos conceptuales de las ciencias por los alumnos.

Existe una mutua relación entre modelos mentales y modelos conceptuales pero en el aula esta relación no parece muy evidente. Presentamos al alumno una teoría acabada, esquemas y modelos físicos muy lejos de lo que fueron antes de presentarse como resultado final. De hecho en la descripción de los fenómenos eléctricos posiblemente se esperaría que el estudiante asuma sin mayores contratiempos los diversos conceptos, pero hasta los propios docentes nos olvidamos del largo tiempo que tardó en asumirse un criterio y definiciones precisas frente a tal fenómeno. Se presentan modelos conceptuales como teorías acabadas y se limita al estudiante a dominar dichos modelos sin cuestionarlos ni relacionar los diversos parámetros que intervienen para una adquisición más productiva del conocimiento.

Aunque sea necesario que los alumnos aprendan explícitamente a modelar, el modelaje que se les debería enseñar o exigir no puede ser idéntico al modelaje utilizado por los científicos. O sea, cuando los científicos modelan, lo hacen para crear, generar nuevas teorías, describir y explicar nuevos fenómenos. De los alumnos no se espera que hagan lo mismo, sino que sean capaces de comprender los modelos conceptuales, o sea, que sean capaces de construir modelos mentales cuyos resultados -- explicaciones y predicciones -- sean consistentes con los modelos conceptuales. Por lo tanto, ¿se les debe enseñar a modelar? Sí. ¿Como los científicos? Más o menos.

### **6.2.6 ¿Cómo intervienen los modelos mentales y conceptuales en la resolución de problemas?**

“Los problemas casi siempre son formulados a través de un enunciado proposicional, y desde allí inician las dificultades para el alumno. “Para interpretar el enunciado es necesario construir un modelo mental del mismo, pero es difícil hacerlo por lo menos por dos cuestiones. En primer lugar, las proposiciones lingüísticas contienen indeterminaciones (para no hablar de ambigüedades). Los modelos mentales construidos a partir del discurso requieren una recursividad que el alumno frecuentemente no es capaz de hacer. El uso de representaciones externas pictóricas (dibujos, diagramas, gráficos) en el enunciado quizás puede ayudar a eliminar ciertas indeterminaciones de las representaciones lingüísticas y facilitar la construcción de un modelo mental del enunciado, si bien es cierto que a veces esas representaciones confunden más que aclaran por un exceso de simplicidad. En segundo lugar, las representaciones proposicionales que aparecen en el enunciado están referidas a modelos conceptuales, que no son necesariamente consistentes con las representaciones mentales que el alumno ya tiene.

No es una sorpresa o novedad que el alumno lo que hace es intentar descubrir cuál es la fórmula que sirve, cuál es la ecuación correcta. En esta búsqueda por aprobar la disciplina (y por reducir los conflictos que les generan las ambigüedades con las que deben trabajar), los alumnos acaban muchas veces desarrollando algoritmos muy eficientes de resolución que enmascaran, tras una buena articulación y un buen dominio matemático, en el caso de la Física una ausencia total de comprensión de los conceptos envueltos en esas mismas fórmulas.

Naturalmente, la dificultad de construir modelos mentales a partir del discurso lingüístico, que tiene por detrás modelos conceptuales, no se manifiesta sólo en los enunciados de los problemas. Esos problemas y situaciones que

manejan modelos conceptuales dan por hecho que el sujeto construye un modelo mental al respecto y el fracaso en el desempeño de estas actividades por parte del alumnado posiblemente tenga su razón de ser precisamente en la ausencia de ese modelo mental que lo dote de comprensión acerca de esos enunciados de manera que pueda entender qué es lo que se le pregunta, afirmación ésta que es evidente que requiere contrastación empírica.

Las formulaciones lingüísticas de las leyes y principios científicos, las definiciones, las descripciones de fenómenos naturales, que están en los libros o que presenta el profesor en las clases generan en el alumno las mismas dificultades”<sup>12</sup>.

### **6.2.7 Construcción de modelos mentales a partir de las prácticas de laboratorio**

En el laboratorio didáctico tradicional característico de cualquiera de las disciplinas de ciencias, el alumno en general recibe el equipo, una guía de laboratorio y algunas instrucciones del profesor o de un ayudante. El objetivo es que redescubra algo, que aprenda algún procedimiento científico o, simplemente, que tenga la oportunidad de ver en la práctica algún fenómeno que ha estudiado conceptualmente. Para el alumno, dicha actividad de laboratorio puede ser interpretada como otra clase de "problema de Ciencias", quizás más difícil inicialmente pues además de tener que entender el "enunciado" (representado por la guía), lo que implica modelar mentalmente el experimento, debe además construir modelos mentales de los dispositivos experimentales, o sea, de cómo funcionan los aparatos si es que quiere dar significado a toda la actividad experimental.

---

<sup>12</sup> GRECA I. M, PALMERO R. MARIA L. y MOREIRA M. A. Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En: Revista Brasileira de Pesquisa. Porto Alegre. Vol. 2. Nº 3. 2002. pág. 47-48.

Lo importante es que, así como en los problemas o en las clases teóricas, en el laboratorio también está presente la cuestión de los modelos conceptuales, de los modelos mentales y del modelaje. Para dar significado a los experimentos de laboratorio, el alumno tiene que modelarlos mentalmente de modo adecuado. El hecho de que el aprendizaje mecánico esté tan presente en las clases de laboratorio de Ciencias -- que es el equivalente de la resolución mecánica de problemas -- sugiere que su preparación no tiene en cuenta el tema modelos conceptuales/modelos mentales/modelaje.

### **6.3 FENÓMENOS ELÉCTRICOS**

Para analizar los modelos que los estudiantes utilizan y poder extraer la información suministrada a partir de los diversos cuestionamientos y situaciones planteadas en clase, fue necesario asumir modelos conceptuales (sección 6.2) que permitieran interpretar las respuestas del estudiante a la luz de la teoría y de este modo categorizar sus respuestas.

Es por esto que presentamos a continuación una estructura teórica, que exhibe diversos conceptos entorno a este fenómeno así como las propiedades y leyes que rigen el comportamiento de las cargas y su interacción con la materia desde la perspectiva que la comunidad científica globalizada tiene al respecto. Cada uno de los conceptos presentados fue asumido como criterio de comparación para la categorización de las preguntas ejecutadas por el estudiante en cada una de las actividades.

#### **6.3.1 La electricidad en el contexto escolar**

La intervención pedagógica inicia a partir del conocimiento previo que los estudiantes tienen frente a algunas situaciones del entorno en las cuales la electricidad juega un papel primordial. Con la información suministrada por el diagnóstico pueden detectarse las posibles falencias y debilidades del alumno en múltiples conceptos que anteceden los contenidos a estudiar.

Es preciso definir paulatinamente cada concepto y presentar las apreciaciones elementales que nos permitirán contrastar los argumentos de la comunidad científica frente a los modelos que el estudiante plantea. Por tal motivo, además de conocer los antecedentes históricos que acercan la forma de pensar de los estudiantes hacia lo que científicamente se espera, el reconocimiento de términos y apropiación de conceptos facilitaría la metodología de clase y una evolución interesante en la manera que argumenta el estudiante.

- **Evolución en el estudio de la electricidad<sup>13</sup>**

Como se sabe históricamente el estudio de la electricidad surge de prácticas muy primitivas que permitieron caracterizar el fenómeno y postular múltiples teorías que paulatinamente declinarían en su intención por dar una explicación satisfactoria.

El término electricidad desde la antigüedad hasta nuestros días ha cambiado considerablemente. En el pasado llegó a asumirse como una propiedad debido a la presencia de un material (ámbar), luego pasó a considerarse como un tipo de fluido el cual tenía unas características muy especiales que podían encontrarse en sustancias como el vidrio y el ámbar. Evidentemente según nuestros conocimientos actuales y los argumentos históricos que nos apoyan; se asumirá, que la electricidad no es un fluido, en realidad se considera como un fenómeno físico producido por el comportamiento de cargas eléctricas, todos los efectos de la electricidad pueden explicarse y predecirse asumiendo la existencia de una diminuta partícula denominada “electrón”. El fenómeno de la electricidad esta ampliamente estudiado e igualmente la diversidad de contenidos que se desprenden de él pueden obligar a definirlo desde otros contextos.

---

<sup>13</sup> Para mayor ampliación sobre los antecedentes de la electricidad, ver DART, Francis E. Electricidad. Editorial Labor S.A. Barcelona 1974. pág. 9-15.

Los diferentes comportamientos que asumen algunos cuerpos al ser frotados es una distinción básica para el estudio de la electricidad y como se verá posteriormente en la actividad número dos, aplicaciones básicas en el estudio del fenómeno pueden conllevar a la redefinición de un modelo más significativo para dar respuesta al problema.

Del concepto de electricidad se desprende un término esencial como lo es la carga eléctrica. Dicho término se asume fácilmente al analizar el comportamiento de un cuerpo al ser frotado. Veamos a continuación la consideración que se tendrá sobre dicho término en el desarrollo de las actividades.

- **Carga Eléctrica<sup>14</sup>**

La carga eléctrica es una propiedad inherente a los electrones y protones así como a otras partículas “fundamentales”. No puede separarse de tales partículas, ni ser examinada por si sola y no tiene existencia sin ellas. Es algo “misterioso”, al igual que la masa, el espacio o el tiempo. Como estos, la carga eléctrica es uno de los “legados” básicos e indivisible de la existencia, que pueden ser enumerados y aceptados pero que no pueden ser más elementales. Naturalmente, no conocemos tales legados mejor con enumerarlos, más aún, desde un punto de vista filosófico o metafísico no los comprendemos en absoluto. No obstante basándonos en la experiencia, podemos conocer como se comportan la carga, como puede medirse y manipularse, y cual es su efecto sobre otras cosas. Desde este punto de vista, la carga eléctrica ya no será un misterio, sino el punto de partida para el estudio de la electricidad.

Como quiera que los electrones y los protones sean partes constituyentes de todos los átomos, todos los objetos materiales contendrán carga eléctrica. Los objetos que parecen eléctricamente neutros, son “neutros”, no

---

<sup>14</sup> DART, Francis E. Electricidad. Editorial Labor S.A. Barcelona 1974

por que no contengan carga sino por que contienen cantidades iguales de cargas positivas y negativas, tan íntimamente unidas, que sus efectos se contrarrestan y no manifiestan ninguna carga efectiva.



Fig. 1 Imagen de partículas cargas positiva y negativamente

#### ▪ **Atracción y Repulsión Electrostatica**<sup>15</sup>

Es posible reproducir el fenómeno básico de atracción electrostática si se toma una hoja de papel y se la parte en trozos muy pequeños que se esparcen sobre una mesa; a continuación se toma un objeto de plástico, como un peine, y se lo pasa repetidamente por el cabello, para luego acercarlo a los trozos de papel. Se podrá observar cómo aquéllos saltan y quedan adheridos al peine cuando éste se acerca a suficiente distancia.

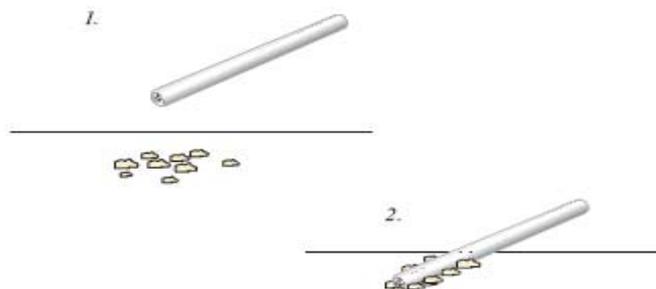
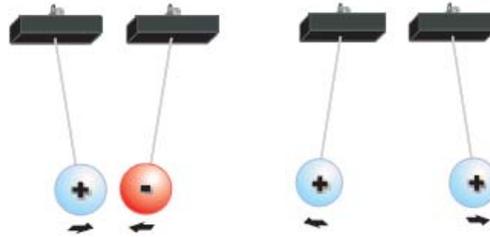


Fig. 2 Imagen de un cuerpo que atrae pequeños objetos

El fenómeno de repulsión electrostática habría de servir para estructurar una teoría más completa de la electricidad. Si se suspenden dos esferas de vidrio con hilos y se las coloca muy cerca la una de la otra, después de frotar ambas esferas con una pieza de lana experimentarán una fuerza de repulsión. Si en lugar de las esferas de vidrio se utilizan esferas de ámbar, el resultado será idéntico. Pero si se ponen una esfera de vidrio y otra de ámbar, ambas **experimentan una fuerza de atracción**. También se puede apreciar la repulsión entre una varilla de plástico previamente electrizada

<sup>15</sup> PINEDA Guillermo. Física Conceptual. Universidad de Antioquia. Medellín. 2005. p (151-152)

con una esfera metálica suspendida de un hilo después de que entran en contacto.



**Fig. 3** Imagen de cargas suspendidas que se atraen y repelen.

### ▪ **Propiedades de las cargas eléctricas**

Cuando se tiene claro un concepto y modelo de carga eléctrica, es inmediata la manifestación para asumir claramente las cuatro propiedades de estas, las cuales a partir de las actividades propuestas, directa o indirectamente se ponen de manifiesto ya sea por medio de un enunciado proposicional o la imagen que el estudiante plasma sobre el problema. De hecho se espera que en términos del estudiante pero con una apreciación válida, logre identificar algunas de las cuatro propiedades:

- ✓ “Hay dos tipos de carga en la naturaleza, con la propiedad de que cargas diferentes se atraen unas a otras y cargas similares se rechazan entre sí.
- ✓ La fuerza entre las cargas varía con el inverso al cuadrado de su separación.
- ✓ La carga se conserva
- ✓ La carga esta cuantizada.”<sup>16</sup>

En las actividades dos y tres se presentan algunos cuestionamientos que necesariamente obligan al estudiante a identificar la existencia de dos tipos de carga distintos. Igualmente es de anotar que la última propiedad (la

---

<sup>16</sup> SERWAY R. “Física para ciencias e ingeniería Vol. II”. McGraw-Hill, 4a ed. México 1992. pág. 651

carga esta cuantizada) se debe asumir para su contexto en tal nivel a partir de un argumento sencillo en el que sea mínimo el grado de abstracción para el estudiante, pues el interés radica en la comparación de la mínima cantidad de carga con respecto a diversas magnitudes (cargas) que guardan una relación directa de proporcionalidad.

#### ▪ Ley de Coulomb

La manifestación de atracción o repulsión electrostática obliga a pensar en la existencia de algún tipo de fuerza. Se concebirá la ley formulada por Charles Coulomb en la que la fuerza eléctrica (**F**) depende directamente de la magnitud de la carga (**q**) y es inversamente proporcional a la distancia (**r**) entre estas.

Una relación matemática que describe claramente este evento viene dada

$$\text{por: } \vec{F} = k_e \frac{Q \cdot q}{r^2} \vec{r}$$



Fig. 4 Imagen de manifestación de atracción entre cargas

#### 6.3.8 El Campo Eléctrico<sup>17</sup>

El concepto de campo tiene una enorme connotación en la física y en nuestro caso el concepto de campo eléctrico (**E**) es útil para describir la interacción entre dos o más cargas. Por ende asumiremos que un campo electrostático se describe como “la región (o área) del espacio alrededor de un cuerpo cargado en la cual se puede sentir influencia de cargas”<sup>18</sup>.

Matemáticamente cumple la relación:  $\vec{E} = \frac{1}{q_p} \vec{F}$

<sup>17</sup> WANGSNESS Ronald K. Campos electromagnéticos. Limusa. 1994.

<sup>18</sup> ROBINSON, Vester. Conceptos sobre electricidad. 1ª ed. México: Diana. 1974

Es de considerar que dicho concepto requiere un grado de abstracción enorme, y la asimilación de modelos conceptuales por parte del estudiante entorno a este, requerirán mucho más que una superficial caracterización.

- **Aislantes y conductores**

De los conductores podemos decir que son materiales en los que las cargas eléctricas se mueven con bastante libertad, en tanto que en los materiales aislantes las cargas se mueven con mucha dificultad.

En ambos materiales se dice que están descargados cuando en su interior existen igual número de cargas de un signo que de otro, y que están cargados si contienen más cargas de una clase que de otra. La conductividad eléctrica es independiente de lo expuesto anteriormente, y se refiere a la facilidad con que las cargas pueden moverse en el interior de un cuerpo, lo cual supone mucho más que la sola presencia de dichas cargas. La mayor parte de los fenómenos eléctricos comienzan, por lo tanto, no con la creación de cargas eléctricas sino con algún proceso que separa las cargas positivas y negativas ya presentes.

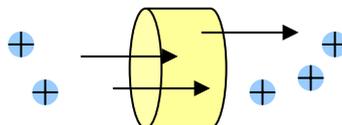
### **Conducción en metales**

De todas las diversas maneras en que la carga eléctrica es transferida de un punto a otro, la conducción metálica es la más común y la más simple de tratar. Nos hemos referido repetidamente a los conductores sólidos, como aquellos materiales en los que los electrones se pueden mover libremente en su interior, y a los aislantes sólidos, como aquellos en que los electrones están ligados a átomos o moléculas individuales de forma que no pueden desplazarse libremente. Esta descripción está demasiado simplificada y es excesivamente concluyente, y sería conveniente matizarla antes de continuar. En general, los conductores no son conductores perfectos; el movimiento de los electrones en ellos está limitado de varias maneras y puede requerir consumo de energía. Existe una diferencia muy acentuada entre conductores y aisladores, pero no

podemos decir lo mismo de las sustancias que componen cada una de estas dos categorías; algunos de estos conductores son mejores que otros y lo mismo ocurre con los aisladores; además, hay algunos sólidos llamados semiconductores que pertenecen a una categoría diferente con propiedades más o menos intermedias entre conductores y aisladores. Así como el metal se caracteriza por una gran abundancia de “portadores de carga”, las propiedades especiales de los semiconductores son debidas a la presencia de muy pocos portadores de carga, pero que sin embargo pueden moverse con relativa facilidad. La conductividad eléctrica de estos materiales puede modificarse fácilmente por pequeños cambios de pureza o de temperatura, si el número de “portadores” de carga disponibles aumenta o disminuye por estos factores.

- **Corriente eléctrica**

El concepto de corriente eléctrica esta asociado al movimiento de cargas. Siempre que exista un movimiento de cargas de igual signo se establece una corriente eléctrica, en otros términos es la tasa a la cual fluye una carga por una superficie determinada. Suele representarse el fenómeno por medio de la conducción de cargas por una superficie, como se ilustra a continuación:



**Fig. 5** Imagen de cargas viajando por un conductor

### **6.3.2 Nuevas tecnologías en la enseñanza de los fenómenos eléctricos**

Los contenidos físicos en su gran mayoría requieren un grado de abstracción muy significativo, hecho que puede incidir en la dificultad de los estudiantes para asumir los contenidos con aceptación y claridad. Por lo tanto se considera indispensable que el estudiante reconozca algunos modelos conceptuales generalizados sobre el comportamiento de las cargas, sus propiedades y caracterice claramente el concepto de campo eléctrico. Pero para que todo

esto sea posible, es necesario hacer uso de los recursos tecnológicos a nuestro alcance (nuevas tecnologías). Por ende en la iniciación de algunos contenidos de la intervención se proponen elementos modeladores por medio de software y los ya reconocidos applets<sup>19</sup>.

“Las nuevas tecnologías favorecen la formación continua al ofrecer herramientas que permiten la aparición de entornos virtuales de aprendizaje, libres de las restricciones del tiempo y del espacio que exige la enseñanza presencial”<sup>20</sup>. La manifestación de esquemas físicos en el comportamiento de cargas se evidencia a partir del diseño de un electroscopio o la simple carga por fricción sobre un peine y los trozos de papel, pero trascender del modelo práctico al modelo teórico que puede resultar más funcional trae como consecuencia un soporte tecnológico que facilitará una adquisición de modelos mentales más representativos.

- **Applets**

“Es un componente de *software* que corre en el contexto de otro programa, por ejemplo un navegador web. El *applet* debe correr en un *contenedor*, que lo proporciona un programa anfitrión, mediante un *plugin*, o en aplicaciones como teléfonos móviles que soportan el modelo de programación por *applets*.”

A diferencia de un *programa*, un *applet* no puede correr de manera independiente, ofrece información gráfica y a veces interactúa con el usuario, típicamente carece de sesión y tiene privilegios de seguridad restringidos. Un *applet* normalmente lleva a cabo una función muy específica que carece de uso independiente. El término fue introducido en AppleScript en 1993.

Ejemplos comunes de *applets* son las Java applets y las animaciones Flash. Otro ejemplo es el Windows Media Player utilizado para desplegar

---

<sup>19</sup> Estos instrumentos virtuales en su uso para la física se suelen también llamar comúnmente physlets.

<sup>20</sup> Tomado de: <http://www.cimm.ucr.ac.cr/cuadernos/cuaderno2/Cuadernos%202%20c%206.pdf>

archivos de video incrustados en los navegadores como el Internet Explorer. Otros plugins permiten mostrar modelos 3D que funcionan con una applet.

Un applet es un código JAVA que carece de un método main, por eso se utiliza principalmente para el trabajo de páginas web, ya que es un pequeño programa que es utilizado en una página HTML y representado por una pequeña pantalla gráfica dentro de ésta. Por otra parte, la diferencia entre una aplicación JAVA y un applet radica en cómo se ejecutan.”<sup>21</sup>

#### ▪ El papel del docente en el uso de los applets

“Somos conscientes que las NT requieren un nuevo tipo de alumno. Alumno más preocupado por el proceso que por el producto, preparado para la toma de decisiones y elección de su ruta de aprendizaje .O sea preparado para el autoaprendizaje, lo cual abre un desafío a nuestro sistema educativo, preocupado por la adquisición y memorización de información, y la reproducción de la misma en función de patrones previamente establecidos.

En cierto modo estos nuevos medios, reclaman la existencia de una nueva configuración del proceso didáctico y metodológico tradicionalmente usado en nuestras instituciones, donde el saber no tenga porque recaer en el profesor y la función del alumno no sea la de mero receptor de informaciones.

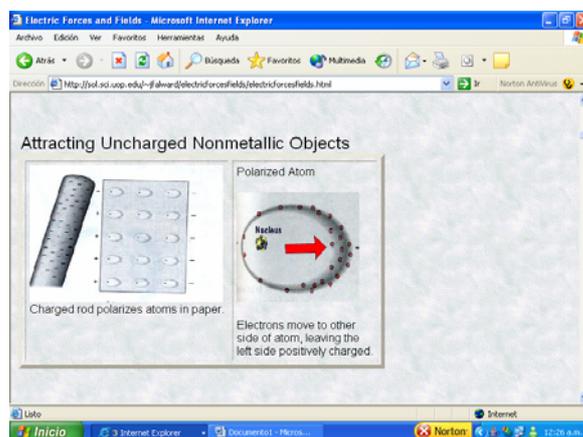
Esto plantea un cambio en los roles tradicionalmente desempeñados por las personas que intervienen en el acto didáctico, que llevan al profesor a alcanzar dimensiones más importantes, como la del diseño de situaciones instruccionales para el alumno y tutor del proceso didáctico.

---

<sup>21</sup> Tomado de: <http://es.wikipedia.org/wiki/Applet>

Creemos que los caminos no serán solo aplicar las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza, en la formación de profesores y en la interacción con los estudiantes a través del uso de software en general y de hipertextos en especial a fin de lograr la promoción de la lectura, que sin duda debe acentuarse, sino en reconocer que con estos medios también se da este proceso de un modo diferente y con ello, el desarrollo de las funciones más formales del pensamiento.”<sup>22</sup>

La apropiación de modelos conceptuales en torno a conceptos tales como campo eléctrico, líneas de campo y la manera como actúa la fuerza eléctrica entre dos cargas suele facilitarse por medio del uso de applets y modelos programados por medio de nuevas tecnologías. En una de las actividades propuestas (ver Anexo B) se involucra al estudiante en la manipulación de algunos modelos en los cuales la variación de ciertos parámetros cambia la situación del problema y eso ya implica una actitud más crítica y reflexiva en el estudiante frente al modelo científico. Veamos una sencilla aplicación de applets en el comportamiento de cuerpos cargados.



**Fig. 6** Atracción de cargas en objetos no metálicos<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Tomado de: ta-extencioncultural@ed.gba.gov.ar

<sup>23</sup> Imágenes extraídas de:

<http://sol.sci.uop.edu/~jfalward/electricforcesfields/electricforcesfields.html>

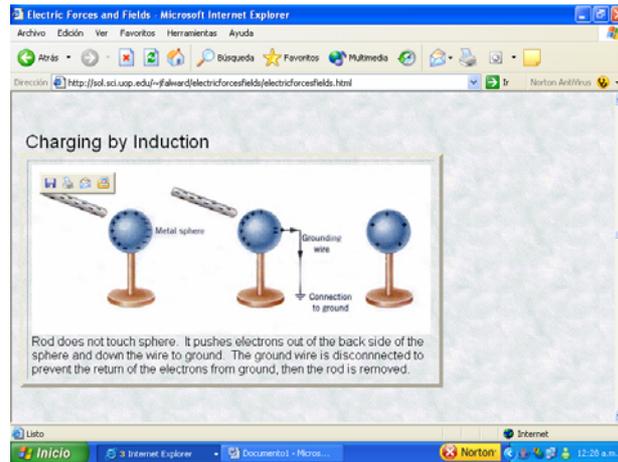


Fig. 7 Cargando por conducción

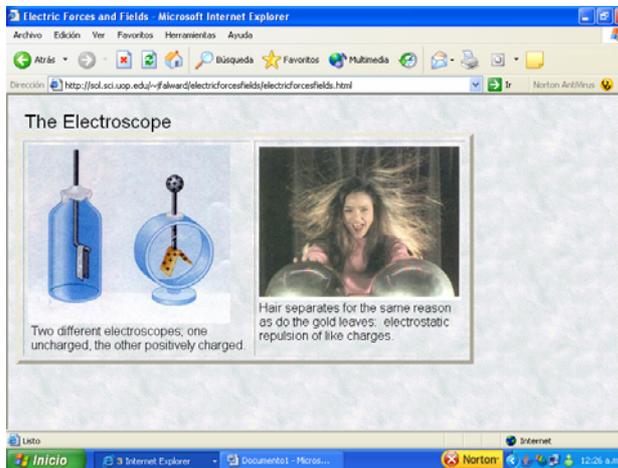


Fig. 8 Electroscopio

## 6.4 RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN ELECTRICIDAD

Desde hace muchos años para los estudiantes de básica y media vocacional ha sido una dificultad permanente el enfrentarse a un problema de cualquier tipo en matemáticas y ciencias naturales, y aun más difícil enfrentarse a un problema de electricidad. Si bien es cierto que para resolver cualquier tipo de situación es necesario que los estudiantes estén en la capacidad de analizar situaciones conceptuales de manera que los conceptos sean útiles para resolver los problemas, desafortunadamente, esto no parece cumplirse.

Medina Allende y Haya de la Torre, plantean que: “La resolución de problemas es una de las estrategias más utilizadas por los profesores de ciencias tanto durante la instrucción como en la etapa de evaluación. Paradójicamente, es

también uno de los obstáculos más frecuentes con que se encuentra el alumnado durante su proceso de aprendizaje en los cursos de ciencias, que se traduce en el fracaso generalizado al momento de la evaluación.”<sup>24</sup>

No debería presentarse este tipo de fracaso en la evaluación al hacer uso de problemas puesto que los problemas parten de situaciones reales y cotidianas, entonces la pregunta sería: ¿por que al llevar dichas situaciones al aula de clase presentan tanta dificultad? Además si se analizan los fenómenos eléctricos los encontramos en todo momento y en todo tipo de situación, por lo tanto no es conveniente deshacer lazos tendidos entre la electricidad, las situaciones vividas y la temática vista en la escuela. Hay que tener en cuenta que la vida mental de los estudiantes es producto de las experiencias vividas en las relaciones sociales y su conocimiento es producto de un desarrollo, que en el caso de las ciencias a la hora de resolver un problema de electricidad tiene mucha importancia la “representaciones internas del problema” y el manejo de los conceptos de los estudiantes.

William Leonard, William Gerace y otros plantean en su investigación que: “La resolución de problemas eficiente consiste principalmente en realizar elecciones –en qué concentrarse, qué principio aplicar, qué representación usar, qué ignorar. Sin embargo, la mayoría de los estudiantes tiene, como máximo, una manera de resolver cada problema en particular. Las elecciones necesariamente involucran conceptos, porque son los conceptos los que se usan para hacer comparaciones. Cuanto más fomentemos que los estudiantes hagan análisis cualitativos antes de resolver los problemas, más mejorarán su habilidad para resolverlos.”<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> BUTELER Luara, y otros. La resolución de problemas en física y su representación: Un estudio en la escuela media. En: Enseñanza de las ciencias. N° 19. 2001. pág. 285

<sup>25</sup> LEONARD William y otros. Resolución de problemas basada en el análisis. Hacer del análisis y del razonamiento el foco de la enseñanza de la física. En: Enseñanza de las ciencias. N° 20. 2002. pág. 393

Conceptos que ellos han formado a través de su vivencia y recorrido social los cuales se hacen necesario llevar a comparar, ratificar y perfeccionar con los “contenidos científicos” a la escuela, siendo esta una de las razones que deben tener en cuenta los docentes, para partir de las concepciones previas de los estudiantes y aprovechar estas para darle un verdadero sentido al concepto de electricidad, en nuestro caso.

Se hace necesario entender que si partimos de las necesidades de los estudiantes, es decir sus ideas previas, van a encontrar más sentido a los conceptos y se van a atrever a analizar más, permitiéndoles esto distinguir entre las concepciones científicas y las cotidianas, y no separar el mundo científico de lo real, ya que muchas veces como docentes le hacemos ver a los estudiantes la ciencia y en especial los fenómenos eléctricos como algo ficticio, olvidando que convivimos día a día con la electricidad y otros fenómenos. Hay que invitarlos a que analicen, pues esto les ayuda con la comprensión conceptual, de manera que razonen y reflexión sobre situaciones cotidianas y científicas, facilitándoles así la solución de problemas no solo de electricidad sino de cualquier tipo de problema científico.

## 7. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

### 7.1 METODOLOGÍA

El planteamiento, diseño y ejecución de la investigación se llevó a cabo en cuatro fases, como se presenta a continuación:

#### **Fase 1: Delimitación del problema de investigación y búsqueda de elementos bibliográficos para la propuesta**

Para el desarrollo de la investigación se eligió la Institución Educativa José Antonio Galán, igualmente a uno de los autores le fue asignado el lugar para llevar a cabo su práctica pedagógica y con ello la ejecución de la propuesta.

Durante esta primera fase fue muy importante el acercamiento del docente con la institución, ya que fue posible la identificación de diversos agentes que posiblemente influirían en los resultados de la propuesta. Se analizó el proceso de enseñanza y aprendizaje en el entorno escolar y más precisamente en el grado once, donde se ejecutaría la temática y actividades (ver anexo B).

Inicialmente se caracterizó la muestra a partir de una encuesta (ver anexo A) en la cual se indagaba sobre algunos aspectos sociales, culturales y personales de los estudiantes que posiblemente afectarían la investigación y la orientación de la misma.

Paralelo a la práctica pedagógica en la Institución, se llevó a cabo la búsqueda bibliográfica (textos, revistas, artículos, videos, software, páginas web, etc.) que soporta teóricamente la investigación.

La propuesta concluyó con los resultados presentados como anteproyecto (problema, campo de acción, objetivo, preguntas de investigación, cronograma de actividades, antecedentes, encuesta)

## **Fase 2: Diseño de actividades y contenidos de intervención en el aula**

Luego de analizar el problema de investigación, objetivos y definir la teoría de aprendizaje que sería el soporte pedagógico de la intervención; se estructuraron las temáticas sobre electricidad, diseñaron las actividades teórico-prácticas, lecturas y guías de laboratorio que se esperaban implementar tomando algunas de las fuentes como referencia y la teoría de modelos mentales y conceptuales como centro de atención para el diseño e implementación.

## **Fase 3: Implementación de contenidos y actividades**

La institución educativa contaba con tan solo un grado once, en donde fueron ejecutadas algunas de las temáticas y actividades (ver anexo B y C). Las actividades fueron entregadas a cada estudiante y su desarrollo siempre se elaboró en forma individual. El desarrollo de cada sesión de trabajo siempre estaba dirigido y controlado por el docente (practicante).

Después del desarrollo de cada actividad, los estudiantes hacían su devolución al docente, iniciaba la discusión de algunas situaciones presentadas en las actividades y en la siguiente sesión se hacía la socialización respectiva. La evaluación era permanente y los criterios para esta, iban desde el cumplimiento de las actividades de clase, la solución de los talleres y la resolución de pruebas escritas.

### **Cuadro 2. Dosificación Actividades**

<b>Contenido</b>	<b>Tiempo (min.)</b>	<b>Descripción</b>
Int. a la electrostática	60	Act. Descriptiva-Teórica 1
Propiedades de las cargas	120	Act. Descriptiva-Experiencia 2 Act. Descriptiva-Experiencia 3 Lectura “electrizada”

Aislantes y Conductores	60	Act. Descriptiva-Experiencia 4
Fuerza Eléctrica	60	Act. Descriptiva 5
Campo Eléctrico	60	Act. Descriptiva 6 Applets (Sala de Informática)

### **Orientación de las Actividades**

Como se aprecia claramente en el cuadro anterior, además de los contenidos sobre electricidad se presenta la temática asociada al magnetismo y uno de los motivos para la introducción de dicha temática es que los estudiantes no diferencian los fenómenos eléctricos de los magnéticos y aunque es claro que tienen enormes relaciones, muchos fenómenos no permiten la explicación a partir de ambos casos (hecho que desconoce el estudiante). Es de aclarar que las actividades no son la única herramienta de enseñanza que soportan la propuesta, el docente es el principal participe de los resultados, ya que su discurso, conocimientos y orientaciones en cada una de las temáticas involucran al estudiante en el desarrollo continuo y profundo de las sesiones y con ello de un conocimiento apropiado por medio de la elaboración de modelos mentales cada vez más significativos.

- ✓ **Int. a la electrostática:** Se les suministran a los estudiantes la actividad descriptiva 1 la cual se lleva a cabo en forma individual.
- ✓ **Prop. de las cargas:** Los estudiantes dispondrán del espacio del laboratorio para dicha actividad la cual realizarán en grupos de 3 personas. Tendrán acceso al uso de la barra de vidrio y plástico, frasco de muestras, electroscopio y lana, Además de la lectura electrizada para leerse y estudiarse por grupos de 3 personas.
- ✓ **Aislantes y Conductores:** En el salón de clase el profesor entregará la actividad descriptiva 4 relacionada con este contenido.
- ✓ **Fuerza Eléctrica:** En el salón de clase el profesor entregará la actividad descriptiva 5 relacionada con este contenido.

- ✓ **Campo Eléctrico:** En el salón de clase el profesor entregará la actividad descriptiva 6 relacionada con este contenido. Luego se procederá a orientar la práctica virtual en el aula de informática.

Las actividades requieren de una óptima orientación del proceso y no solo se limita a la propuesta escrita que se plasma aquí; El docente debe tener una gran apropiación de los contenidos, actividades y software, ya que en muchas sesiones de trabajo la clase magistral del profesor se torna imprescindible.

#### **Fase 4: Procesamiento de la información**

Las diversas actividades y pruebas resueltas por los estudiantes fueron analizadas a la luz de la teoría de modelos mentales y conceptuales utilizando para ello un cuadro de categorización que se presenta más adelante. Igualmente la interpretación estadística arrojó diversos resultados como se presentan a continuación.

### **7.2 RESULTADOS**

El proyecto investigativo fue ejecutado en la I. E. José Antonio Galán, perteneciente al núcleo 916 y Ubicada en la carrera 44A N° 93-27, comuna tres (Manrique).

El objetivo de nuestra investigación fue detectar el tipo de representación mental (representaciones proposicionales, imágenes, modelos conceptuales) que los alumnos utilizan al resolver problemas y aspectos teóricos sobre los fenómenos eléctricos.

Se asume que los diversos tipos de representación internas del estudiante pueden ser reflejadas de alguna manera a partir de sus representaciones externas, es decir, el estudiante puede exteriorizar por medio de la escritura, dibujos, diagramas o palabras sus conocimientos internos. Toda esta información nos brinda indicios sobre como razonan.

### **7.2.1 Procesamiento de la información**

La investigación realizada se ejecutó durante la última parte del cuarto periodo, correspondiente a los meses de Octubre-Noviembre de 2004 (época en que según el plan de estudios se inicia la enseñanza de la temática). Durante este corto tiempo se desarrolló el trabajo con un grupo de 42 estudiantes de secundaria (grado undécimo) en el Área de Física, cuya intensidad horaria semanal es de 3 sesiones de 50 minutos de las cuales disponíamos de dos sesiones a la semana para la intervención. En total fue posible realizar seis sesiones de clase en las cuales se plantearon tres actividades y los contenidos asociados al tema en cuestión. Es de considerar que los estudiantes ven por primera vez el contenido de electricidad.

Durante las primeras cuatro sesiones de trabajo se propusieron actividades enfocadas a indagar por la capacidad explicativa del fenómeno de atracción y repulsión electrostática a partir de situaciones problema. En las actividades los estudiantes trabajan en forma individual con cuestionarios en los cuales deben realizar descripciones y representaciones de diversos problemas planteados. En las demás sesiones de trabajo se explicaron los contenidos que habían sido indagados en las actividades previas y los fenómenos asociados a la electricidad.

En la enseñanza de la temática se dispuso de elementos audiovisuales y montajes ilustrativos de los problemas anteriormente cuestionados en las actividades.

Debido al corto tiempo de ejecución de que se dispuso, no fue posible abordar todo el contenido de electrostática, por lo cual los resultados que se presentan a continuación corresponden a las actividades ejecutadas, pero igualmente se plantean todos los elementos que esperaban ser desarrolladas.

## **Categorización<sup>26</sup>**

Manejaremos cinco tipos de categorías de acuerdo a las preguntas elaboradas en los cuestionarios, **las categorías estarán basadas en las actividades elaboradas durante las sesiones de trabajo, el desempeño observado a los estudiantes en clase y el desarrollo de trabajos escritos.** Cada categoría estará determinada por unas características básicas, Como son: Representación Proposicional, las representaciones graficas de las respuestas (imágenes), la capacidad explicativa, la resolución de problemas y articulación de conceptos físicos. A continuación se caracteriza cada una de estas características.

- **Representación Proposicional:** esta se entiende por la capacidad que tenga el estudiante para representar las situaciones por medio de algoritmos matemáticos.
- **Imágenes:** la capacidad que tenga el estudiante para representar por medio de imágenes lo que el entiende del fenómeno físico que se esta imaginando en esos momentos.
- **Capacidad explicativa y predicativa:** la manera como el estudiante exprese lo que entiende por el fenómeno observado o indagado en esos momentos.
- **Resolución de problemas:** aquí no se entiende la resolución de problemas solo como algo algorítmico, sino también como situaciones problemáticas que se le plantean al estudiante y el resuelva.

---

<sup>26</sup> Los criterios de categorización han sido extraídos de: GRECA I. M y MOREIRA M. A. Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo. En: Enseñanza de las ciencias. Vol 16. Nº 2 (1998), pág. 293. Se han realizado diversas modificaciones para su contexto en el aula.

- **Articulación de otros conceptos físicos:** Esta se refiere a como el estudiante es capaz de utilizar otros conceptos físicos para explicar los conceptos y fenómenos por los cuales se le está indagando.

**La categoría 0:** Corresponde a los estudiantes cuya respuesta no es acertada, igual responden a ciertas características ya mencionadas a la hora de indagarles por el concepto pero los términos manejados en el discurso, esquema o gráficos no son los más apropiados (asumiendo como apropiados, aquellos que se acercan a los modelos ya establecidos por la comunidad científica)

**La categoría 1:** Corresponde a los estudiantes que no tienen formado un modelo físico claro, pero trabajan con representaciones proposicionales no integradas.

**La categoría 2:** Corresponde a los estudiantes que no han formado un modelo físico claro de Electrostática, trabajan con modelos teóricos que describen características aproximadas a lo esperado o modelos matemáticos que les permiten “resolver los problemas”.

**La categoría 3:** Esta designa los estudiantes que formaron algún tipo de representación mental física, que incluya las relaciones fundamentales de la teoría, que estén de acuerdo con las concepciones científicas compartidas sobre el concepto, que responden a ciertas características ya mencionadas a la hora de indagarles por el concepto.

**La categoría 4:** Aquí se encuentran los estudiantes que elaboraron un modelo consistente y tienen algunos o todos los conceptos claramente establecidos sobre los fenómenos asociados.

**Cuadro 3. Categorización de Actividades**

<b>Categoría</b>	<b>Representación Proposicional</b>	<b>Imágenes</b>	<b>Capacidad explicativa</b>	<b>Resolución de problemas</b>	<b>Articulación de otros conceptos físicos</b>	<b>Dominio Conceptual</b>
<b>0</b>	Sí	No	Mala	Ensayo y Error	No	No
<b>1</b>	Sí	No	Mala	Ensayo y Error	Regular	Regular
<b>2</b>	Sí	Sí	Regular	interpretación Física moderada sin desarrollo de algoritmos	Sí	Regular
<b>3</b>	Sí	Sí	Buena	Resolución Eficiente Interpretación física de los resultados	Sí	Sí
<b>4</b>	Sí	Sí	Muy buena	Resolución eficiente. Planteo e interpretación de los resultados en términos físicos	Sí	Sí

Después de establecidas las categorías para las diversas actividades se inició con el análisis de cada una de ellas tomando siempre como criterio la categorización y teniendo presente que los argumentos comparativos para ubicar cada una de las respuestas esta establecido bajo los criterios de la comunidad científica para la explicación de cada fenómeno o situación en cuestión (Ver temática de fenómenos eléctricos).

### **Marco contextual de los estudiantes de grado once de la I. E José Antonio Galán**

La población objeto de Investigación esta constituida por 42 alumnos del grado 11-1 de los cuales 17 son mujeres y 25 hombres. Las edades de los alumnos oscilan entre los 16 y 18 años.

La mayoría de los estudiantes residen en el barrio Aranjuez y una pequeña parte de la muestra vive en barrios aledaños como Manrique. El estrato socioeconómico de los estudiantes se ubica entre el 1, 2 ó 3. Lo que da indicios de que pertenecen a una condición social media-baja.

La información arrojada por la encuesta muestra que los estudiantes prefieren dedicar su tiempo libre a actividades tales como ver televisión y hacer deporte. La mayoría de los alumnos les gusta estudiar y la materia preferida es la matemática a diferencia de la física que resultó no ser de mucho agrado. El nivel de motivación por esta ciencia (Física) es intermedio, dicho resultado se debe en gran medida a un interés personal, como lo registran los resultados de la encuesta.

## **Análisis de la información**

### **Actividad # 1**

Esta actividad fue introductoria y las preguntas consignadas allí fueron pensadas para dar respuesta con los conocimientos previos del estudiante sin habersele presentado algún tipo de contenido previo como tal.

La actividad esta orientada al dominio básico de algunas situaciones físicas del entorno inmediato concernientes a los fenómenos eléctricos. Frente a los resultados arrojados en las diversas preguntas y el análisis elaborado a partir de la categorización, se estableció que:

Los estudiantes no definen en forma correcta los términos básicos asociados a la electricidad, de hecho tienen serias dificultades en explicar el concepto mismo.

Los alumnos reconocen distintos elementos donde interviene la electricidad, pero al ser cuestionados en forma detallada presentan poco dominio conceptual y una disminuida capacidad explicativa del fenómeno.

Asumen la electricidad como una fuente de energía y asocian indistintamente los términos potencia, luz, energía y corriente. La mayoría de ellos visualizan los fenómenos eléctricos solo a partir de aparatos electrónicos y en ningún momento manifiestan relación alguna con elementos atómicos o conceptos como partículas o cargas.

Distinguen superficialmente materiales aislantes y conductores, pero no dan razón alguna sobre la influencia de la electricidad y su relación con dichos materiales. No justifican claramente sobre que y como viaja la “electricidad”<sup>27</sup> a través de algunos medios como el alambre, pero consideran que la velocidad a la cual se desplaza es muy grande.

---

<sup>27</sup> De hecho sería mucho más conveniente hablar del desplazamiento de cargas a través del medio

Algunas respuestas e ilustraciones de los estudiantes con respecto a contenidos de esta actividad se presentan en el anexo ¿?

Después de la primera sesión donde se indagaron algunas situaciones generales asociadas a la electricidad y se identificó que los estudiantes en ningún momento reconocían los fenómenos eléctricos con características como la atracción o repulsión electrostática. Se procedió por medio de una clase magistral a la presentación e introducción de los contenidos básicos sobre electricidad, los antecedentes históricos sobre este fenómeno y algunas situaciones cotidianas donde se evidencia en forma clara la validez de la teoría.

Los estudiantes parecen no estar muy alejados del pasado, ya que muchos de ellos asumían la electricidad como un fluido o una fuerza desconocida que producía movimiento.

De hecho desde las afirmaciones registradas en la actividad número uno podría asumirse claramente que para los estudiantes luz y electricidad son sinónimos y no presentan diferencia alguna.

En la sesión de trabajo número dos se hizo evidente la dificultad que tienen los estudiantes para asociar y diferenciar claramente los conceptos de energía, trabajo, potencia, corriente, electricidad y magnetismo.

## **Actividad # 2**

Para que el estudiante identifique, reestructure su concepción y modifique sus modelos sobre la atracción entre cuerpos y los términos ligados a la electricidad como lo son: carga, corriente y energía; en la actividad # 2 (ver anexos) se presenta una de las experiencias clásicas de atracción electrostática (cargar una barra por fricción y visualizar la atracción con algunos elementos).

Los estudiantes describen en forma apropiada el comportamiento de los cuerpos al ser atraídos por la barra, representan gráficamente el fenómeno y

evidencian aunque no claramente, las causas anteriores al evento que producen dicho efecto.

Los estudiantes no explican en forma precisa el por que de la atracción entre los elementos. Saben de la existencia de algo en el objeto que hace que se atraigan las piezas pero al tratar de dar una argumentación válida la mayoría de ellos asocian la atracción como consecuencia del calor (el objeto toma energía y causa una atracción).

La mayoría de los estudiantes perciben la atracción entre los elementos como una situación momentánea que depende de la fricción de la barra e igualmente de la distancia, pero cuando se cuestiona sobre la posible existencia de una fuerza las respuestas son contradictorias.

Muchos alumnos aún asumen la fuerza como una acción que solo es producto del contacto entre los cuerpos y como en el instante mismo no hay ningún contacto renuncian a está afirmación (Ver anexos).

Los esquemas asociados a la interacción entre los cuerpos manifiestan que los estudiantes no distinguen la fuerza como una cantidad vectorial, orientan el movimiento de los cuerpos al ser atraídos por el objeto por medio de flechas pero no ubican un gráfico representativo de las diversas variables que intervienen en el fenómeno.

Muy pocos estudiantes hablan de conceptos como carga o atracción y repulsión entre cuerpos, aún sabiendo que dichos conceptos fueron discutidos en la sesión anterior al desarrollo de esta actividad.

### **Actividad # 3**

Antes de aplicada esta actividad, se asume que el estudiante ya domina los conceptos básicos de electrostática, distingue las propiedades de las cargas, los antecedentes históricos sobre esta teoría y las representaciones básicas sobre la interacción entre cargas. Igualmente se asume que dominan y caracterizan algunos componentes de la materia.

Por la coherencia en las respuestas y propiedad para mencionar algunos términos, podría asumirse que los estudiantes ya identifican las propiedades de las cargas, diferencian fenómenos de repulsión y atracción entre cargas y representan superficialmente el comportamiento de estas al interactuar con los elementos.

Distinguen algunos tipos de materiales aislantes y conductores, la mayoría de ellos pueden dar razón del comportamiento de las cargas a través de dichos materiales pero no explican ni representan de manera apropiada la interacción con la materia.

Muchos estudiantes diferencian cargas positivas de negativas y más aún su comportamiento cuando interaccionan unas y otras.

## 8. CONCLUSIONES

El planteamiento de actividades como las diseñadas facilita la dinámica grupal, el diagnóstico previo y la interpretación de las concepciones y modelos que los estudiantes utilizan en la descripción de diversos fenómenos físicos.

La metodología de trabajo es muy apropiada, ya que permite hacer un estudio global de los contenidos proporcionando modelos de aprendizaje más funcionales para el estudiante.

Aunque no se ejecutaron la totalidad de las actividades y el desarrollo de contenidos fue breve, se evidencia que los estudiantes asimilan los modelos conceptuales planteados por el docente y los asocian en forma inmediata con los problemas teóricos a los cuales son sometidos.

Es preciso el diseño y orientación coherente de los contenidos sobre electricidad, la exigencia conceptual debe ser mayor ya que se evidenció que los estudiantes no tienen muy buena apropiación de los conceptos físicos que podrían facilitarles la resolución de los problemas sobre electricidad.

## REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS

BUTELER Laura, et al. La resolución de problemas en física y su representación: un estudio en la escuela media. En: Enseñanza de las ciencias. Vol 19, N°2 ( 2001) ; p. 285-295

BERNARDINO Lopes, J. Desarrollar conceptos de física a través del trabajo experimental: evaluación de auxiliares didácticos. En: Enseñanza de las ciencias. Vol 20, N° 1 (2002) ; p. 285-295

DART, Francis E. Electricidad. Editorial Labor S.A. Barcelona 1974

GRECA I. M y MOREIRA M. A. Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo. En: Enseñanza de las ciencias. Vol 16. N° 2 (1998), pág. 293.

\_\_\_\_\_ Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En: Revista Brasileira de Pesquisa. Porto Alegre. Vol. 2. N° 3. 2002.

HEWITT, PAUL G. "Conceptos de Física". Editorial limusa, 3ª edición, 1998

LEONARD William y otros. Resolución de problemas basada en el análisis. Hacer del análisis y del razonamiento el foco de la enseñanza de la física. En: Enseñanza de las ciencias. N° 20. 2002. p (387-400)

PINEDA Guillermo. Física Conceptual. Universidad de Antioquia. Medellín. 2005. p. 274.

POPOVIC Zoya. Introducción al electromagnetismo. 1ª ed. México: Continental. 2001

RAMÍREZ S, Ricardo y Villegas R, Mauricio. Investiguemos 11. 11ª ed. Bogotá: Voluntad. 1989

ROBINSON, Vester. Conceptos sobre electricidad. 1ª ed. México: Diana. 1974

SERWAY R. "Física para ciencias e ingeniería Vol. II". McGraw-Hill, 4a ed. México 1992.

VESTER Robinson. "Conceptos sobre electricidad: Un manual programado de autoenseñanza".

VILLEGAS R, Mauricio y otros. Investiguemos 11. Editorial Voluntad. Bogotá. 1985.

WANGSNESS Ronald K. "Campos electromagnéticos" Limusa. 1994.

Serie radial Historia de las ciencias. Facultad de ciencias exactas y naturales. Universidad de Antioquia. [Citado el 05 de febrero de 2006] Disponible en: <http://matematicas.udea.edu.co/~exacta/>

Sin autores. [Citado el 21 abril de 2006] Disponible en: <http://ticat.ua.es/meet/recerca-didactica/tesi-Almudi/04Planteamiento-problema.pdf>

Departamento de laboratorios. Santiago de Cali. [Citado el 21 abril de 2006] <http://www.usc.edu.co/laboratorios/archivos/propuesta/ELECTROSTATICA.pdf>

RIVERA Vanesa. ¿Cómo armar un cuestionario? [Citado el 10 de Julio de 2006] disponible en: <http://www.rppnet.com.ar/cuestionario.htm>

Sin autores. [Citado el 20 Agosto de 2006] Disponible en:

[http://www.blues.uab.es/~sice23/congres2005/material/Simposios/07\\_investigacion\\_concep/Zubimendi\\_665A.pdf](http://www.blues.uab.es/~sice23/congres2005/material/Simposios/07_investigacion_concep/Zubimendi_665A.pdf)

Wikimedia Foundation, Inc. [citado el 20 agosto de 2006] Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Applet>

ALWARD Joseph F. Department of Physics. University of the Pacific. [Citado el 03 de Septiembre de 2006]. Disponible en: <http://sol.sci.uop.edu/~jfalward/electricforcesfields/electricforcesfields.html>

Sin autores. [Citado el 02 Noviembre de 2006] Disponible en: <http://www.colorado.edu/physics/2000/applets/nforcefield.html>

CASTELLANOS Orvelis A. Metodología para la activación del proceso de enseñanza-aprendizaje de las asignaturas técnicas en la Enseñanza Técnica y Profesional. Universidad Pedagógica “Frank País García”, de Santiago de Cuba. CUBA. [citado 10 Diciembre de 2006] Disponible en: <http://www.educar.org/articulos/Metodolog%C3%ADa%20para%20la%20activaci%C3%B3n%20del%20proceso%20de%20ense%C3%B1anza-aprendizaje%20de%20las%20asignaturas%20t%C3%A9cnicas%20en%20la%20Educa%C3%B3n%20T%C3%A9cnica%20y%20Profesional-ORIGINAL.pdf>

FRASCINO Agustín J. [Citado el 10 Diciembre de 2006] Disponible en: <http://www.tecnoedu.com/F1000.php#E>

Sin autores [Citado el 15 enero de 2007] Disponible en: <http://ticat.ua.es/meet/recerca-didactica/tesi-Almudi/04Planteamiento-problema.pdf>

Sin autores [Citado el 15 enero de 2007] Disponible en: [http://www.blues.uab.es/~sice23/congres2005/material/Simposios/07\\_investigacion\\_concep/Almudi\\_665D.pdf](http://www.blues.uab.es/~sice23/congres2005/material/Simposios/07_investigacion_concep/Almudi_665D.pdf)

## ANEXOS

### Anexo A: Encuesta a estudiantes

*Apreciado estudiante; La siguiente encuesta es un elemento de apoyo para la realización de un proyecto de grado en la licenciatura en Matemáticas y Física de la U. de A. Con ella se busca el conocimiento de sus motivaciones e intereses frente a su desarrollo académico y personal, por lo que le solicitamos responda con la mayor sinceridad del caso.*

***¡Gracias por su colaboración!***

---

Marque con X una opción de respuesta en cada una de las siguientes situaciones y responda la pregunta en caso de ser requerida.

1. Sexo: Masculino\_\_\_\_\_ Femenino \_\_\_\_\_
2. Edad (años): 14\_\_\_\_ 15\_\_\_\_ 16\_\_\_\_ 17\_\_\_\_ 18\_\_\_\_ 19\_\_\_\_ Otro \_\_\_\_\_
3. Estrato socio económico: 1\_\_\_\_ 2\_\_\_\_ 3\_\_\_\_ 4\_\_\_\_ Otro\_\_\_\_ ¿Cuál?\_\_\_\_\_
4. Lugar de Residencia (Municipio, Barrio, Corregimiento): \_\_\_\_\_
5. ¿Con quién vive? Padres\_\_\_\_Tíos\_\_\_\_Abuelos\_\_\_\_Hermanos\_\_\_\_Otros\_\_\_\_  
¿Quiénes?\_\_\_\_\_
6. ¿Qué actividad realiza con mayor frecuencia en sus tiempos libres?  
Estudiar\_\_\_\_ Leer\_\_\_\_ Escribir\_\_\_\_ Dormir\_\_\_\_ Ver TV\_\_\_\_ Hacer deporte\_\_\_\_  
Trabajar\_\_\_\_ Otras\_\_\_\_ ¿Cuáles?\_\_\_\_\_
7. ¿Le gusta estudiar? SI\_\_\_\_\_ NO\_\_\_\_\_  
¿Por qué?\_\_\_\_\_  
(Si su respuesta es afirmativa continúe con el ítem 8 de lo contrario pase al ítem 10)
8. ¿Cuál es la materia que más le gusta? \_\_\_\_\_  
¿Por qué?\_\_\_\_\_
9. ¿Cuál es la materia que más le disgusta? \_\_\_\_\_

¿Por qué? \_\_\_\_\_

**10.** ¿Cuál es su aspiración profesional?

Médico\_\_\_    Ingeniero\_\_\_    Profesor\_\_\_    Deportista\_\_\_    Abogado\_\_\_  
Psicólogo\_\_\_    Otro\_\_\_    ¿Cuál?\_\_\_\_\_

**11.** En una escala de 0 a 10 (teniendo a 0 como poca motivación y 10 como la motivación más alta), ¿cual es su nivel de motivación con respecto a la física?

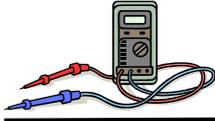
0\_\_\_ 1\_\_\_ 2\_\_\_ 3\_\_\_ 4\_\_\_ 5\_\_\_ 6\_\_\_ 7\_\_\_ 8\_\_\_ 9\_\_\_ 10\_\_\_

**12.** De acuerdo con la respuesta anterior, su nivel de motivación por la física se debe en gran medida a:

- a. La calidad de la institución \_\_\_\_\_
- b. Los docentes de los cursos \_\_\_\_\_
- c. Los contenidos de los cursos \_\_\_\_\_
- d. Interés personal \_\_\_\_\_
- e. Otro \_\_\_\_\_

¿Cuál? \_\_\_\_\_

## Anexo B: Actividades propuestas



### Actividad # 1

**¡Atención!** la actividad que a continuación se presenta debe realizarse en forma individual. Por favor responda las preguntas con la mayor seriedad y sinceridad del caso.

**Nombre:** \_\_\_\_\_

1. Describa en forma breve ¿Qué es electricidad?

---

---

---

2. Enuncie tres situaciones donde la electricidad interviene.

- a. \_\_\_\_\_
- b. \_\_\_\_\_
- c. \_\_\_\_\_

3. Enuncie 3 artefactos que funcionan por medio de electricidad.

- a. \_\_\_\_\_
- b. \_\_\_\_\_
- c. \_\_\_\_\_

4. Observe el botón de encendido, el cable y las lámparas del salón. ¿Por que cree que dichas lámparas producen luz?

---

---

---

5. ¿Qué viaja por el alambre hasta la lámpara que hace que esta encienda?

---

---

---

6. ¿El alambre dentro del cable puede ser de cualquier material? ¿Por qué?

---

---

---

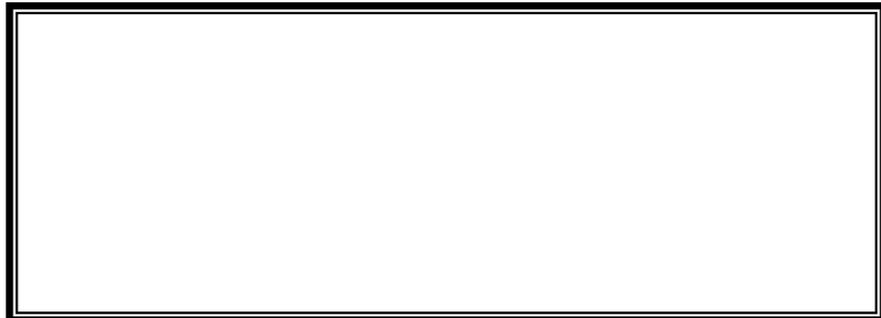
7. ¿Qué factores hacen que se produzca la electricidad?

---

---

---

8. En el rectángulo que se presenta a continuación, elabore una representación gráfica que le permita visualizar el fenómeno de la electricidad



9. Algunas veces al tocar un alambre decimos “me cogió la electricidad”. A que nos referimos con dicho comentario.

---

---

10. En ocasiones en aparatos eléctricos se producen “cortos circuitos”. Explique a que nos referimos con dicho término.

---

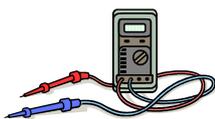
---

---

**11.** Tal vez ha escuchado, visto o leído alguna vez la palabra electrón (cuando ha estudiado el átomo en Química). ¿Cree que hay alguna relación entre la palabra electrón y el término electricidad? Explique.

---

---



**Actividad # 2**

**¡Atención!** la actividad que a continuación se presenta debe realizarse en forma individual. Por favor responda las preguntas con la mayor seriedad y sinceridad del caso.

**Nombre:** \_\_\_\_\_

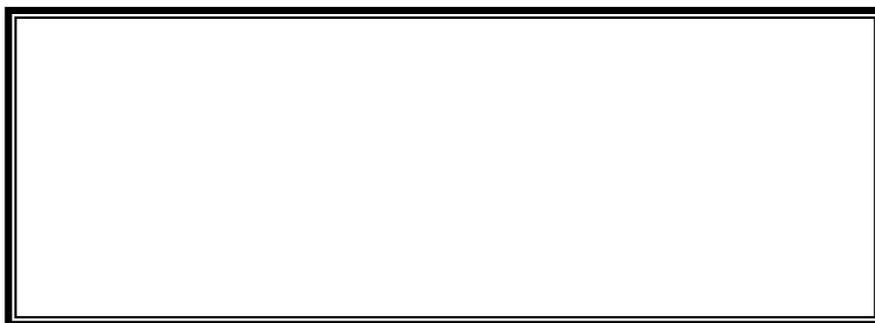
1. Tome una regla o peine y algunos trocitos de papel. Frote el objeto (regla o peine) contra su piel o cabello durante unos segundos y luego acérquelo a varios trozos de papel: describa lo que observa.

---

---

---

Elabore un gráfico que ilustre la situación



2. ¿Se atrajeron los objetos? ¿Por qué?

---

---

---

3. ¿Considera que siempre se atraerán? ¿Por qué?

---

---

---

4. ¿Entre más frote la regla a su piel, más trozos de papel se adhieren? Explique.

---

---

---

5. ¿Entre más cerca estén los papeles al objeto (regla o peine) más fácilmente se atraen?

---

---

---

6. ¿Se atraerán los trozos de papel si aleja demasiado la regla? ¿Por qué?

---

---

---

7. ¿Considera que existe alguna fuerza presente en el objeto (regla o peine) que hace que se adhieran los trozos de papel?

---

---

---

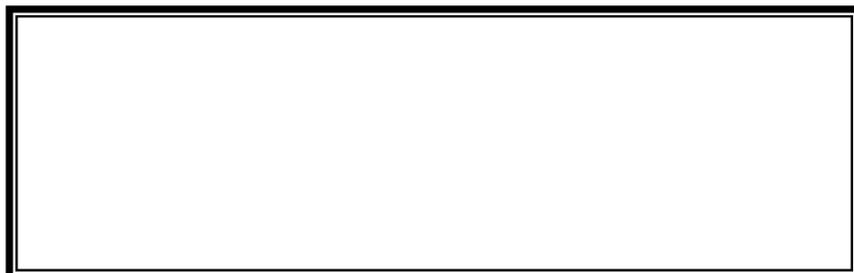
8. ¿Considera que la atracción entre los trozos de papel y el objeto (regla o peine) depende de la distancia? ¿Depende de la fricción del objeto (regla o peine) y su cuerpo?

---

---

---

Elabore una representación de los factores físicos que intervienen en la atracción del objeto (regla o peine) y los trozos de papel.



9. ¿Qué entiende por carga eléctrica?

---

---

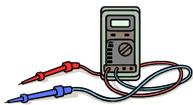
---

10. ¿Podría decir que cargó los objetos?

---

---

---



### Actividad # 3

**¡Atención!** la actividad que a continuación se presenta debe realizarse en forma individual, el artefacto se construye por cada grupo de laboratorio pero su análisis es individual. Por favor responda las preguntas con la mayor seriedad y sinceridad del caso.

**Nombre:** \_\_\_\_\_

Tome un frasco de vidrio, una porción de plastilina y el papel aluminio. Con estos materiales proceda a elaborar el montaje que se ilustra en la figura.

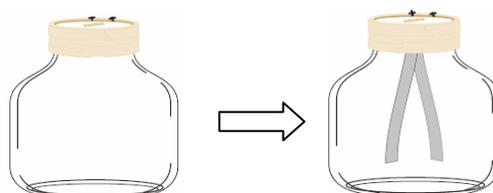


Fig. 1

Fig. 2

La plastilina servirá como elemento aislante para adherir dos pequeñas tiras del papel aluminio en la parte superior del recipiente (en lo posible de iguales dimensiones)

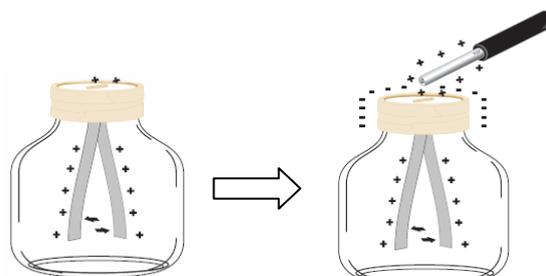


Fig. 3

Fig. 4

Después de tener ubicadas las láminas de aluminio correctamente en el envase, proceda a acercar al montaje un elemento cargado, (por ejemplo la pantalla del televisor).

1. ¿Observa algo parecido a lo ilustrado en la figura 4? ¿A que se debe lo observado?

---

---

---

2. Cuando se realizó la experiencia con los trozos de papel y la regla, se observó que estos se atraían; ¿ocurre algo parecido en esta experiencia? ¿Por qué?

---

---

---

3. ¿Por que cree que se alejan las láminas en vez de ser atraídas?

---

---

---

4. ¿El movimiento de las láminas obedece a la presencia de algún tipo de fuerza? ¿Por qué?

---

---

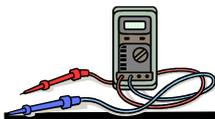
---

5. ¿En caso de existir algún tipo de fuerza, podría explicar de que variables depende?

---

---

---



**Actividad # 4**

**¡Atención!** la actividad que a continuación se presenta debe realizarse en forma individual. Por favor responda las preguntas con la mayor seriedad y sinceridad del caso.

**Nombre:** \_\_\_\_\_

1. ¿Qué son materiales conductores?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Enuncie tres ejemplos:

- a. \_\_\_\_\_
- b. \_\_\_\_\_
- c. \_\_\_\_\_

2. ¿Qué son materiales aislantes?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Enuncie tres ejemplos:

- a. \_\_\_\_\_
- b. \_\_\_\_\_
- c. \_\_\_\_\_

3. ¿Qué propiedades hacen del metal un buen conductor y del caucho un buen aislante?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

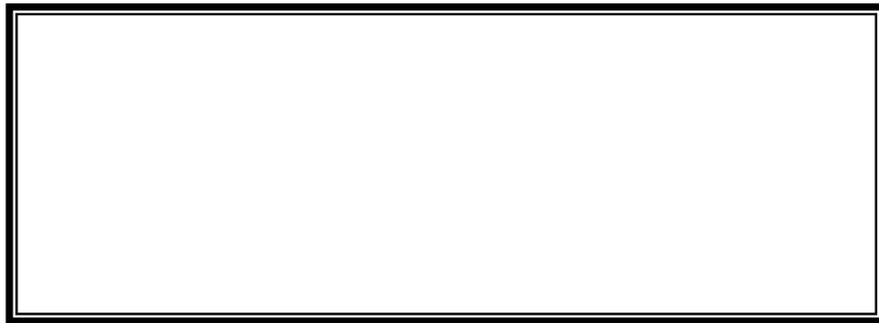
4. Como ya sabe, hay dos tipos de cargas en la naturaleza; ¿Dichas cargas se mueven con mayor libertad en los aislantes o en los conductores? ¿Por qué?

---

---

---

5. Elabore un gráfico que represente el comportamiento de las cargas en un conductor.



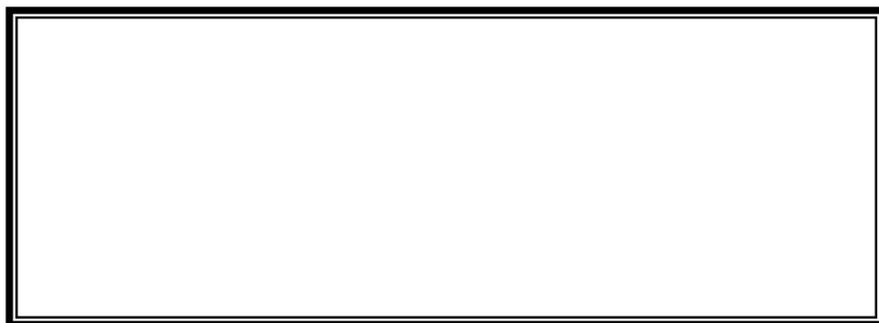
6. Explique como un conductor carga negativamente si tiene solo una barra cargada positivamente

---

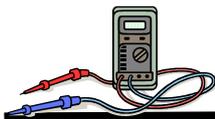
---

---

Elabore un gráfico que ilustre la situación



7. Elabora un esquema conceptual que resuma las principales conclusiones de lo que entiende por Aislantes y Conductores.



**Actividad # 5**

**¡Atención!** la actividad que a continuación se presenta debe realizarse en forma individual. Por favor responda las preguntas con la mayor seriedad y sinceridad del caso.

**Nombre:** \_\_\_\_\_

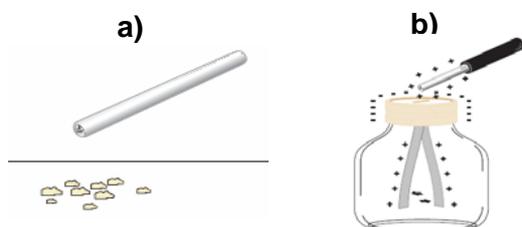
1. Cuando se planteó la actividad # 3 (asociada al frotamiento del peine y los trozos de papel) y la actividad # 4 (asociada al estudio del electroscopio) se preguntó por las variables que intervenían en la atracción o repulsión de los elementos en cuestión. Entre las características y variables que usted consideró se encuentran:

El tipo de material ( )

La carga de los cuerpos ( )

La distancia ( )

Otros ( ) ¿Cuáles? \_\_\_\_\_



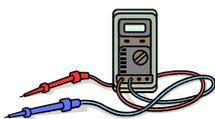
**Fig. a)** peine atrayendo trozos de papel

**Fig. b)** Electroscopio

2. A la pregunta: ¿Considera que existe algún tipo de fuerza que hace que los cuerpos (peine-papeles y láminas) se atraigan o repelan? Usted respondió:  
Si \_\_\_ No \_\_\_

3. En caso de ser afirmativa la respuesta anterior (2.) ¿Que variables cree que intervienen en dicha fuerza? Establezca una expresión matemática que pueda relacionar lo observado en el fenómeno con las variables que consideró.

_____ _____ _____ _____	<b>Expresión Matemática</b>
----------------------------------	-----------------------------



### Actividad # 6

**¡Atención!** la actividad que a continuación se presenta debe realizarse en forma individual. Por favor responda las preguntas con la mayor seriedad y sinceridad del caso.

**Nombre:** \_\_\_\_\_

1. ¿Qué entiende por el término campo?

---

---

---

2. Según la definición dada en 1. ¿Qué significará entonces, el campo eléctrico?

---

---

---

3. ¿Para que cree que se utiliza el concepto de campo eléctrico en física?

---

---

---

4. En el rectángulo que se presenta a continuación, elabore una representación gráfica de un campo eléctrico desde su punto de vista.

5. A continuación se presentan algunos conceptos asociados al Campo Eléctrico, de acuerdo a sus conocimientos previos y la temática vista en clase, elabore representaciones y/o comentarios acerca de cada uno de ellos; en caso de existir diferencias entre uno u otro enunciado exprese dichas diferencias:

- ✓ “Se da el nombre de campo eléctrico al dominio del espacio donde existe una fuerza en un cuerpo cargado”. (POPOVIC Zoya. Introducción al electromagnetismo. 1ª ed. México: Continental. 2001)

<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	
---	--

- ✓ “Un campo electrostático se describe como la región (o área) del espacio alrededor de un cuerpo cargado en la cual se puede sentir influencia”. (ROBINSON, Vester. Conceptos sobre electricidad. 1ª ed. México: Diana. 1974)

<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	
---	--

- ✓ “Un campo eléctrico en un punto en el espacio puede definirse en función de la fuerza eléctrica que actúa sobre una carga de prueba  $q_0$ . Para ser más precisos, El vector de campo eléctrico  $\mathbf{E}$  en un punto en el espacio se define como la fuerza eléctrica  $\mathbf{F}$  que actúa sobre una carga de prueba positiva situada en ese punto dividida por la magnitud de la carga de prueba  $q_0$ ”. (SERWAY Raymond A. Física Tomo II. 4ª ed. México: McGraw-Hill. 1997)

_____ _____ _____ _____ _____ _____	
--	--

- ✓ “Si en un punto cualquiera del espacio una carga eléctrica experimenta una fuerza debida a cierta distribución de cargas que existen en sus proximidades, se dice entonces que un campo eléctrico esta presente en dicho punto. El campo actúa tanto si la carga se encuentra en dicho punto como si no, y por consiguiente se ejerza o no una fuerza”. (DART, Francis E. Electricidad. España: Labor. 1974)

_____ _____ _____ _____ _____ _____	
--	--

- ✓ “El campo eléctrico es una región del espacio perturbada por cargas en reposo. Dicha región ejerce fuerza sobre cualquier carga que a ella se lleve”. (RAMÍREZ S, Ricardo y Villegas R, Mauricio. Investiguemos 11. 11ª ed. Bogota: Voluntad. 1989).

_____ _____ _____ _____ _____ _____	
--	--

6. Enuncie algún fenómeno de la vida cotidiana donde existan manifestaciones del campo eléctrico

---

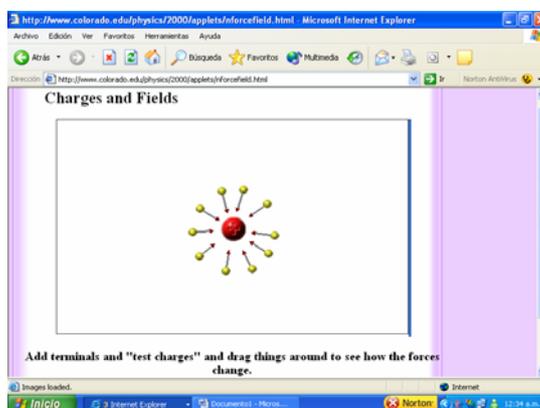
---

### Actividad # 9

**¡Atención!** la actividad que a continuación se presenta debe realizarse en forma individual. Tenga cuidado con la manipulación del computador y el uso indebido de la página web. En caso de tener alguna duda con el uso de la aplicación solicite la colaboración del docente.

**Nombre:** \_\_\_\_\_

1. Después de la ubicación en el equipo respectivo, proceda a iniciar el explorador de Internet.
2. Ingrese la dirección: <http://www.colorado.edu/physics/2000/applets/nforcefield.html>
3. En esta página encontrará algunos applets sobre el comportamiento e interacción de las cargas.
4. Introduzca en el applet los siguientes elementos: carga positiva, carga negativa, diez partículas.



¿Qué ocurre con las partículas al mover la carga cerca de ellas?

---

---

---

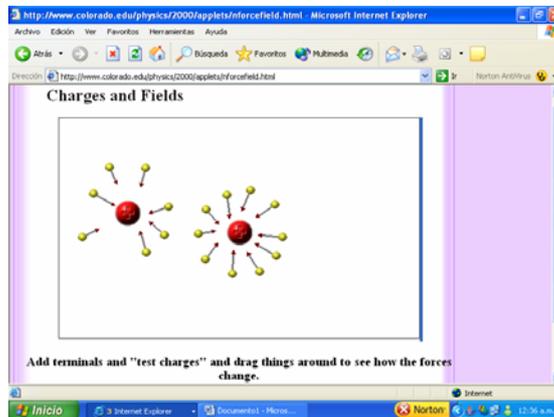
¿Cambia la orientación de los vectores? ¿Por qué?

---

---

---

5. Introduzca una carga más del mismo tipo que la anterior:



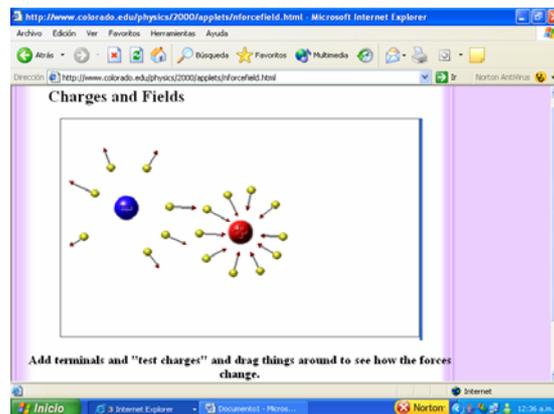
Describe lo que observa

---

---

---

6. Ahora elimine una de las cargas e introduzca otra cuyo signo sea opuesto



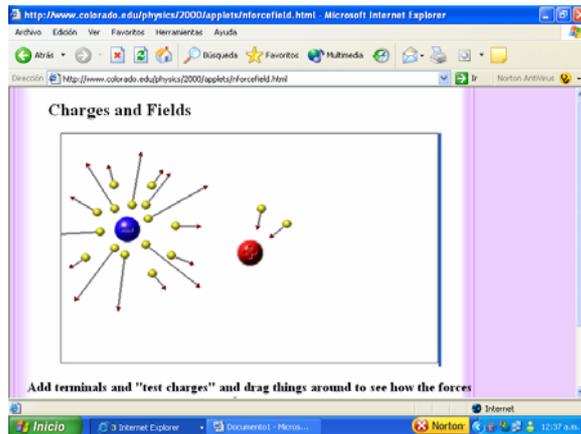
¿El comportamiento es el mismo con cargas de igual o distinto signo? ¿Por qué?

---

---

---

Aumente la magnitud de una de las cargas



¿Qué ocurre con las partículas y la magnitud de los vectores?

---

---

---

¿Podría identificar y definir a partir de las animaciones anteriores, algunas o todas las propiedades de las cargas? Explique.

---

---

---

Establezca algunas conclusiones de la práctica realizada.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



**Lectura**  
**“electrizada”<sup>28</sup>**

**LOCUTOR:** Hoy, en historias de la Ciencia Sara será estremecida por un choque eléctrico. Una noche lluviosa en una buena compañía le ayudarán a aclarar el concepto de electricidad.

**NARRADOR:** Después de una larga y agotadora jornada en la universidad Sara se sentía afortunada pues un compañero se había ofrecido, muy galantemente, para llevarla hasta su casa, a pesar de que la joven vivía en uno de los sitios más altos y alejados de la ciudad. El joven galán quería impresionar a la chica con la potencia y el confort de su nuevo automóvil, por lo que las inclinadas calles fueron un motivo excelente para exhibir las dotes del vehículo, que el conductor no dejó de ponderar ni un solo minuto durante el viaje. Al llegar a su casa, Sara agradeció la atención, pero, para decepción del don Juan motorizado, se despidió con un amistoso beso en la mejilla, y no lo invitó a pasar. Al bajar del carro tomó la manigueta para cerrar la puerta y experimentó un fuerte choque eléctrico que la hizo estremecer. Sara se despidió nuevamente y entró a su casa, un pequeño apartamento que había alquilado cuando vino a estudiar a Medellín. Descargó el bolso, se quitó los zapatos y fue a la cocina para asegurarse de que el calentador estuviera funcionando pues quería darse una larga ducha, con lavado de pelo y arreglo general, pues esa noche tenía un compromiso en el que quería lucir resplandeciente. Ya en la ducha, bajo el relajante chorro de agua caliente, todo iba muy bien hasta que, después del champú, Sara descubrió que se había terminado el acondicionador.

**SARA:** Ay, no! Ahora qué voy a hacer? Este pelo me va a quedar como un erizo.

**NARRADOR:** Sara salió del baño, envolvió la larga y húmeda cabellera en una toalla para que absorbiera un poco de humedad, y se dispuso a completar el resto de su arreglo. Finalmente tomó el secador y durante largo tiempo lo aplicó al cabello con la

---

<sup>28</sup> Libreto # 13 de la serie radial Universidad de Antioquia (programa Historia de la ciencia) Tomado de: <http://matematicas.udea.edu.co/lexacta/>

ayuda de un cepillo. Cuando terminó tenía un halo de cabellos erizados por toda la cabeza. Recordó la ocasión, durante una visita a la sala Galileo del Museo, en que el profesor de física la había escogido, por su largo y sedoso cabello, como voluntaria para hacer una demostración de los efectos de la carga eléctrica producida por un generador de van de Graaf, y terminó convertida en una especie de Medusa. El aparato consiste en una esfera metálica de veinticinco centímetros de diámetro, con un gran agujero en la parte inferior por el que penetra una columna de acrílico. Una banda elástica ancha, soportada por dos ejes que se encuentran en los extremos de la columna de acrílico, es movida por un motor en la base del generador. La banda se carga eléctricamente por la fricción de una escobilla que está en contacto con la base metálica que sostiene a todo el sistema, y deposita la carga en la esfera gracias a otra escobilla adosada a la parte interior de la esfera. Si una persona está eléctricamente aislada y se pone en contacto con la esfera se va cargando eléctricamente lo cual se puede manifestar en las personas de cabello largo haciendo que éste se expanda en todas las direcciones. Si se acerca a la esfera cargada otra pequeña esfera conectada a la base del generador se puede apreciar una descarga eléctrica. Otro notable efecto asociado a la carga por un van de Graaf se experimenta cuando una segunda persona entra en contacto con quien está electrizado y experimenta un choque eléctrico. Sara reflexionó sobre su experiencia al descender del carro en el que llegó a casa:

**SARA:** Ahora entiendo porqué sentí un corrientazo cuando me bajé del carro de Rodolfo: ese sapo con ruedas se comporta como un generador de van de Graaf, por la fricción del rodamiento y el aislamiento de las llantas, la carga eléctrica se acumula en la carrocería y apenas uno se baja y toca algo metálico recibe una descarga.

**NARRADOR:** El teléfono sonó y Sara se apresuró a responder, era Juancho, anunciando que se disponía a recogerla. La joven pidió una pequeña tregua, mientras resolvía sus dificultades cosméticas, e insistió con el cepillo en poner orden en su alborotada cabellera, sin ningún éxito, por el contrario, cada pasada de las cerdas sintéticas del cepillo sobre el cabello de Sara aumentaba la cantidad de carga eléctrica acumulada con los consecuentes efectos. Finalmente decidió apelar a la fuerza bruta y sometió a los rebeldes y electrizados cabellos mediante la confección de una moña. Cuando Juancho llegó a recogerla encontró a una elegante dama que recordaba las modas de los años treinta.

**JUANCHO:** Uao! Estás muy elegante.

**SARA:** Te parece?, pues muchas gracias. Nos vamos?

**NARRADOR:** Antes de subir al taxi que los esperaba, Sara tocó con la punta del dedo, y con mucha precaución, la manigueta de la puerta; después de asegurarse de que no recibiría otro choque eléctrico entró al carro. Juancho la miro extrañado por su actitud.

**SARA:** Es que hoy no es mi día con los carros, Rodolfo me trajo a casa y cuando me bajé recibí una fuerte descarga. Creo que quedé tan electrizada que por eso no pude arreglarme el cabello, y me tocó hacerme una moña como la de mi abuelita.

**JUANCHO:** Pero, qué le pasó a tu cabello?

**SARA:** Que se me esponja como si fuera un erizo de mar, como cuando el profe de física me hizo poner las manos en el van der Graaf.

**JUANCHO:** Eso quiere decir que estás acumulando carga eléctrica; de seguro tienes el pelo muy seco, y al pasar el cepillo se carga, y te conviertes en un bonito ejemplo de la repulsión electrostática.

**SARA:** Pues preferiría la atracción electrostática, que, al fin y al cabo, fue lo primero que se conoció de la electricidad. No te parece curioso que la repulsión electrostática sea el fenómeno que más tarde se descubrió, con relación a la electricidad?

**JUANCHO:** Si, es curioso, y también es la razón por la que hay que suponer que existen dos tipos de electricidad, positiva y negativa.

**NARRADOR:** La propiedad de atraer polvo, lana y pequeños trozos de papel, que adquieren los objetos de vidrio y plástico después de haber sido frotados con una pieza de piel o de lana, es conocida desde la antigüedad, y recibió el nombre de “electricidad”, por la palabra griega “elektrón” que significa ámbar. El ámbar es una resina natural fosilizada, que se consideraba como una piedra semipreciosa, en el que se manifiestan con gran claridad los fenómenos electrostáticos. A finales del siglo dieciséis William Gilbert publicó en Inglaterra un tratado sobre la electricidad y el

magnetismo en el que hace una clara diferencia entre los dos fenómenos y recopila la información que se tenía sobre ellos hasta entonces, pero no fue hasta principios del siglo dieciocho cuando, al estudiar la conductividad eléctrica de los materiales, se apreció el fenómeno de la repulsión electrostática. Se pudo observar que una lámina de oro inicialmente es atraída por un cuerpo cargado electrostáticamente, pero si entra en contacto con él, experimenta una fuerza de repulsión. Lo mismo ocurre cuando dos cuerpos del mismo material, por ejemplo de ámbar, han sido frotados con una pieza de paño o de lana, y se aproximan a corta distancia. Sin embargo, cuando un trozo de ámbar cargado se coloca en presencia de un cuerpo de vidrio cargado de similar manera, experimenta atracción. Del análisis de estos fenómenos se llegó a la conclusión de que existen dos tipos de electricidad, inicialmente denominadas vítrea y ambarina, por su origen en el vidrio o en el ámbar; posteriormente se les dio el nombre de electricidad positiva y negativa. Se pudo establecer que los cuerpos cargados con el mismo tipo de electricidad se repelen y los cuerpos cargados con diferente tipo de electricidad se atraen.

**SARA:** No te parece muy interesante que a partir de un fenómeno tan común como es esto de frotar un pedazo de plástico, o limpiar un vidrio con un paño, se pueda llegar a descubrir una propiedad tan fundamental de la materia como es la electricidad.

**JUANCHO:** Claro que si, sobre todo porque tiene mucho en común con la termodinámica. Fíjate que la teoría corpuscular de la materia se desarrolló para poder explicar mecánicamente los fenómenos de transferencia de calor, que son fenómenos en los que la fricción juega un papel muy importante, lo mismo que en la electrostática.

**JUANCHO:** Yo creo que va a caer un aguacero de respeto, afortunadamente vamos para un sitio cubierto. Y hablando de electricidad, los rayos son otra manifestación de lo que sucede cuando grandes masas de aire y nubes se desplazan, de alguna manera la fricción produce acumulación de electricidad que puede descargarse hacia la tierra o hacia otras nubes.

**NARRADOR:** Las nubes son sistemas muy dinámicos en los que se generan corrientes internas de aire por diferencias de presión y temperatura. Debido a las bajas temperaturas algunas gotas de agua se congelan y son sostenidas en el aire por las corrientes de aire ascendentes; las gotas de agua que caen chocan contra los

pequeños granizos generando un desbalance en la carga eléctrica, de modo que las gotas se cargan negativamente y el granizo lo hace positivamente, como resultado de lo cual la nube queda eléctricamente polarizada, con una acumulación de carga positiva en la parte superior, y carga negativa en la parte inferior. Cuando las condiciones de carga de la nube y la distancia a tierra son adecuadas, se produce la descarga que comúnmente se conoce como rayo. A finales del siglo dieciocho, Benjamín Franklin elevó una cometa hasta unas nubes de tormenta y logró atraer un rayo que se propagó a lo largo del cordel humedecido hasta una llave metálica que estaba atada cerca del final del cordel. Franklin, que se hallaba protegido en un cobertizo y sostenía la cometa desde un tramo seco de la cuerda, recuperó la llave metálica, y con la ayuda de un electroscopio comprobó que, como consecuencia del rayo, la llave se había cargado eléctricamente, lo cual establecía, más allá de toda duda, el carácter físico del fenómeno, tradicionalmente atribuido a la furia de Zeus. Algunos contemporáneos de Franklin que quisieron repetir la experiencia y no tomaron las debidas precauciones, no vivieron para contarlo. Una aplicación práctica del descubrimiento de Franklin fue la invención del pararrayos, que desde entonces ha protegido vidas y bienes de la incontrolable potencia de la electricidad.

**JUANCHO:** Ya llegamos, mirá, este es “El Buenavista”, tienen la mejor música cubana, y una salsa como para no parar de bailar. Vamos.

**NARRADOR:** Juancho y Sara entraron en un establecimiento localizado en una especie de sótano, completamente atiborrado de jóvenes, que, como ellos, venían a pasar un buen rato escuchando música, bailando, y compartiendo con los amigos. El escaso espacio que dejaba la concurrencia era completamente ocupado y saturado por la música, que frecuentemente era coreada por buena parte de los presentes. Sara y Juan disfrutaron hasta el límite de sus energías bailando hasta la madrugada. Finalmente salieron a buscar un taxi para regresar a casa, Sara se sentía exhausta pero feliz.

**SARA:** Juancho, gracias por la invitación, hace mucho tiempo no me divertía tanto.

**JUANCHO:** Con mucho gusto, volvemos cuando querás.

**SARA:** Me encantó ese lugar, qué música tan increíble! Lástima no haber podido oír bien la canción de los Matamoros, parece que la tenían en un viejo disco muy rayado.

**JUANCHO:** Sí, es el problema de los viejos discos de acetato, ni siquiera es porque esté rayado sino porque la fricción con la aguja los carga eléctricamente y atraen todo el polvo y las lanas que hay alrededor, eso hace que los surcos del discos se emboten y la aguja recoja tantas lanas que empieza a brincar en cualquier dirección. Ya ves, vos tenías problemas con la repulsión y ahora es el viejo truco de la atracción el causante de los males.

**SARA:** La atracción electrostática también nos ha dado problemas a las mujeres: mi mamá me contó que cuando se puso de moda el nylon, para blusas y enaguas, el gran problema era que se adherían a la piel de una manera muy incómoda, lo mismo que pasa con un pedazo de celofán, cuando uno está tratando de envolver un regalo.

**JUANCHO:** Has visto como se llena de polvo la pantalla del televisor, o la del monitor del computador? Eso es pura electrostática, porque las imágenes se forman por bombardeo de electrones sobre la pantalla fosforescente, de modo que la pantalla queda cargada.

**SARA:** No! Pues que me vas a decir a mí que no me le puedo arrimar a un televisor o a un computador cuando tengo el pelo recién lavado, porque se me pega todo de la pantalla.

**JUANCHO:** A mí me ha pasado algo parecido, cuando le acerco el brazo al televisor recién apagado se me erizan todos los vellos.

**SARA:** Pero, te has puesto a pensar: por qué los cuerpos cargados atraen a otros cuerpo que están descargados? Se supone que la atracción es entre cuerpos cargados con cargas de signo contrario, de modo que la atracción entre un cuerpo cargado y un cuerpo neutro debía ser nula.

**JUANCHO:** Es porque los cuerpos neutros tienen la misma cantidad de electricidad positiva que negativa, pero un cuerpo cargado puede hacer que las cargas se redistribuyan dentro del cuerpo neutro, atrayendo las cargas de signo contrario y repeliendo a las del mismo signo, de modo que el cuerpo queda polarizado.

**SARA:** Muy bien, pero si atrae a la misma cantidad de carga que repele, la fuerza total debería ser cero.

**JUANCHO:** No, porque las cargas de signo contrario quedan más cerca que las del mismo signo, y la fuerza eléctrica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, de modo que aunque las cargas sean iguales la fuerza de atracción entre cargas de diferente signo es mayor que la fuerza de repulsión entre las cargas del mismo signo.

**SARA:** La fuerza de gravitación también disminuye con el cuadrado de la distancia.

**JUANCHO:** Si, pero con una diferencia: la fuerza de gravitación siempre es atractiva, y la fuerza eléctrica puede ser de atracción o de repulsión, además la fuerza eléctrica es mucho mayor que la de la gravedad.

**NARRADOR:** A finales del siglo dieciocho Charles Augustin de Coulomb, realizó una serie de delicados experimentos a partir de los cuales pudo demostrar que dos cuerpos eléctricamente cargados experimentan una fuerza proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre los dos. El carácter de atracción o repulsión de la fuerza depende del signo de las cargas, así: cargas del mismo signo, más por más, o menos por menos, producen una fuerza de signo positivo, es decir, una fuerza de repulsión; cargas de signo contrario, más por menos o menos por más, experimentan una fuerza de signo negativo, es decir, de atracción.

**NARRADOR:** Sara y Juancho caminan por la acera conversando animadamente a la espera de que aparezca un taxi que los lleve a casa. Sara había deshecho la moña y el cabello le caía suavemente sobre los hombros. Juancho, contemplando la hermosa figura de la joven, comenta halagador:

**JUANCHO:** Tenés el pelo muy bonito.

**SARA:** Gracias, ya no está erizado?

**JUANCHO:** No, como ha ganado humedad, y la humedad favorece la conducción de la electricidad, ya no retiene la carga que le comunicaste al cepillarlo.

**SARA:** O sea que el problema es de conductividad. No te parece raro que si todos los cuerpos tienen electricidad, algunos favorezcan su conducción en cambio otros la impidan, en mayor o menor grado?

**JUANCHO:** El grado de conductividad de la corriente en un material permite clasificarlo como aislante o conductor, lo cual se convierte en un recurso adicional para comprender la estructura de la materia y para diferenciar los diferentes materiales de acuerdo con sus propiedades.

**SARA:** A propósito de humedad, sabías que el agua pura no es conductora de la electricidad?

**JUANCHO:** Cómo! Pero si la mayor precaución que se recomienda para evitar accidentes con equipos eléctricos es tenerlos protegidos del agua y de la humedad.

**SARA:** Lo mismo que el cabello mejora su conductividad cuando está húmedo, el agua se vuelve conductora cuando tiene impurezas, pues como es tan buen disolvente, hace que, por ejemplo, las sales se disuelvan y gracias a ellas pueda circular la electricidad.

**JUANCHO:** Claro, ahora entiendo por qué le echan ácido al agua de las baterías. Y hablando de conductores, ahí viene un taxi, TAXI!

**NARRADOR:** Los jóvenes se subieron al taxi y le pidieron al conductor que los llevara a casa de Sara. Casi inmediatamente empezó a llover. Al principio sólo una llovizna, pero fue arreciando hasta convertirse en un tremendo aguacero acompañado de una monumental tronamenta.

**SARA:** Huy! Qué aguacero. No te da miedo de que nos caiga un rayo?

**JUANCHO:** No te preocupés por eso, si nos cae un rayo la carrocería nos protege, pues la carga eléctrica siempre está en la superficie externa del conductor. Si no fuera así los aviones, que todo el tiempo están volando entre las nubes, no podrían hacerlo. El peligro está en el momento de bajarse, porque puede suceder que uno sirva de

medio para que el vehículo se descargue a tierra, de modo que si el carro ha recibido el impacto de un rayo hay que recostarlo contra un poste, o hacer algo para que se descargue antes de que uno se pueda bajar.

**SARA:** La próxima vez que Rodolfo me lleve a mi casa, le voy a pedir que recueste su carrito contra el poste antes de que yo me baje, creés que lo haga?

**JUANCHO:** Hay una solución mucho más sencilla, que consiste en ponerle al carro un correa conductora desde el chasis hasta el piso, que lo esté descargando permanentemente. Los camiones que transportan combustibles, por lo general, tienen una cadena que cuelga hasta el piso, y es para eso mismo; imaginate el peligro de que salte una chispa eléctrica cuando se está descargando el combustible. Otra solución muy sencilla, cuando querás que te lleven a la casa, es que me digás a mí.

**SARA:** Muchas gracias, Juanchín, vos sos muy buen amigo.

**Vox pop:** Qué es la electricidad?

**Personajes:** Benjamin Franklin.

Benjamín Franklin fue escritor, impresor, político, diplomático, científico y era considerado un fenómeno del Nuevo Mundo del siglo XVIII. Es más conocido por los americanos como uno de los fundadores de la nación, pero su fama en Europa, por lo menos en su época, es la de un filósofo natural.

Sus primeros inventos bastante simples se limitaron al perfeccionamiento de la estufa y a la creación de las gafas bifocales, sin embargo, sus mayores éxitos los alcanzó en el campo de la electricidad.

En 1745 en la Universidad de Leyden se inventó un artefacto que consistía en un vaso de cristal forrado interiormente de metal y dentro de él una varilla en la que se pinchaba un corcho. Este instrumento podía almacenar grandes cantidades de carga eléctrica estática que se le suministraba de una máquina en la que la carga se producía por frotamiento. El vaso de Leyden se podía descargar al acercar la mano a la varilla central y si ésta había acumulado bastante carga, el que ponía la mano recibía una descarga que no olvidaba fácilmente. Si el vaso se acercaba a algún metal

una chispa minúscula cruzaba el aire acompañada de un crujido, Franklin observó este fenómeno y se cuestionó: ¿ No podían ser los majestuosos rayos y truenos un intercambio de electricidad entre la tierra y el cielo que hacían parte de un gigantesco vaso de Leyden?. Benjamín Franklin voló una cometa durante una tormenta y comprobó su teoría de una manera tan espectacular que se hizo inmortal.

Un cuarto de siglo más tarde, ya anciano, Franklin representó a los recién creados Estados Unidos ante la corte de Francia, estando su país en la guerra revolucionaria y probó ser el hombre idóneo para dicho cargo. Los franceses cayeron a los pies del hombre que había domado los rayos de los cielos haciéndolos caer bajo la tierra.

Benjamín Franklin recibió muchos reconocimientos durante su vida, en el año de 1900 fue seleccionado como uno de los miembros de honor de la Galería de la fama para grandes americanos. Benjamín Franklin murió en Filadelfia, Pensilvania, en el año de 1790.

Fragmentos Enciclopedia Biográfica de la Ciencia y la Tecnología. Isaac Asimov

**Narración:** Milton Erre

**Locución:** Beatriz Mejía

**Musicalización:** Mego

**Actuación:** Diana María González- Juan Andrés Alvarez

**Libreto y dirección:** Guillermo Pineda, profesor del Instituto de Física de la U. de A.

## **Anexo C: Resultados obtenidos de los instrumentos aplicados**

### **Resultados de Encuesta a estudiantes**

1. De los 38 estudiantes que participaron en la encuesta el 68.42% pertenecen al género masculino y el 31.58 de la muestra son del género femenino.
2. El 34.1% de los estudiantes tienen 16 años, 44.73% de la muestra tienen 17 años y solo un 21.05% han cumplido la mayoría de edad.
3. 10.52% de los alumnos pertenecen a un estrato socioeconómico bajo (1) mientras un 86.84% se ubican en el estrato 2 y tan solo 2.63% de los estudiantes se ubica en un estrato 3.
4. Aproximadamente el 76.31% de los estudiantes reside en el barrio Aranjuez mientras el 23.68 habita en el barrio Manrique.
6. Aproximadamente el 10.52% de los estudiantes aprovechan el tiempo libre estudiando, el 5.26% lo utilizan para leer, el 13.15% para escribir, 10.52% para dormir, 23.68% para ver televisión, 18.42 para hacer deporte, 10.52% para trabajar y el 7.89 realiza otras actividades en su tiempo libre.
7. Aproximadamente el 92.1% de los alumnos les gusta estudiar mientras solo un 7.9% no tiene agrado por esta actividad.
8. Al 21.05% de los estudiantes les agrada considerablemente las matemáticas, 15.78% español, 10.52% química y a ningún estudiante le agrada la física.
9. De los estudiantes encuestados solo al 7.89% les desagrada la física, la química al 34.21% y la matemática al 18.42%

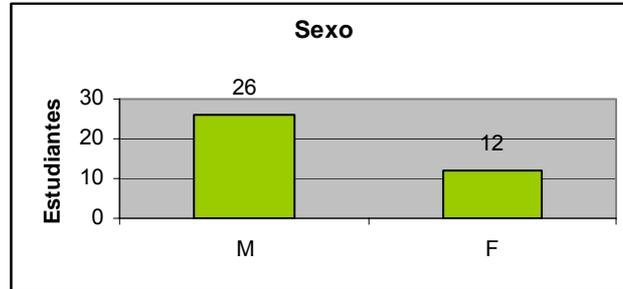
**10.** De las diversas profesiones y desempeños laborales futuros se obtuvo que el 15.78% de los encuestados desean ser médico (a), el 26.31% Ingenieros, 2.63% deportistas, 2.63% abogados, 7.89% les gustaría dedicarse a la político y un 5.26% les gustaría ser psicólogos. El 39.47% de los estudiantes se inclinan por carreras distintas a las ya mencionadas.

**11.** La mayoría de los estudiantes (23.68%) tienen un nivel intermedio de motivación por la física y el 39.47% tienen un nivel de motivación medio-alto.

**12.** El 50% de los estudiantes consideran que su nivel de motivación por la física se debe a un interés personal, el 31.57% lo adjudica esta responsabilidad a los docentes, 10.52% a la institución y 7.89% a los contenidos de la asignatura.

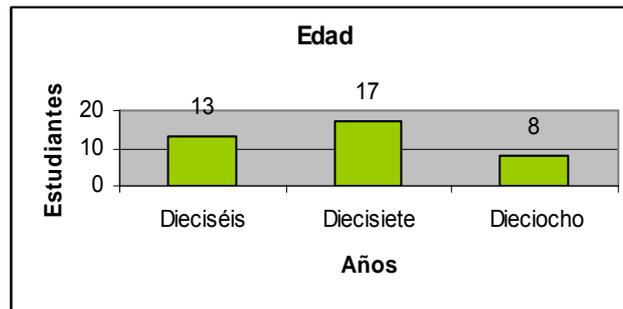
## 1. Sexo

M	F
26	12



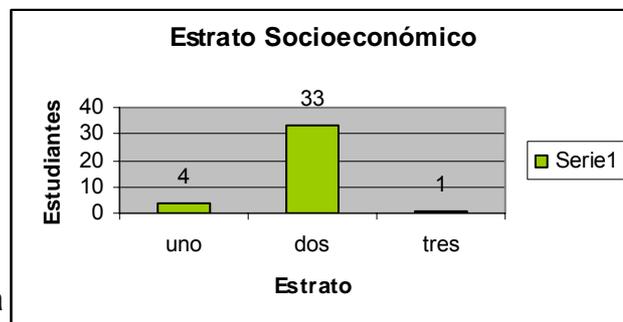
## 2. Edad (años)

Dieciséis	Diecisiete	Dieciocho
13	17	8



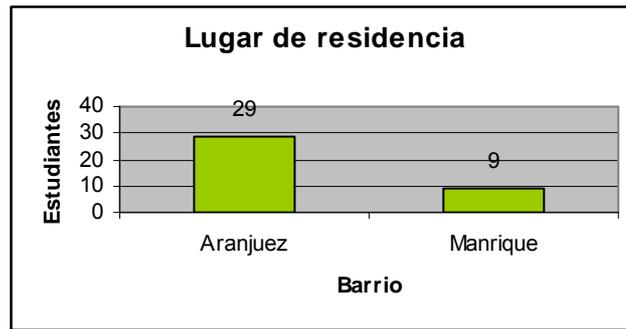
## 3. Estrato Socioeconómico

uno	dos	Tres
4	33	1



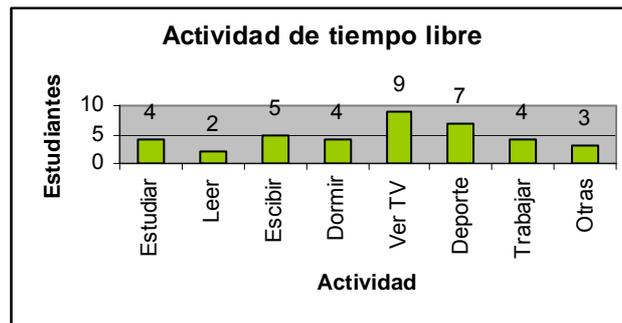
## 4. Lugar de residencia

Aranjuez	Manrique
29	9



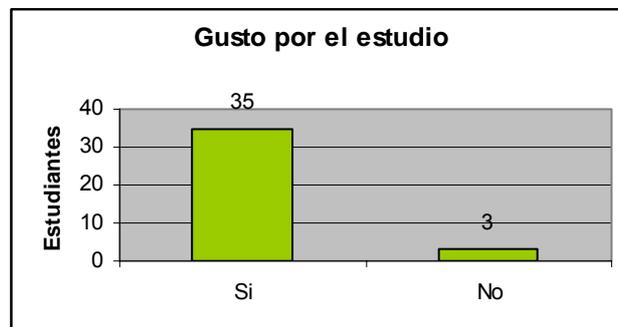
### 6. Actividad que realiza en el tiempo libre

<b>Estudiar</b>	<b>Leer</b>	<b>Escibir</b>	<b>Dormir</b>
4	2	5	4
<b>Ver TV</b>	<b>Deporte</b>	<b>Trabajar</b>	<b>Otras</b>
9	7	4	3



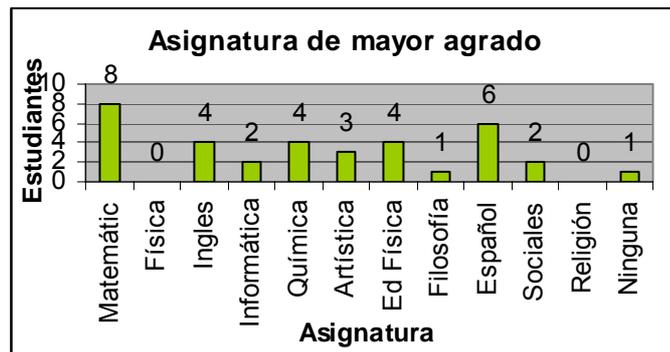
### 7. ¿Le gusta estudiar?

<b>Si</b>	<b>No</b>
35	3



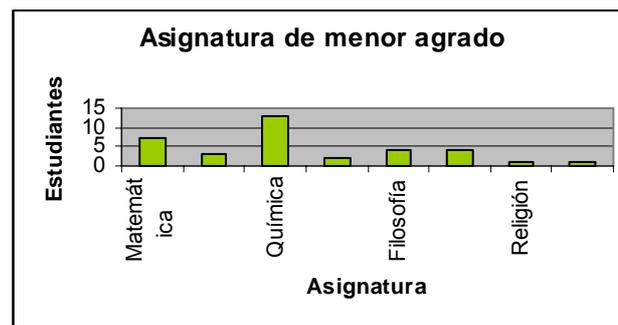
### 8. ¿Cuál es la materia que más le gusta?

<b>Matemática</b>	<b>Física</b>	<b>Ingles</b>	<b>Informática</b>
8	0	4	2
<b>Química</b>	<b>Artística</b>	<b>Ed Física</b>	<b>Filosofía</b>
4	3	4	1
<b>Español</b>	<b>Sociales</b>	<b>Religión</b>	<b>Ninguna</b>
6	2	0	1



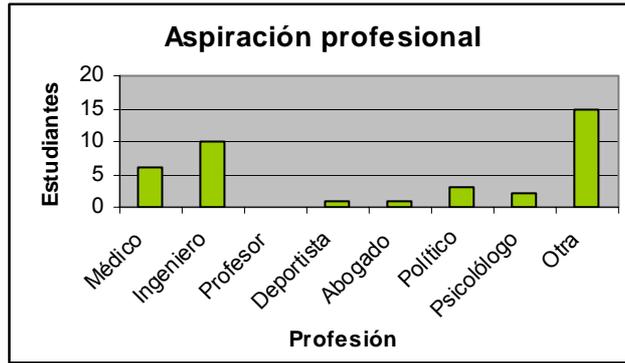
### 9. ¿Cuál es la materia que más le disgusta?

<b>Matemática</b>	<b>Física</b>	<b>Química</b>	<b>Ed Física</b>
7	3	13	2
<b>Filosofía</b>	<b>Sociales</b>	<b>Religión</b>	<b>Ninguna</b>
4	4	1	1



### 10. ¿Cuál es su aspiración profesional?

<b>Médico</b>	<b>Ingeniero</b>	<b>Profesor</b>	<b>Deportista</b>
6	10	0	1
<b>Abogado</b>	<b>Político</b>	<b>Psicólogo</b>	<b>Otra</b>
1	3	2	15



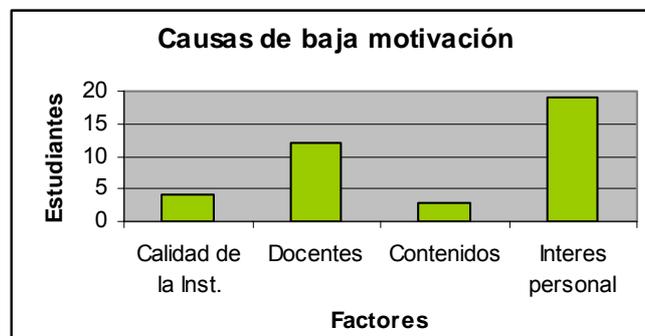
**11. Seleccione en una escala de 0 a 10 su nivel de motivación por la física**

Cero	Uno	Dos	Tres	Cuatro	
0	3	0	2	3	
Cinco	Seis	Siete	Ocho	Nueve	Diez
9	3	7	8	3	2



**12. Causas de su motivación por la física**

Calidad de la Inst.	Docentes	Contenidos	Interés personal
4	12	3	19



**Cuadro 5. Resultados de Categorización  
Actividad # 1**

Número	P1					P4					P5					P6					P7					P11				
	C0	C1	C2	C3	C4	C0	C1	C2	C3	C4	C0	C1	C2	C3	C4	C0	C1	C2	C3	C4	C0	C1	C2	C3	C4	C0	C1	C2	C3	C4
01		X				X					X				X					X					X					
02		X					X				X				X						X				X					
03																														
04	X					X					X				X					X				X						
05																														
06	X					X					X				X					X				X						
07		X				X					X				X					X				X						
08		X				X					X				X					X				X						
09																														
10	X						X				X				X					X				X						
11	X					X					X				X					X				X						
12		X				X					X				X					X				X						
13	X					X					X				X					X				X						
14																														
15	X					X					X				X					X				X						
16	X					X					X				X					X				X						
17																														
18																														
19																														
20		X				X					X				X					X				X						
21		X				X					X				X					X				X						
22		X				X					X				X					X				X						
23	X					X					X				X					X				X						
24																														



## **Resultados Actividad # 1**

1. El 58.82% de los estudiantes (C1) no definen claramente el concepto de electricidad, de hecho algunos asocian la electricidad con una fuerza.

La totalidad de los estudiantes (100%) no diferencian conceptos anteriormente vistos de mecánica con los contenidos de electricidad. Su capacidad explicativa es mala.

4. Aproximadamente el 47.05% de la población asocia la electricidad con luz y en muchas ocasiones hablan de uno y otro concepto indistintamente. La totalidad de los estudiantes distinguen elementos generadores de electricidad, no describen con propiedad y buen dominio conceptual los cuestionamientos realizados e igualmente no elaboran esquemas para dar explicación

5. El 20.58% de los estudiantes asume explicaciones coherentes al comportamiento de las cargas al viajar por un conductor. Aunque en ningún momento hablan del desplazamiento de cargas, si asumen que hay “algo” (elemento desconocido) que viaja por el material hasta la fuente de luz. La totalidad de los estudiantes que se ubican en la categoría 0 (C0) no explican mínimamente el comportamiento de las cargas, muchos asumen la electricidad como un fluido, y algunos otros consideran que lo que viaja por el alambre sigue siendo luz.

6. 55.88% de los estudiantes distinguen materiales aislantes de conductores, aunque la utilización de términos científicos no es muy común manifiestan diferencias claves en ambos elementos.

7. La totalidad de los estudiantes no mencionan términos asociados a la electricidad que puedan facilitar la argumentación de la pregunta. El 20.58% de los estudiantes mencionan o tratan de dar razón al cuestionamiento sin descripción alguna que sea precisa y coherente. Los demás estudiantes

minimizan sus argumentos al punto de asociar solo la electricidad y la generación de esta con hidroeléctricas y todo aparato tecnológico.

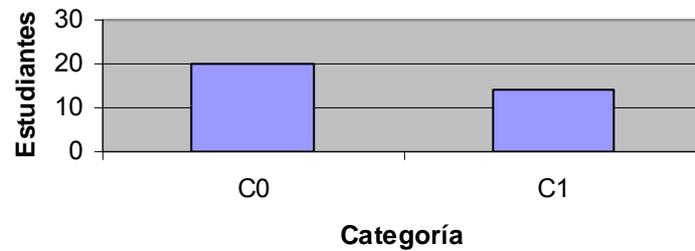
Evidencian la electricidad en el entorno, pero no reflexionan sobre el como se presenta la producción de esta y su relacionan con los elementos de última tecnología.

**11.** El 100% de los estudiantes no distinguen los aspectos más relevantes de la materia a nivel microscópico. No tienen modelos significativos que les ayuden a argumentar la posible relación entre el término electrón y electricidad. Sus respuestas son demasiado alejadas de los modelos científicos y este hecho de no estar familiarizados con los conceptos físicos restringe la articulación de conceptos y la capacidad explicativa.

**Pregunta 1:** ¿Qué es electricidad?

C0	C1
20	14

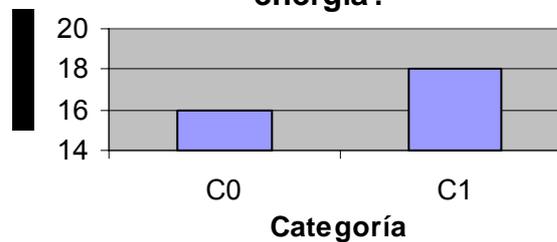
**¿Que es electricidad?**



**Pregunta 4:** ¿En qué forma interviene la electricidad en la generación de luz?

C0	C1
16	18

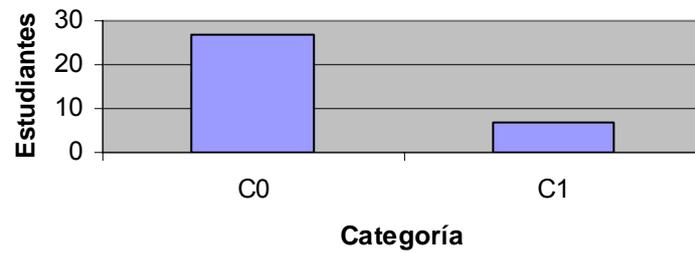
**¿En que forma interviene la electricidad en la generación de energía?**



**Pregunta 5:** ¿Qué viaja por el alambre hasta la lámpara para que estas iluminen el salón?

C0	C1
27	7

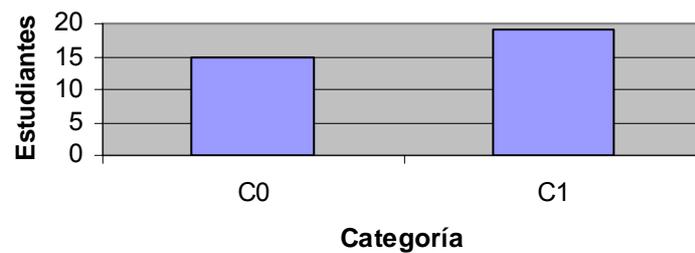
### Corriente



**Pregunta 6:** ¿El alambre dentro del cable puede ser de cualquier material?

C0	C1
15	19

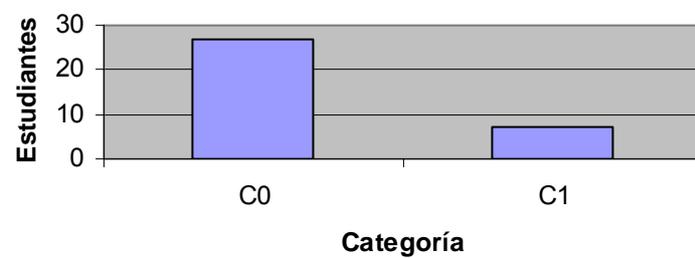
### Conductores



**Pregunta 7:** ¿Qué factores inciden en la producción de electricidad?

C0	C1
27	7

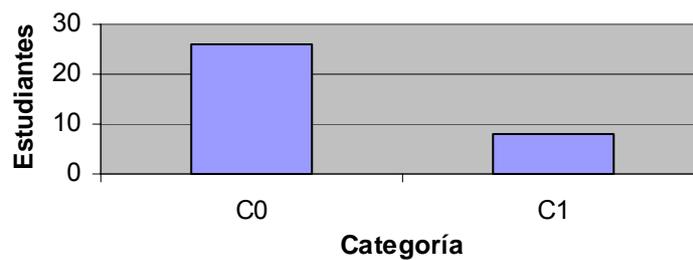
### Factores que inciden en la producción de la electricidad



**Pregunta 11:** ¿Cree que existe alguna relación entre el término electrón y la palabra electricidad?

C0	C1
26	8

**Relación entre el término electrón y electricidad**



**Cuadro 6. Resultados Categorización  
Actividad # 2**

Número	P1					P2					P3					P4					P5				
	C0	C1	C2	C3	C4	C0	C1	C2	C3	C4	C0	C1	C2	C3	C4	C0	C1	C2	C3	C4	C0	C1	C2	C3	C4
01	X					X						X					X					X			
02		X					X					X					X					X			
03		X					X				X						X					X			
04		X					X				X						X					X			
05	X						X					X					X					X			
06		X				X						X					X					X			
07		X				X					X						X					X			
08		X				X					X						X					X			
09		X				X						X			X							X			
10																									
11		X				X					X						X					X			
12	X					X						X			X										
13		X						X					X				X						X		
14		X				X						X			X										
15		X				X					X					X									
16	X						X				X						X								
17	X					X					X					X							X		
18		X				X					X				X							X			
19	X					X						X			X							X			
20		X				X					X				X							X			
21	X					X					X				X							X			
22	X					X					X				X							X			
23	X					X						X			X							X			
24	X					X					X				X							X			

25	X					X						X							X				
26	X					X						X							X				
27	X						X					X							X				
28																							
29		X					X					X							X				
20		X				X						X							X				
31		X				X						X							X				
32	X						X					X							X				
33	X					X						X							X				
34	X					X						X							X				X
35		X				X						X							X				
36		X					X					X							X				
37	X							X				X							X				
38		X					X					X							X				
39		X						X				X							X				X
40		X						X				X							X				
41		X				X						X							X				
42	X					X						X							X				

Número	P6					P7					P8					P9					P10				
	C0	C1	C2	C3	C4	C0	C1	C2	C3	C4	C0	C1	C2	C3	C4	C0	C1	C2	C3	C4	C0	C1	C2	C3	C4
01		X				X						X				X					X				
02		X				X						X					X				X				
03		X						X				X				X					X				
04		X				X						X				X					X				
05		X				X						X					X				X				
06		X					X				X					X						X			
07		X				X						X				X					X				
08		X				X					X					X					X				
09		X				X					X						X					X			
10																									
11		X					X				X					X					X				
12		X				X					X					X					X				
13		X						X			X					X					X				
14		X				X						X					X					X			
15	X	X				X					X					X					X				
16		X				X						X				X					X				
17		X				X					X						X					X			
18		X					X				X					X					X				
19		X				X					X					X					X				
20		X					X					X				X					X				
21		X				X					X					X					X				
22		X				X					X					X						X			
23		X					X				X					X					X				
24		X				X					X					X						X			
25		X					X				X					X					X				
26		X				X						X				X					X				
27		X				X					X					X					X				



## **Resultados Actividad # 2**

1. Aunque los conceptos básicos asociados al comportamiento de las cargas ya han sido presentados de forma magistral y se han llevado a cabo algunas ilustraciones sobre sus propiedades, el 100.00% de los estudiantes no describen en forma precisa, con coherencia y dominio conceptual de los términos físicos el fenómeno observado sobre electrostática. El 45% de los estudiantes no se apropia de la experiencia y mucho menos reflexionan sobre los conceptos físicos conocidos ligados a la situación.
2. Aunque la totalidad de los estudiantes afirman que los objetos se atraen, aproximadamente solo el 10.00% explican en forma coherente, con argumentos apropiados del área y con alguna propiedad sobre el tema el por que lo hacen. Muchos de los estudiantes que se ubican en la categoría cero (C0) argumentan que los objetos son atraídos por el calor y la temperatura a la que aumenta en el objeto debido a la fricción es la principal causa de la atracción con los demás elementos. En esta categoría se evidencian aquellos estudiantes cuya capacidad explicativa es mala, no utilizan conceptos físicos apropiados para dar explicación a lo observado y están muy lejos de una apreciación óptima del fenómeno.
3. La totalidad de los estudiantes afirman que los elementos no siempre se atraerán. Argumentan sus respuestas basados en que la temperatura del objeto disminuye y que por ende pierde fuerza para mantener adheridos los trozos del material. El 60.00% no tienen argumentos precisos para dar una respuesta acertada.
4. 95.00% afirman que la atracción entre los elementos depende de la fricción del objeto pero sus argumentos frente al como y el por que se reducen significativamente.

**5.** Aproximadamente el 85.00% de la población afirman que la atracción entre los objetos depende de la distancia entre ellos. No tienen buen dominio conceptual y la articulación con otros conceptos físicos es mala (es claro que para este nivel los estudiantes ya han estudiado la fuerza gravitacional y las leyes de Newton por lo cual podría establecerse una analogía)

**6.** Todos los estudiantes están de acuerdo en que la distancia influye sustancialmente en la atracción de los objetos y que evidentemente si la distancia es grande no se notará movimiento alguno entre los trozos del material. En ningún momento asocian alguna relación matemática que dependa de la distancia, la fuerza o la masa de los objetos.

**7.** El 57.50% de los estudiantes reconocen la existencia de una fuerza, muchos aún asocian la existencia de una fuerza al movimiento y que la acción de esta siempre tiene como causa un movimiento. La fuerza la perciben como una acción instantánea, la atracción de los objetos es inmediata y los factores que la producen son desconocidos y en ningún momento mencionados.

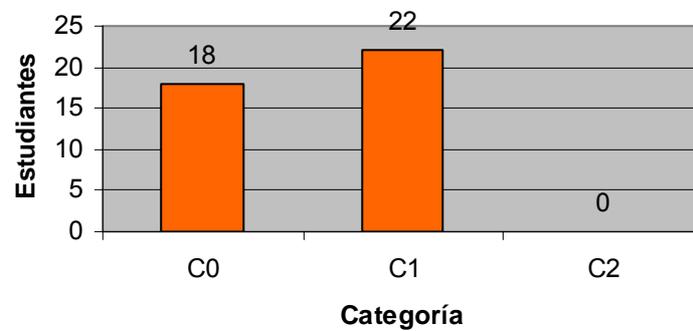
**8.** Aproximadamente el 85.00% de los estudiantes relacionan dicha fuerza con la distancia y la carga de los objetos, no establecen ninguna relación matemática o asociación de unas y otras variables.

**9.** el 80.00% de la población afirman haber cargado los objetos, pero tan solo el 20.58% de los estudiantes reconocen levemente el concepto de carga al cual se hace referencia. Aunque ya se ha discutido sobre el concepto, los estudiantes aún ven con dificultad el término y no parecen relacionarlo con el fenómeno aplicado.

**10.** El 77.50% de los estudiantes no tienen un dominio básico del concepto de carga eléctrica, no representan ni asocian el concepto debidamente, su capacidad y relación con otros conceptos es mínima o inexistente.

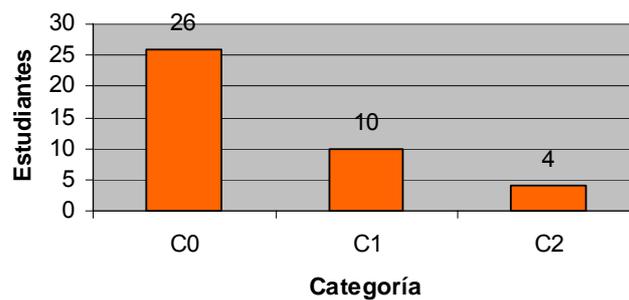
**Pregunta 1: Descripción actividad práctica**

C0	C1	C2
18	22	0



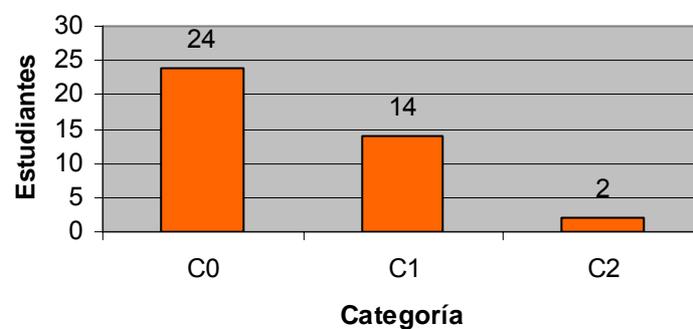
**Pregunta 2: ¿Se atrajeron los objetos? ¿Por qué?**

C0	C1	C2
26	10	4



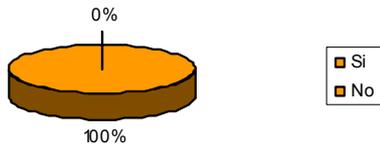
**Pregunta 3: ¿Considera que siempre se atraerán? ¿Por qué?**

C0	C1	C2
24	14	2

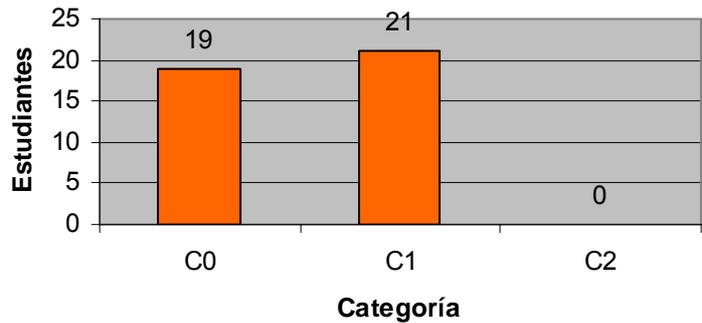


**Pregunta 4:** ¿Entre más frote la regla a su piel, más trozos de papel se adhieren? Explique.

Si	No
38	0

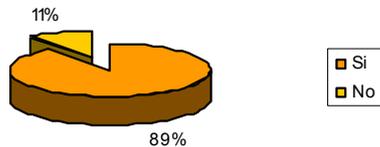


C0	C1	C2
19	21	0

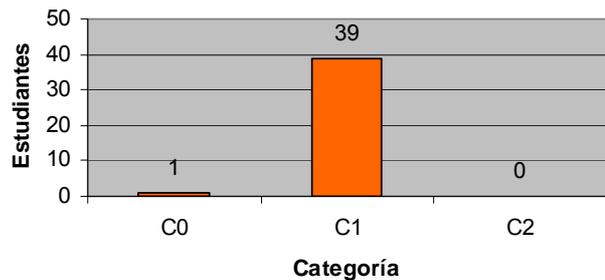


**Pregunta 5:** ¿Entre más cerca estén los papeles al objeto (regla o peine) más fácilmente se atraen?

Si	No
34	4

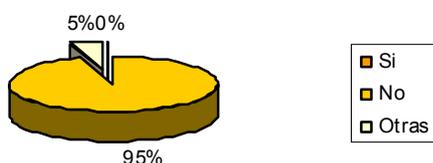


C0	C1	C2
1	39	0

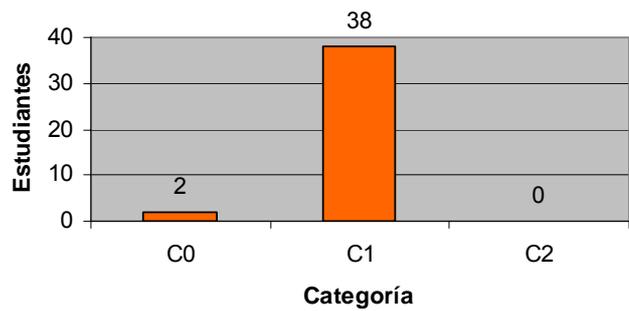


**Pregunta 6:** ¿Se atraerán los trozos de papel si aleja demasiado la regla?  
¿Por qué?

Si	No	Otras
0	36	2

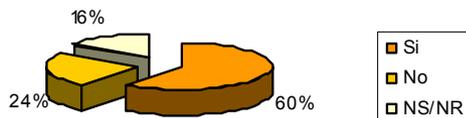


C0	C1	C2
2	38	0

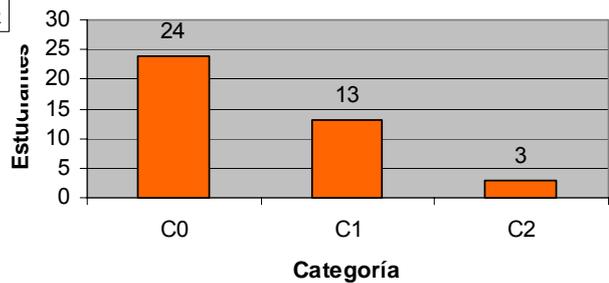


**Pregunta 7:** ¿Considera que existe alguna fuerza presente en el objeto (regla o peine) que hace que se adhieran los trozos de papel?

Si	No	NS/NR
23	9	6

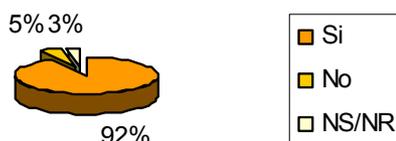


C0	C1	C2
24	13	3

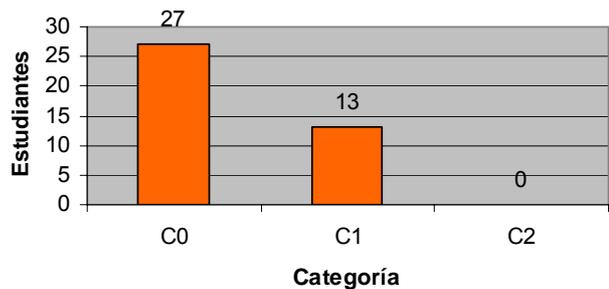


**Pregunta 8:** ¿Considera que la atracción entre los trozos de papel y el objeto (regla o peine) depende de la distancia? ¿Depende de la fricción del objeto (regla o peine) y su cuerpo?

Si	No	NS/NR
34	2	1

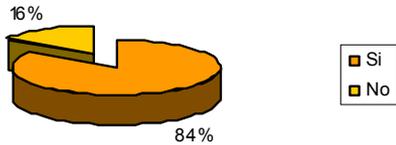


C0	C1	C2
27	13	0

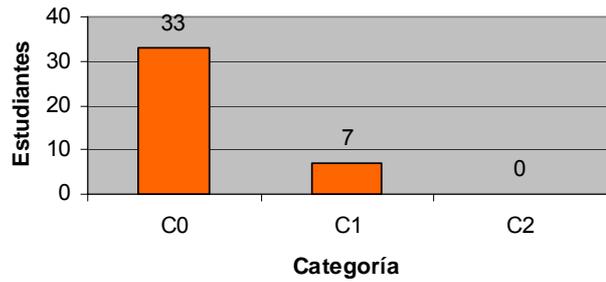


**Pregunta 9:** ¿Podría decir que cargó los objetos?

Si	No
32	6

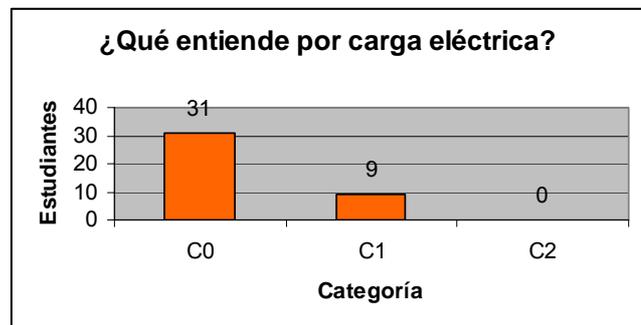


C0	C1	C2
33	7	0



**Pregunta 10:** ¿Qué entiende por carga eléctrica?

C0	C1	C2
31	9	0



**Cuadro 7. Resultados Categorización**

**Actividad # 3**

Número	P1					P2					P3					P4					P6				
	C0	C1	C2	C3	C4	C0	C1	C2	C3	C4	C0	C1	C2	C3	C4	C0	C1	C2	C3	C4	C0	C1	C2	C3	C4
01			X					X					X			X					X				
02			X				X						X				X					X			
03																									
04																									
05		X						X					X			X					X				
06		X					X						X			X					X				
07																									
08																									
09																									
10		X				X							X			X					X				
11	X					X					X				X						X				
12																									
13	X					X					X				X						X				
14		X					X						X			X						X			
15		X				X						X			X						X				
16																									
17	X					X					X				X						X				
18			X					X			X					X						X			
19		X					X				X					X						X			
20		X					X					X				X						X			
21	X					X					X				X						X				
22		X					X				X				X							X			
23		X					X				X				X						X				
24		X					X				X				X						X				

25			X			X				X					X			
26	X					X				X					X			
27																		
28																		
29	X					X				X				X				
20	X					X				X				X			X	
31																		
32		X				X				X						X		
33		X				X				X					X			
34																		
35	X					X				X								X
36																		
37		X				X				X				X				
38	X					X				X				X				
39	X					X				X					X			
40																		
41																		
42																		

### **Resultados Actividad # 3**

**1.** Tan solo el 14.81% de los estudiantes definen claramente las características de los materiales conductores y los asocian al comportamiento de cargas en ellos. El 48.14% de la población definen elementos básicos de estos pero no los asocian claramente en términos de los fenómenos físicos conocidos.

**2.** Aproximadamente el 11.11% de los estudiantes distinguen claramente los materiales aislantes, hacen apreciaciones claras al respecto y ejemplifican algunos tipos de materiales (C2).

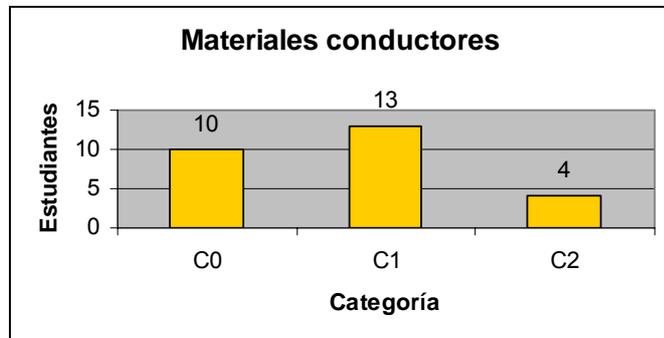
**3.** Solo el 25.92% de los estudiantes establecen características y propiedades que diferencian materiales aislantes y conductores (C2). Aproximadamente el 74.07% de la población no diferencia ni caracteriza unos y otros, no los representan ni asocian situaciones en las cuales se diferencien.

**4.** Aunque ya se han elaborado modelos de las propiedades de las cargas y los diversos tipos de cargas, la totalidad de los estudiantes (100%) se ubican en las categorías 0 y 1 (C0 y C1) lo que da indicios de que aún no pueden explicar el comportamiento de las cargas al viajar por diversos materiales y su interacción.

**6.** Solo el 11.11% de la población explica con buen dominio conceptual y a partir de modelos representativos el comportamiento de las cargas en algunos materiales y la interacción entre sí.

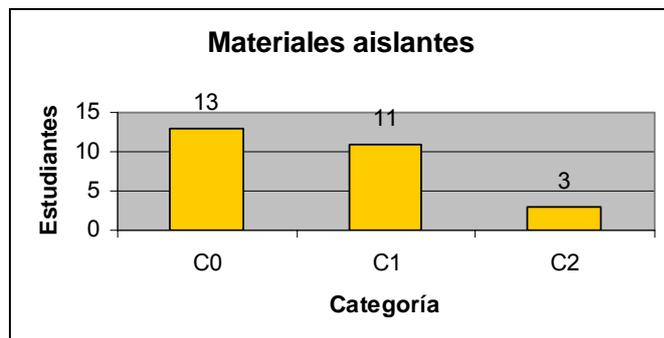
**Pregunta 1:** ¿Qué son materiales conductores?

C0	C1	C2
10	13	4



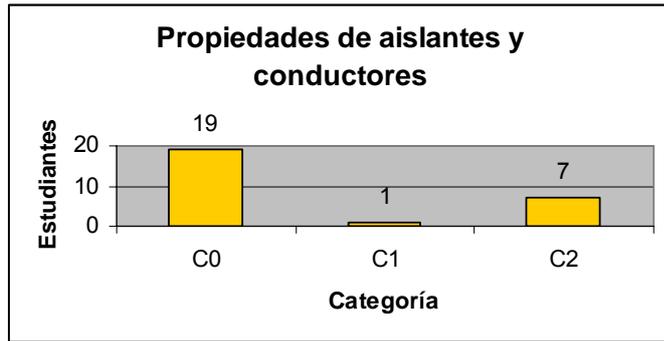
**Pregunta 2:** ¿Qué son materiales aislantes?

C0	C1	C2
13	11	3



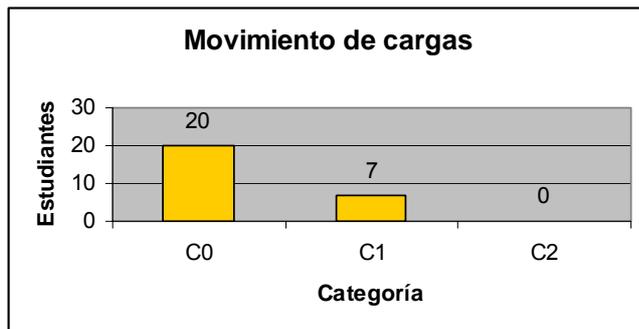
**Pregunta 3:** ¿Qué propiedades hacen del metal un buen conductor y del caucho un buen aislante?

C0	C1	C2
19	1	7



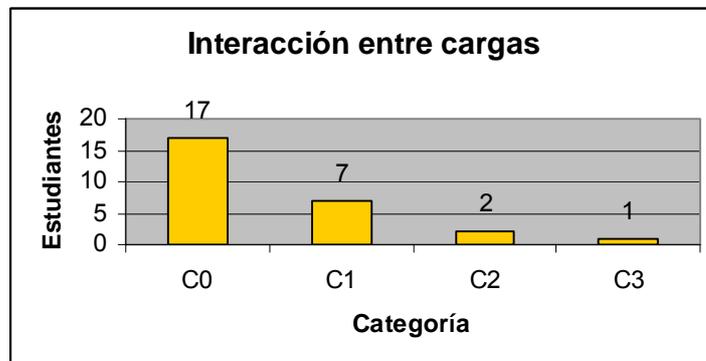
**Pregunta 4:** Hay dos tipos de carga en la naturaleza, ¿dichas cargas se mueven con mayor libertad en los aislantes o en los conductores? ¿Por qué?

C0	C1	C2
20	7	0



**Pregunta 6:** Explique ¿como un conductor carga negativamente si tiene solo una barra cargada positivamente?

C0	C1	C2	C3
17	7	2	1



## Anexo D: Algunos modelos conceptuales de los estudiantes

Pregunta: ¿Qué es electricidad?

Electricidad es el fenómeno de la física que trata sobre la energía, la luz y todas sus características. También nos muestra las funciones que tiene en la vida diaria.

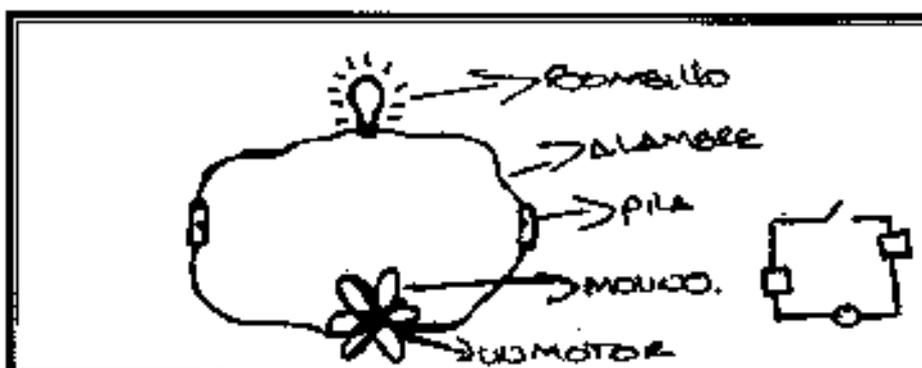
Es una potencia que transmite energía por medio de componentes conductivos.

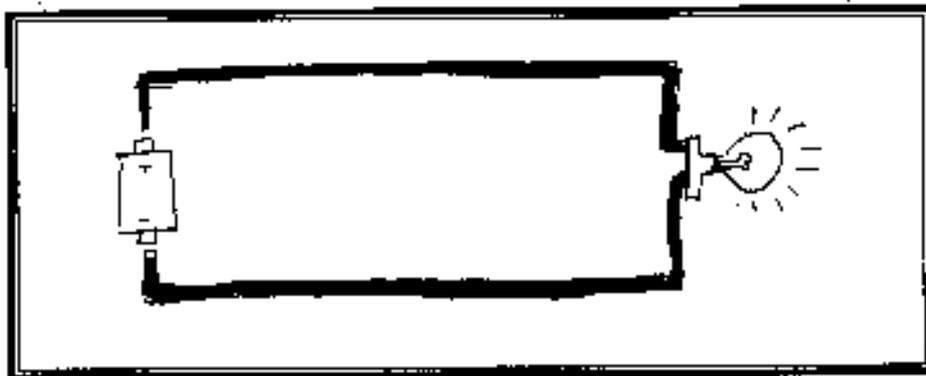
Pregunta: ¿Cree que hay alguna relación entre los términos electrón y el electricidad? Explique.

Si hay relación porque el electrón también hace parte de la física y por medio de éste se transporta la electricidad.

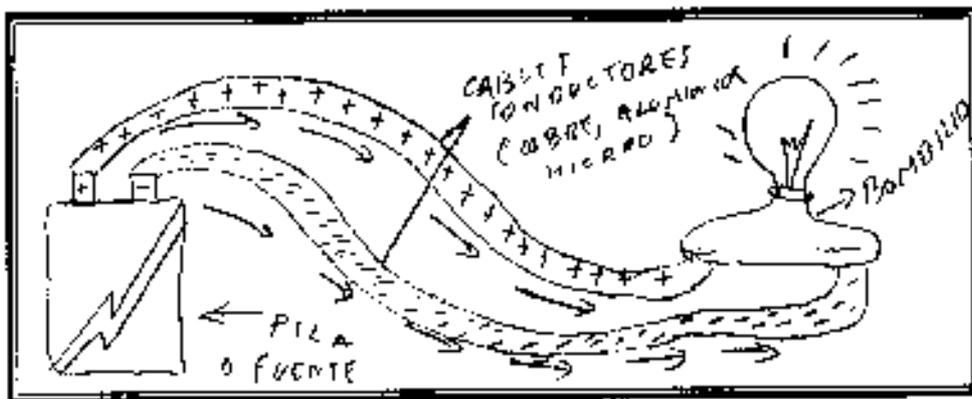
Si porque el electrón transmite energía al átomo y la electricidad es una energía ejercida o producida.

Representación de un fenómeno asociado a la electricidad





Elabore un gráfico en donde se ilustre el comportamiento de las cargas en un conductor



Explique por que un conductor carga negativamente si tiene solo una barra cargada positivamente

