



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **Propuesta Para La Enseñanza De Ley De Coulomb Contemplando Aspectos De La Naturaleza De Las Ciencias.**

**Darío Eusebio Castellanos Clavijo**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad, Ciencias

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá D.C, Colombia

2014

# **Propuesta Para La Enseñanza De Ley De Coulomb Contemplando Aspectos De La Naturaleza De Las Ciencias**

**Darío Eusebio Castellanos Clavijo**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas**

Director:  
Doctor, Físico John Morales

Línea de Investigación:  
Enseñanza de la física

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad, Ciencias  
Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales  
Bogotá D.C, Colombia  
2014

## Resumen

La propuesta para la Enseñanza De Ley De Coulomb se materializa en una unidad didáctica que contempla un discurso pedagógico que se ha interesado por la enseñanza de las ciencias naturales en este caso la física, denominado La naturaleza de las ciencias, discurso que se ha preocupado en las últimas décadas en posibilitar al estudiante el conocimiento de la ciencia desde lo que la caracteriza, como se produce y para que se produce. A su vez la unidad integra estándares de competencia para la educación los cuales orientan procesos educativos, que vinculan conceptos de la física básicos para la comprensión de la ley en mención.

**Palabras claves:** Ley de Coulomb, Naturaleza de las ciencias, estándares de competencia y unidad didáctica.

## **Abstract**

The proposal for teaching Coulomb's Law focuses on a didactic unit that encompasses a pedagogical discourse interested in teaching natural sciences, in this case physics, and called The Nature of the Sciences. This approach has taken an interest in recent decades in making it possible for the student to attain the knowledge of science from the elements that characterize it, considering how it occurs and how and for what purpose it is produced. This unit also integrates the competence standards for education which guide the learning processes, including basic physics concepts necessary to understand the aforementioned Law.

**Key Words:** Coulomb's Law, Nature of Science, Standards of Competence and Learning Unit.

# Contenido

Resumen .....	III
Abstract.....	IV
Lista de figuras.....	VI
Lista de tablas.....	VII
Lista de símbolos y abreviaturas.....	VIII
Introducción.....	1
<b>1. Capítulo 1 problema – metodología: alternativa de enseñanza aprendizaje de la física Ley Coulomb.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Capítulo 2: referentes teóricos para la comprensión de la Ley Coulomb y su enseñanza.....</b>	<b>8</b>
2.1 Aspectos conceptuales Ley Coulomb.....	8
2.1.1 Electromagnetismo .....	9
2.1.2 Electrostática.....	10
2.1.3 Carga eléctrica .....	11
2.1.4 Fuerza de Coulomb .....	14
2.1.5 Ley de Coulomb .....	15
2.2. Epistemología Ley de Coulomb .....	21
2.3 Naturaleza de las Ciencias en la educación.....	25
<b>3. Capítulo 3: resultados y análisis de la propuesta para la enseñanza de la Ley de Coulomb.....</b>	<b>31</b>
<b>4. Capítulo 4: materialización de la unidad didáctica para la enseñanza de la Ley Coulomb.....</b>	<b>36</b>
<b>5. Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>80</b>
5.1 Conclusiones .....	80
5.2 Recomendaciones.....	80
<b>A. ANEXO A: Unidad didáctica y videos de apoyo .....</b>	<b>82</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>83</b>

## Lista de figuras

<b>Figura 1:</b> Carga eléctrica.....	11
<b>Figura 2:</b> Carga por conducción.....	13
<b>Figura 3:</b> Carga por inducción .....	14
<b>Figura 4:</b> Fuerza eléctrica .....	15
<b>Figura 5:</b> Balanza de torsión .....	16
<b>Figura 6:</b> Fuerza cargas de igual signo.....	19
<b>Figura 7:</b> Fuerza de cargas de signo contrario.....	20
<b>Figura 8:</b> Forma vectorial Ley de Coulomb.....	20

## Lista de tablas

**Tabla 2. 3.1:** Ideas sobre la ciencia que consiguen el consenso y deberían enseñarse en la ciencia escolar.....28

**Tabla 3.1:** Aspectos de la Naturaleza de las Ciencias en unidad didáctica.....32

**Tabla 3.2:** ideas sobre la ciencia que consiguen el consenso contempladas en unidad didáctica.....34

# Lista de símbolos y abreviaturas

## Símbolos

Símbolo	Término	Unidad SI
q	Carga eléctrica	C
F	Fuerza eléctrica	N
F <sub>N</sub>	Fuerza neta	N
r	Distancia	m
P	Momento lineal	Kgm/s
t	Tiempo	s

## Constantes Físicas

Símbolo	Término	Valor	Unidad SI
K	Constante de Coulomb	$8,99 \times 10^9$	Nm <sup>2</sup> /C <sup>2</sup>
e	Carga elemental	$1,60206 \times 10^{-19}$	C
ε <sub>0</sub>	Permitividad del vacío	$8,85415 \times 10^{-12}$	C <sup>2</sup> /Nm <sup>2</sup>

## Abreviaturas

Abreviatura	Término
NdC	Naturaleza de las Ciencias
MEN	Ministerio de Educación Nacional
SI	Sistema Internacional de pesas y medidas



# Introducción

El presente trabajo **“Propuesta Para La Enseñanza De Ley De Coulomb Contemplando Aspectos De La Naturaleza De Las Ciencias”** está dirigido a estudiantes de educación media grado once y se estructura bajo fundamentos: pedagógicos, didácticos y conceptuales, abordando aspectos epistemológicos que dan claridad y orientan la pertinencia de cada uno de éstos fundamentos, para la construcción de una propuesta que permitirá la enseñanza aprendizaje de la Ley de Coulomb, tema que es esencial para el desarrollo del plan de estudio en la educación básica y media en el contexto de la enseñanza de la física.

La naturaleza de las ciencias (NdC) ha sido el centro de atención de pedagogos en las últimas décadas, quienes por medio de investigaciones han buscado vincularla a contextos escolares a través de herramientas didácticas; este interés surge de evidenciar situaciones en el aula que son erradas a la hora de hablar de las ciencias, particularmente las naturales (Lederman 2006), como, 1. Contemplar el conocimiento científico como absoluto 2. Considerar que el principal objetivo de los científicos es descubrir leyes naturales y verdades 3. Una actitud negativa hacia las ciencias, entre otros aspectos. Hoy en día los investigadores plantean que no solo los estudiantes pueden poseer una imagen deformada de las ciencias si bien, se reconoce que lo que construye el estudiante no es exclusivo del medio escolar (Lederman,1992, Gil, 1986). De igual forma, los docentes también han construido ideas, concepciones y valores, muchas veces incompatibles con las explicaciones desde la epistemología de las ciencias, y que podrían influir en sus estrategias de enseñanza y en su actuación en clase (Lederman y Zeidler 1987, Adúriz-Bravo *et al.* 2002, Manassero y Vázquez 2000). Dentro de estas imágenes de ciencia se incluyen reduccionismos y deformaciones que estarían obstaculizando una correcta orientación de la enseñanza (Fernández *et al.* 2002).

En esta medida, el lograr vincular la NdC desde lo pedagógico a la propuesta para la enseñanza de la Ley de Coulomb resulta interesante, ya que brinda elementos para no generar materiales didácticos que contribuyan en afianzar reduccionismos y deformaciones de las ciencias naturales que limitan su comprensión, por el contrario confrontan al estudiante con la forma en que se realiza la ciencia y su importancia en la comprensión de fenómenos naturales; estos

lineamientos surgen de consensos en investigaciones que se deben tener en cuenta a la hora enseñar, siguiendo lo enunciado por Manassero y Vázquez (2000), quienes apuntan hacia dos caminos: por un lado, la mejora de los currículos de ciencias, introduciendo la naturaleza de la ciencia como un contenido de la enseñanza de la ciencia cuando está ausente o actualizando su presentación, para el caso la construcción de un material didáctico.

El contemplar la NdC desde su discurso para el diseño de una propuesta didáctica, involucra aclarar que temáticas se quieren abordar en el aula, en el caso particular la Ley de Coulomb, la cual figura en los planes de estudios del grado once de escolaridad, además se orienta por los estándares de competencia propuestos por el Ministerio de Educación Nacional<sup>1</sup> para el sector educativo, los cuales brindan elementos que la estructuran y permiten afianzar su comprensión, estos son:

**Establezco relaciones entre fuerzas macroscópicas y electrostáticas.**

**Establezco relación entre campo gravitacional y electrostático.**

El trabajo con estos estándares de competencia permitieron integrar los conocimientos que llevarían a dar claridad a la comprensión de la Ley de Coulomb desde lo que se persigue en el contexto educativo para la población, encontrando que es determinante aclarar a que se le llama electricidad, electrostática, carga eléctrica y fuerza eléctrica<sup>2</sup> No solo desde el manejo del concepto, sino desde un contexto epistemológico e histórico.

Al contemplarla NdC y los estándares de competencia como componentes pedagógicos para la enseñanza de la Ley de Coulomb, se estipulan bases que se concretan en una estrategia didáctica, como la denominada unidades didácticas que se han vinculado a las aulas de manera exitosa según investigaciones como las que plantea los autores VILCHES, A 2007, GIL, P 1986. Esta estrategia se integra al currículo escolar particularmente al plan de estudio, bajo el manejo de temas específicos, que vinculan varios conceptos para afianzar la enseñanza aprendizaje. Dicha estrategia plantea generar un plan de actividades que desarrolla tres momentos los cuales se denominan: inicio, desarrollo y acabado. Para la Ley de Coulomb se

---

<sup>1</sup>MEN 2004.

<sup>2</sup>SERWAY, R. 2001, P. 483- 520.

estructura un plan de actividades siguiendo los estándares de competencia y elementos de la NdC, que le permitirán al estudiante afrontarse al nuevo conocimiento contemplando aspectos ligados al qué, cómo y para qué de la ciencia a través de conceptos claves que permitirán su comprensión de forma integral.

La unidad didáctica denominada “Ley de Coulomb” como propuesta de enseñanza aprendizaje, se materializa al contemplar tres objetivos:

- Integrar aspectos conceptuales y epistemológicos de la Ley Coulomb promoviendo su comprensión en material didáctico.
- Determinar elementos de la Naturaleza de las Ciencias y estándares de competencia como estrategia pedagógica para la elaboración de unidad didáctica.
- Elaborar una unidad didáctica siguiendo el plan de actividades y estructuración en momentos de inicio, desarrollo y acabado a través de elementos conceptuales y pedagógicos.

A su vez se quiere dar respuesta a la situación problema a través de la pregunta:

**¿Cómo elaborar una unidad didáctica que sirva como propuesta para la enseñanza de la Ley de Coulomb bajo la integración de elementos de la naturaleza de las ciencias (NdC) y estándares de competencia para la educación?**

Para dar respuesta a la pregunta de este trabajo de grado se dividió en los siguientes capítulos. **Capítulo 1** problema – metodología: Alternativa de enseñanza aprendizaje de la física Ley de Coulomb; **Capítulo 2** referentes teóricos para la comprensión de la Ley Coulomb y su enseñanza; **Capítulo 3** presentación unidad didáctica Ley de Coulomb; **Capítulo 4** resultados y análisis de la propuesta para la enseñanza de la Ley de Coulomb, y **Capítulo 5** conclusiones y recomendaciones. Estos capítulos dan cuenta de la propuesta y la forma en que está esquematizada.

# **1.Capítulo 1problema – metodología: Alternativa de enseñanza aprendizaje de la física Ley de Coulomb.**

La propuesta encaminada a la elaboración de una unidad didáctica en relación a la Ley de Coulomb, que contempla aspectos del discurso pedagógico NdC y estándares de competencia para la educación, se generó a partir del reconocimiento de situaciones didácticas que se enmarcan en el contexto de la enseñanza aprendizaje de la física, en donde por referencias de investigaciones se han encontrado prácticas pedagógicas que se adelantan a partir de la adquisición mecánica del conocimiento, como lo planteado por González 2005, en donde se describe la problemática del aprendizaje, ligada a la acumulación de información de forma arbitraria, que no interactúa con conocimientos preexistentes, un aprendizaje de ecuaciones matemáticas. Esto conlleva a que el estudiante contemple la física solo desde el resultado y no desde el proceso que generó su producción. A su vez en el documento de Vera 2006, se destaca la importancia que tiene para las poblaciones escolares el lograr priorizar la comprensión de los fenómenos físicos abandonando los procedimientos rutinarios y logrando aprendizajes que pongan en contexto dichos fenómenos.

Reconociendo situaciones ligadas a la enseñanza aprendizaje de la física en las que el estudiante limita el proceso al manejo de fórmulas de manera mecánicas, surgen discursos desde autores que consideran necesario que los profesores adquieran unas concepciones de ciencia y de trabajo científico, acordes con las posiciones epistemológicas de mayor aceptación en la actualidad (Carrascosa *et al.*2003); para lo cual se requiere modificar la epistemología “espontánea” del profesorado, el cual puede constituir un obstáculo capaz de bloquear los intentos de renovación de la enseñanza de las ciencias (Fernández *et al.* 2002). En esta medida el adoptar los preceptos de la NdC resulta interesante ya que pretende que el estudiante conozca la física desde el qué, el cómo y el para qué, de un determinado fenómeno y no solo desde los conocimientos que resultan de las investigaciones científicas.

Recientemente, Vázquez A, Acevedo J y Manassero M (2004) realizaron una revisión en torno a la NdC y presentaron pruebas de consensos en tópicos concretos de la NdC, y aclararon que aunque los aspectos epistemológicos de la ciencia y la tecnología pueden considerarse el núcleo duro de la NdC, en un sentido más amplio, también se deberían entender como propios de la NdC todos aquellos asuntos que van más allá de los productos o resultados de la ciencia, contenidos fácticos y conceptuales, tales como los procesos y diseños de la ciencia, los valores que impregnan a éstos, las relaciones mutuas entre Ciencia, Tecnología y Sociedad, las relaciones sociales internas de la comunidad científica, las relaciones entre la ciencia escolar y la ciencia en elaboración entre otros aspectos.

Es de contemplar como desde las aulas se vienen adelantando investigaciones que mitighen conflictos escolares sobre la forma como se enseña la física no solo a partir del discurso pedagógico, sino de estrategias como la reportada en un trabajo preliminar desarrollado en este campo en el año 2009 denominado “Diseño de una Estrategia Didáctica Para Propiciar el Cambio Conceptual Sobre Electrostática en Alumnos de Secundaria”<sup>3</sup> este trabajo fue aplicado a un grupo de 34 estudiantes y tomo como referentes las metodologías basadas en el conflicto cognitivo, el uso de analogías y la metacognición. Las conclusiones de este trabajo indican que no se obtuvo una transformación total en las ideas de los 34 estudiantes con los cuales se trabajo, pero los logros fueron muy superiores a los obtenidos en un proceso de enseñanza tradicional ya que este grupo de estudiantes ya habían abordado la temática con la docente del área, además se indica que en el desarrollo de la actividad se noto la dificultad en la participación de los estudiantes, asociada con su forma de comportarse normalmente en las clases tradicionales. Esta experiencia permite determinar que se deben generar propuestas que contrarresten las debilidades que se generan en clases tradicionales y que se mitigarían con clases que contemplen nuevas estrategias pedagógicas.

En este sentido el lograr integrar a nivel educativo experiencias a manera de propuesta resulta de interés ya que permitiría manejar dificultades que se presentan con la enseñanza aprendizaje de la física; para este fin se presentan diversas estrategias para la realización de materiales didácticos, como: videos, software, libros texto, talleres, conferencias, unidades didácticas, entre otras. En el presente trabajo

---

<sup>3</sup> PEREDA, S. 2009, P. 3421

fue indispensable determinar una estrategia para llegar a contemplar la enseñanza de la Ley de Coulomb. El desarrollo de la propuesta didáctica para su enseñanza, se planteó bajo el diseño de unidad didáctica siguiendo una guía de actividades; estructura que se ha trabajado en varias situaciones académicas que referencian éxito en los procesos de enseñanza aprendizaje encontrando, trabajos como el de Sánchez B. 1993, en el cual se plantea el diseño de unidades didácticas en el área de las ciencias experimentales, a través de tres preguntas claves ¿qué contenidos se deben tener en cuenta?, ¿a través de que experiencias de laboratorio? y ¿cómo se desarrolla la unidad didáctica?, que a su vez se orienta desde la naturaleza de las ciencias y procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias y contempla competencias didácticas y pedagógicas.

Una segunda experiencia de apoyo para el documento es la planteada por Sheila E. en 1990, en la cual se estructura el trabajo con unidades didácticas que se orientan desde tres directrices de trabajo: tareas, principios y desarrollos, momentos guiados por competencias que deben trabajar los estudiantes para el desarrollo de las mismas.

Una tercera experiencia está guiada a la enseñanza de fenómenos físicos en un contexto escolar por Daniel Gil Pérez 1993, él plantea la importancia de diseñar una guía de actividades escolares bajo el desarrollo de tres momentos en la unidad didáctica, que se encaminan desde el inicio, desarrollo y acabado, los cuales promueven motivar al estudiante, a desarrollar sus habilidades y luego terminar expresando sus resultados a partir de socializaciones que le permitan al estudiante demostrar lo aprendido desde el establecimiento de relaciones entre la dimensión conceptual, con la social y lo expresivo.

Estas experiencias fueron determinantes en la constitución de la propuesta ya que facultan el tener una estructura que permita orientar el desarrollo de la unidad y los momentos a trabajar con los estudiantes, facultando la enseñanza de las ciencias, más cuando aportaría al tratamiento de experiencia personal en la enseñanza de la Ley de Coulomb en estudiantes de grado undécimo del colegio Antonio García I.E.D. ya que se ha evidenciado que posterior a la explicación, el proceso no pasa de ser información abstracta que no comprende el estudiante y que no logra relacionar consistentemente con los formalismos matemáticos, esto se verifica al realizar un análisis de las pruebas de suficiencia donde se observa que todo se resume a ejercicios algebraicos mal desarrollados por el estudiante y completamente aislados

del concepto y aun más del fenómeno físico<sup>4</sup>. Teniendo en cuenta que este es un buen indicador de la situación que presentan un gran número de estudiantes de media vocacional cuando abordan este tema, resultó importante generar una propuesta desde la integración de elementos de la naturaleza de las ciencias (NdC) y estándares de competencia que permitan una comprensión de la Ley de Coulomb que lleve a la resolución de problemas asociando coherentemente los conceptos con los formalismos y el fenómeno. Es por esto que resulto relevante dar respuesta al interrogante:

**¿Cómo elaborar unidad didáctica que sirva como propuesta para la enseñanza de la Ley de Coulomb bajo la integración de elementos de la naturaleza de las ciencias (NdC) y estándares de competencia para la educación?**

La respuesta se orientó a partir de una metodología desarrollada bajo el paradigma cualitativo y la metodología proyectiva, la cual según Hurtado (1998) tiene como objetivo diseñar o crear una propuesta dirigida a resolver determinada situación, que para el caso particular es la enseñanza de la Ley de Coulomb enmarcada en material didáctico que integra aspectos de la NdC; en efecto la metodología proyectiva trasciende el campo de cómo son las cosas, para entrar en el cómo podrían mejorar en términos de necesidades y preferencias o decisiones para alcanzar unos fines o acercarse a un ideal.

Esta metodología cualitativa inició con un acercamiento previo a la realidad del objeto de análisis y trascendió a una fase exploratoria, cuyo objetivo era documentar la realidad que se va a analizar frente al proceso de enseñanza y aprendizaje de la ley de Coulomb para luego planificar una propuesta de trabajo que posibilite la enseñanza aprendizaje de la ley de interés.

---

<sup>4</sup> \*\*Documento institucional que reposa en coordinación de articulación del colegio Antonio García IED

## **2.Capítulo 2: Referentes Teóricos para la Comprensión de la Ley Coulomb y su Enseñanza.**

La propuesta para la enseñanza de la ley de Coulomb estructurada en una unidad didáctica se orientó por referentes teóricos, que dieron cuenta de aspectos conceptuales, didácticos, pedagógicos y epistemológicos, para su comprensión y su relación en el contexto educativo; a continuación se aclara cada uno de los aspectos que orientaron la propuesta.

### **2.1 Aspectos conceptuales Ley de Coulomb**

Para el diseño de la unidad didáctica como propuesta en torno a la Ley de Coulomb es determinante tener en cuenta aspectos de la enseñanza de la física propuestos desde el Ministerio de Educación Nacional, en su documento Estándares de Competencias en Ciencias Naturales, Formar en Ciencias un ¡Desafío!<sup>5</sup>, en el cual se enuncian dos estándares relacionados con la ley de interés, estos son:

- 1. Establezco relaciones entre fuerzas macroscópicas y electrostáticas.**
- 2. Establezco relación entre el campo gravitacional y electrostático.**

Con el primero estándar, “*Establezco relaciones entre fuerzas macroscópicas y electrostáticas*”, se encuentra implícita la relación ya que la Ley de Coulomb permite cuantificar las interacciones entre cargas eléctricas es decir sus fuerzas, las cuales a pesar de ser de diferente naturaleza tienen un manejo semejante a las fuerzas macroscópicas de la naturaleza, como lo es el peso por ejemplo. Para el segundo estándar, “*Establezco relación entre el campo gravitacional y electrostático*, existe una relación directa con la Ley Coulomb ya que en su expresión general es semejante a

---

<sup>5</sup>MEN, 2004.



la Ley de Gravitación Universal y las relaciones presentes entre sus variables son equivalentes.

A partir de esta organización y teniendo en cuenta el plan de estudio para la enseñanza de la física para la educación media vocacional<sup>6</sup>, se contemplaron en la unidad didáctica los siguientes saberes que facultan la comprensión de la Ley de Coulomb:

- Electromagnetismo
- Electrostática
- Carga eléctrica
- Fuerza eléctrica

### 2.1.1 Electromagnetismo

El electromagnetismo<sup>7</sup> es la rama de la física encargada del estudio de los fenómenos eléctricos y magnéticos, conceptos que en un comienzo fueron trabajados de forma independiente hasta comienzos del siglo XIX, donde los científicos de la época como Hans Oersted (1777-1851) y Michael Faraday (1791-1867) establecieron que la electricidad y el magnetismo eran fenómenos físicos relacionados entre sí. Fuerzas como la intermolecular e interatómicas causantes de la formación de sólidos y líquidos, se sabe hoy son de origen eléctrico, además fuerzas como la fuerza elástica y la fuerza de rozamiento surgen de las fuerzas eléctricas que se ejercen en los átomos. El indagar sobre quiénes fueron los primeros en observar fenómenos eléctricos y magnéticos es algo difícil, ya que éste es un detalle que se encuentra perdido en los albores de la civilización, sin embargo, la forma más antigua de lograr que un cuerpo reciba una carga eléctrica es ponerlo en contacto íntimo con otro y frotarlos entre sí. Los filósofos griegos ya tenían conocimiento de fenómenos eléctricos y magnéticos al observar que al frotar un trozo de ámbar, se electrizaba y atraía pedazos de paja o plumas, de igual forma se conocía de una cierta clase de piedra de origen natural llamada magnetita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), que experimentaba una atracción hacia el hierro.

La palabra eléctrico tiene su origen en el vocablo griego *elektron*, que significa ámbar, sustancia que permitió observar los primeros fenómenos de interacción eléctrica, de forma semejante el término magnético está relacionado con el país en donde se

---

<sup>6</sup>Documento IED Antonio García plan de estudio 2012.

<sup>7</sup> SERWAY, R. 2001, P. 483 - 485

encontró la magnetita, Magnesia, actualmente ubicada en la ciudad de Manisa en Turquía. Para principios del siglo XX parecía que el gran apartado de la física denominado fenómenos electromagnéticos ya estaba acabado debido a los trabajos desarrollados por Faraday y Maxwell, ya que habían quedado entendidas las leyes fundamentales que regían los campos electromagnéticos, es decir, las ecuaciones de Maxwell, sin embargo la teoría de los fenómenos electromagnéticos al igual que la mecánica presentó un gran desarrollo debido al aporte de las ideas cuánticas, lo cual permitió un mejor entendimiento de la estructura y las propiedades de la materia.

## 2.1.2 Electrostática

La electrostática<sup>8</sup> es el estudio de las distribuciones de las cargas eléctricas en reposo, las interacciones entre ellas, su comportamiento en los materiales y los fenómenos debidos al exceso o déficit de carga eléctrica en un objeto lo cual puede ocasionar descargas eléctricas cuando el objeto se pone en contacto con otro, es el caso del vidrio al ser frotado con seda o la resina al ser frotada con la lana, estos se cargan eléctricamente por un proceso denominado electricidad por rozamiento, esto se hace evidente cuando atraen cuerpos ligeros y los repelen en cuanto se ha producido el contacto. Hasta comienzos del siglo XIX, los físicos creían que la electricidad estática era diferente a la electricidad obtenida por una batería o un electroimán, con los estudios realizados por Michael Faraday se demostró que estos tipos de electricidad eran de la misma naturaleza.

La electricidad estática se produce cuando algunos materiales como el vidrio son frotados con lana, paño entre otros, ocasionando un desbalance eléctrico, es decir un desequilibrio entre el número de electrones y protones en los átomos que conforman la superficie del material, la capacidad de electrificación de estos cuerpos por fricción se clasifica a partir de la serie denominada efecto triboeléctrico de los materiales.

---

<sup>8</sup>SEARS, F.2005, P. 792-805.

### 2.1.3 Carga eléctrica

La carga eléctrica<sup>9</sup> hace referencia al desbalance entre el número de electrones (carga negativa) y protones (carga positiva) de los átomos presentes en la superficie de los materiales, los cuales en condiciones normales se encuentran en equilibrio, la carga eléctrica positiva se genera cuando los átomos pierden electrones, los cuales son atraídos por los átomos que constituyen el material con el que se interactúa, de forma análoga el material que gana electrones queda cargado de forma negativa.

De forma experimental se comprobó la existencia de dos formas de carga eléctrica denominadas cargas positivas y cargas negativas. Cuando una varilla de plástico duro frotada previamente con piel o con un material acrílico, interactúa con una varilla de vidrio frotada con seda, se atraen mutuamente, ahora si se acercan dos varillas de plástico duro o dos varillas de vidrio cargadas, se genera entre ellas repulsión demostrando que el plástico duro y el vidrio adquieren diferentes tipos de carga, la carga de la varilla de vidrio se describe como carga positiva y la carga de la varilla de plástico duro como carga negativa, se pudo determinar la relación entre las dos formas de carga, los cuerpos con cargas del mismo tipo se repelen mutuamente y los cuerpos con cargas contrarias se atraen mutuamente.

Si se tienen dos esferas de sauco descargadas estas no manifiestan repulsión (figura 1-a), ahora si se tocan con un cuerpo con carga negativa, las esferas se cargan de igual forma (figura 1-b) de tal forma que al retirar el cuerpo las esferas conservan la carga generándose repulsión entre ellas (figura 1-c)

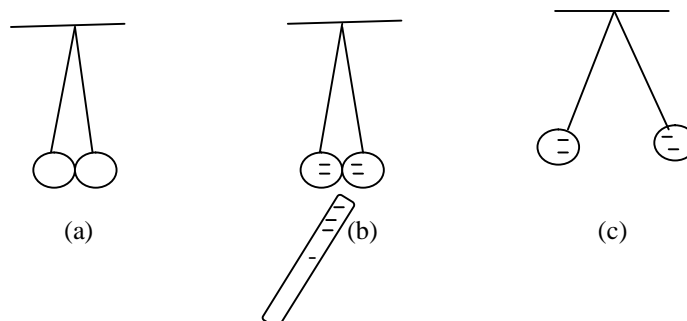


Figura 1 Carga eléctrica

<sup>9</sup> SERWAY, R. 2001, P 485-487.

Los conocimientos actuales permiten comprender que todos los cuerpos contienen cargas positivas y cargas negativas, es decir, la materia se compone de átomos y estos a su vez de electrones, que son las partículas con carga negativa, protones, que son las partículas con carga positiva y los neutrones partículas sin carga, de esta manera cuando se dice que un objeto está cargado, lo que se quiere indicar es que este objeto tiene un exceso de carga, que puede ser positiva (falta de electrones) o negativa (exceso de electrones).

Cualquier cuerpo con carga eléctrica cero o neutro (igual número de cargas positivas que negativas) en el mundo macroscópico tiene asociado un número de protones y electrones cercano a  $10^{23}$  de cada uno, la carga tiende naturalmente a transferirse entre diferentes sustancias y el acto de frotar los materiales permite la transferencia de carga, en este proceso la cantidad de carga ganada por un material es igual a la cantidad de carga perdida por el otro, esto permite afirmar que la carga eléctrica siempre se conserva, es decir, no se crea ni se destruye, solo se transfiere de un cuerpo a otro. Experimentalmente se observó que la carga neta se conserva en un sistema cerrado y esto se conoce como el principio de conservación de la carga.

Robert Millikan(1896 – 1953)<sup>10</sup>, determinó que la carga asociada a un cuerpo es siempre un múltiplo de una carga fundamental ( $e$ ) y que la carga se da en paquetes discretos en la naturaleza, esto quiere decir que la carga eléctrica está cuantizada. La carga fundamental se asocia a la carga del electrón ( $-e$ ) siendo igual en magnitud a la carga del protón ( $+e$ ), el valor de esta carga fundamental es  $1,60206 \times 10^{-19}$  Coulomb. La unidad de la carga eléctrica en el sistema internacional SI es el coulomb (C) y se define como la cantidad de carga que fluye en 1 segundo cuando existe una corriente eléctrica constante de 1 ampere.

Los materiales pueden clasificarse de forma general en conductores, semiconductores y no conductores o dieléctricos, los conductores son sustancias metálicas como el cobre, la plata y el oro, entre otros, que contienen un gran número de portadores de carga libres, los semiconductores<sup>11</sup> como el Silicio y el Germanio son materiales que se comportan como conductores o dieléctricos dependiendo de factores como el campo eléctrico, campo magnético, la presión, la radiación y la temperatura a la cual se sometan y los dieléctricos como el vidrio la mica y ciertos plásticos, son aquellos

---

<sup>10</sup> HALLIDAY, D. 1999, P. 5

<sup>11</sup> WIKIPEDIA 2012.

que no poseen portadores de carga libres por lo cual se denominan malos conductores de electricidad.

Teniendo en cuenta la forma en la cual un cuerpo se carga eléctricamente se puede distinguir dos procedimientos.

### 2.1.3.1 Carga por conducción:

Proceso mediante el cual un cuerpo electrizado que se pone en contacto con un elemento conductor neutro aislado, permite la reorganización de carga, de tal forma que al separar el cuerpo del elemento conductor, este último quede cargado de igual forma, por ejemplo si una barra de caucho se pone en contacto con una esfera conductora neutra aislada(Figura 2-a), algunos de los electrones de la barra de caucho pueden trasladarse a la esfera, así al retirar la barra de caucho, la esfera conserva carga negativa(Figura 2-b).

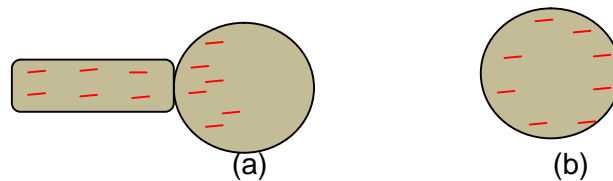


Figura2: Carga por conducción

### 2.1.3.2 Carga por inducción:

De forma similar a la obtención de carga eléctrica por conducción, si se tiene una barra de caucho electrizada y se acerca a una esfera conductora neutra aislada, la fuerza de repulsión entre los electrones de la barra y los de la esfera producen una redistribución de la carga en la esfera de tal forma que algunos electrones se desplazan a la parte de la esfera más lejana de la barra y la región de la esfera más cercana a la barra tiene un exceso de carga positiva(Figura 3-a) debido al desplazamiento de los electrones que se han alejado de esta zona, si en este momento se conecta a la esfera un alambre conductor que la aterrice, algunos electrones se trasladaran de la esfera hacia la tierra(Figura 3-b), considerada como un deposito infinito de electrones. Ahora al retirar el alambre conductor, la esfera conductora queda con un exceso de carga

eléctrica positiva denominada carga positiva inducida la cual se distribuye de manera uniforme en la superficie de la esfera (Figura 3-c), este proceso permite la obtención de carga eléctrica por inducción y no requiere que la barra de caucho entre en contacto con la esfera conductora.

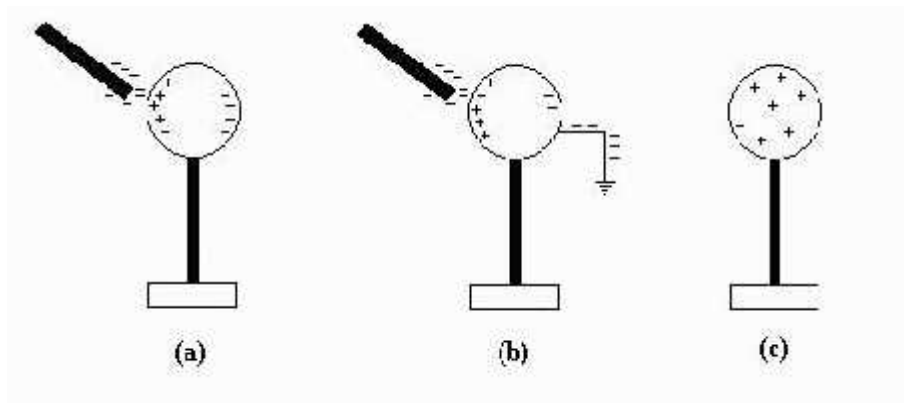


Figura 3: Carga por inducción

## 2.1.4 Fuerza de Coulomb

El concepto de fuerza está relacionado con la forma de cuantificar las interacciones entre cuerpos y de una manera más específica se define como la variación del momento lineal de un cuerpo o sistema en función del tiempo.

$$\vec{F}_N = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$$

Esto quiere decir que la fuerza neta ( $F_N$ ) o resultante que actúa sobre un cuerpo o sistema se obtiene al verificar el cambio o variación de su masa o velocidad.

De manera muy general las fuerzas se pueden clasificar en fuerzas de contacto y fuerzas de campo,<sup>12</sup> el concepto de campo fue implementado por Michael Faraday (1791-1867) y le fue asignado a las interacciones entre dos cuerpos no conectados como es el caso de la fuerza gravitacional. Las fuerzas fundamentales de la naturaleza son fuerzas de campo y están clasificadas en:

<sup>12</sup> SERWAY, R. 2001, P. 80-81.

1. Fuerzas nucleares fuertes (fuerza entre partículas subatómicas).
2. Fuerza Electromagnética (fuerza entre cargas eléctricas en reposo y movimiento).
3. Fuerzas nucleares débiles (presentes en procesos de desintegración radioactiva).
4. Fuerza gravitacional (fuerza de atracción entre objetos).

La fuerza eléctrica de Coulomb, es una fuerza de campo de origen electromagnético, resultado de la interacción entre dos cuerpos con exceso de carga eléctrica cuando estos se encuentran en reposo, cuantificada por la Ley de Coulomb. Para cargas de igual signo se obtiene fuerza de repulsión y para cargas de signos contrarios la fuerza es de atracción y la fuerza generada por un par de cargas es de igual magnitud y sentido contrario.

En la figura 4 se observa la dirección de la fuerza eléctrica, entendiendo que la magnitud de dicha fuerza es la misma sobre las dos cargas pero actúa en sentido opuesto (tercera Ley de Newton).

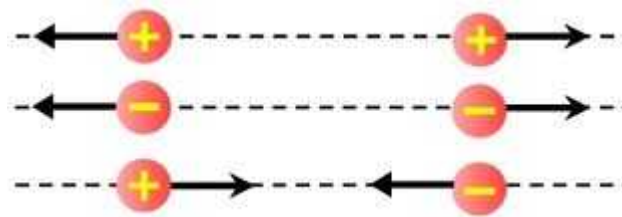


Figura 4: Fuerza eléctrica

## 2.1.5 Ley de Coulomb

Uno de los primeros científicos que realizó prácticas para el estudio cuantitativo de la fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas puntuales (una carga puntual es una carga cuyas dimensiones espaciales son muy pequeñas comparadas con cualquier longitud del problema en cuestión) fue el científico francés Charles Agustín Coulomb (1736-1806), sin embargo es necesario indicar que Joseph Priestley<sup>13</sup> en 1766 por semejanza con el fenómeno de atracción gravitacional y por la observación de la inexistencia de fuerzas eléctricas en el interior de un conductor cargado hueco ya había determinado una dependencia de la fuerza eléctrica con el inverso del cuadrado de la distancia.

<sup>13</sup>HERNANDEZ, G. 2007 P 53

En su trabajo Coulomb empleó una balanza de torsión, instrumento que se fundamenta en el funcionamiento del péndulo de torsión y está constituido por un material elástico sometido a torsión, cuando se le aplica una torsión el material reacciona con un par torsor contrario o recuperador. Este instrumento fue diseñado originalmente por el geólogo británico John Michell y mejorado posteriormente por el físico y químico coterráneo Henry Cavendish. Este mismo instrumento fue inventado de forma independiente por Coulomb en 1777.

La balanza de torsión<sup>14</sup> está constituida por una barra que pende horizontalmente de un hilo hecho de un material elástico, al girar la barra el hilo se tuerce y la fuerza de recuperación elástica tiende a que la barra regrese a su posición inicial.

Coulomb colocó una esfera cargada en uno de los extremos de la barra (figura 5) y la acercó a otra carga del mismo signo (figura 5) de tal forma que las cargas se ejercen fuerza de repulsión eléctrica torciendo el hilo, obteniéndose que la fuerza de torsión ejercida por el alambre sobre la barra es igual a la fuerza de repulsión eléctrica entre las cargas.

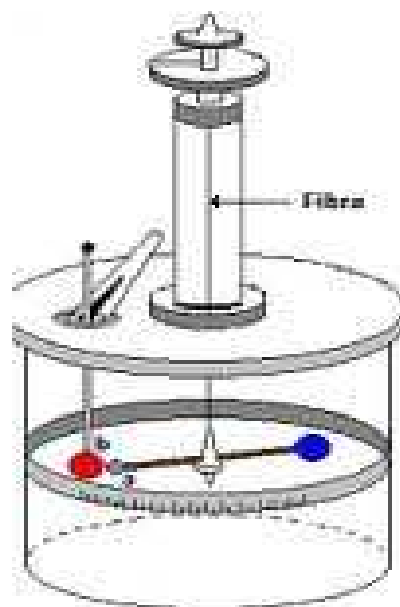


Figura 5 Balanza de torsión

---

<sup>14</sup> SANCHEZ, M. 2012.



Los experimentos desarrollados por Coulomb lograron demostrar la relación entre la magnitud de las cargas, la distancia que las separan y las interacciones eléctricas presentes obteniendo los siguientes resultados:

- La fuerza eléctrica (F) que un cuerpo cargado ( $q_1$ ) ejerce sobre otro cuerpo cargado ( $q_2$ ) depende directamente del producto de las magnitudes de las dos cargas.
- La fuerza eléctrica (F) que un cuerpo cargado ejerce sobre otro cuerpo cargado es inversamente proporcional al cuadrado de su separación (r).<sup>15</sup>
- La expresión matemática obtenida por Coulomb que expresa las dos características anteriores y se representa:

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

- La fuerza que ejerce  $q_1$  sobre  $q_2$  y  $q_2$  sobre  $q_1$  actúa a lo largo de la línea que une las cargas y las dos fuerzas apuntan en sentido opuesto pero con igual magnitud independiente que las cargas sean de diferente magnitud.

Para expresar la proporcionalidad en forma de ecuación se requirió determinar una constante de proporcionalidad (k), denominada la constante de Coulomb.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

A esta expresión se le denomina La Ley de Coulomb y es válida para objetos cargados cuyas dimensiones sean mucho menores que la distancia entre ellos y debe escribirse en notación vectorial como:

$$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{|\vec{r}_{12}|^2} \vec{r}_{12}$$

En donde  $\vec{r}_{12}$  es el vector unitario a lo largo de la línea que une las dos cargas.

$$\vec{r}_{12} = \frac{\vec{r}_1 - \vec{r}_2}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|}$$

La constante (k) de Coulomb<sup>16</sup> tiene un valor que es equivalente a  $1/(4 \epsilon)$  en donde  $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$  siendo  $\epsilon_r$  la permitividad relativa ( $\epsilon_r > 1$ ) y  $\epsilon_0$  la constante de permitividad en el

<sup>15</sup> HALLIDAY, D. 1999, P. 27- 28.

<sup>16</sup> WIKILIBROS 2012.

vacio la cual tiene un valor de  $\epsilon_0 = 8,85415 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$ . La permitividad relativa para algunos medios como el vacio, el aire y el papel parafinado es 1, 1.0006 y 2.2 respectivamente, además se debe tener en cuenta que para sistemas en los cuales el espacio que rodea las cargas no es el vacío se debe contemplar la constante dieléctrica y la permitividad del material. Siendo  $\epsilon_r$  la permitividad relativa del vacío igual a uno (1), entonces la constante de Coulomb tiene un valor dado por:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

Bajo estas condiciones la ley de Coulomb se indica de la siguiente forma.

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Para esta expresión la fuerza estará indicada en Newton (N) si la carga se expresa en Coulomb (C), la separación entre las cargas en metros (m) y la constante de coulomb ( $k = 8,99 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$ )

Al comparar la fuerza eléctrica o de Coulomb con la fuerza gravitacional, siendo las expresiones que permiten calcular su magnitud muy similares se observa que la fuerza eléctrica es de unos 39 órdenes de magnitud superior a la fuerza gravitacional, esto se puede verificar al tomar como ejemplo el átomo de hidrógeno determinando la fuerza de índole eléctrico e índole gravitacional presente entre el electrón y el protón.<sup>17</sup>

$$F_E = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 8,99 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{-1,6 \times 10^{-19} \text{C} \cdot 1,6 \times 10^{-19} \text{C}}{5,3 \times 10^{-11} \text{m}^2} = 8,2 \times 10^{-8} \text{N}$$

$$F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{9,11 \times 10^{-31} \text{kg} \cdot 1,67 \times 10^{-27} \text{kg}}{5,3 \times 10^{-11} \text{m}^2} = 3,6 \times 10^{-47} \text{N}$$

Al tomar por ejemplo dos cargas de 1C cada una separadas 1m se obtiene:

$$F = \frac{k \text{ 1C 1C}}{1\text{m}^2}$$

Siendo  $F = k$ , en magnitud, lo que quiere decir que para un par de cargas de 1C separadas 1m se tiene como resultado una fuerza del orden de  $8,99 \times 10^9 \text{ N}$  siendo esta una fuerza muy grande proporcional al peso aproximado de un cuerpo de

<sup>17</sup>EPEC. P. 3. Disponible en: <http://www.epec.com.ar> La historia de la electricidad

916.411.824,7 kg de masa o 22910 tracto camiones de 40 toneladas cada una. Ahora si se piensa en la carga necesaria para hacer levitar una esfera cargada de 100g sobre una superficie con la misma cantidad de carga pero signo contrario se tiene que:

$$q = \sqrt{\frac{1N \cdot 1m^2}{k}}$$

Esto indica que para obtener una fuerza equivalente al peso de una esfera de 100g de masa se hace necesaria la interacción de dos cargas de  $1,05 \times 10^{-5}$  C, siendo esta una carga pequeña no así comparada con la carga presente en situaciones como los papeles atraídos por un peine, los globos que se repelen o el electroscopio donde se tienen cantidades de carga aun más pequeñas.

#### Forma vectorial de la ley de Coulomb

La Ley de Coulomb permite determinar la fuerza eléctrica entre dos cargas, inicialmente se ha indicado la magnitud, ahora se tendrán en cuenta sus propiedades direccionales, las cuales están determinadas por el signo relativo de las dos cargas eléctricas. La fuerza eléctrica neta o total ejercida sobre una carga  $q$  por un grupo de cargas  $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$  es igual a la suma vectorial de cada una de las fuerzas hechas por las cargas sobre la carga  $q$ .



Figura 6 Fuerza cargas de igual signo.

Si las cargas son de signos iguales (Figura 5) se genera fuerza de repulsión, si se considera la fuerza neta sobre la carga 1, ejercida por la carga 2 como  $F_{12}$  y se toma el origen del sistema de coordenadas en la carga dos, entonces  $r_{12}$  es el vector posición de la carga 1 respecto a la carga 2 y  $\hat{r}_{12}$  es el vector unitario en la dirección  $r_{12}$ . De forma semejante se tiene si las dos cargas son de signos contrarios (Figura 6).

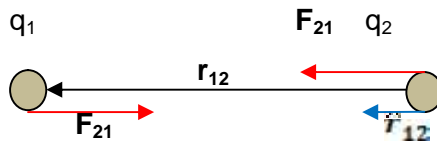


Figura 6: Fuerza cargas de signo contrario.

Para cualquiera de las dos situaciones la ley de Coulomb quedará indicada como:

$$F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12}$$

En esta ecuación  $r_{12}$  representa la magnitud del vector posición  $\mathbf{r}_{12}$  y  $\hat{r}_{12}$  es el vector unitario en la dirección  $\mathbf{r}_{12}$ , este vector unitario este determinado por el vector posición sobre su norma.

$$\hat{r}_{12} = \frac{\mathbf{r}_{12}}{r_{12}}$$

Luego la ley de Coulomb se puede reescribir como

$$\mathbf{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^3} \mathbf{r}_{12}$$

Expresión muy útil ya que no se hace necesario tener el origen del sistema de coordenadas sobre  $q_1$  o  $q_2$ .

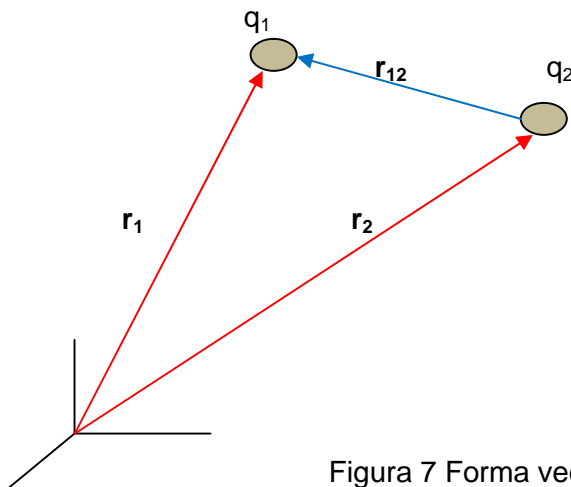


Figura 7 Forma vectorial Ley de Coulomb

Visto de esta manera la distancia entre las cargas se puede obtener por medio de la magnitud del vector resta entre el vector posición  $r_1$  y el vector posición  $r_2$ .

$$r_{12} = r_1 - r_2$$

## 2.2 Epistemología Ley de Coulomb

Ha sido determinante para la ciencia el reconocer como se produce conocimiento a partir del estudio de ciertos fenómenos a través del tiempo, permitiendo explicar de donde surgen modelos, teorías y leyes, que contribuyen a la comprensión de la naturaleza de la ciencia frente a situaciones específicas. Es así que cobra peso la epistemología de la ciencias naturales al permitir reconocer aquellos elementos que han contribuido a aclarar el estudio de fenómenos, como lo es el caso de las implicaciones de la Ley de Coulomb en la comprensión de la atracción y repulsión de cuerpos con exceso de carga, pasando de un modelo explicativo como lo es la teoría del fluido eléctrico a un modelo Newtoniano definido por la acción eléctrica a distancia, el establecer medidas cuantitativas y la definición del concepto de carga eléctrica.

El estudio de los fenómenos eléctricos se cree tuvo sus inicios hacia el siglo VI a.c en Grecia donde los filósofos de la época basaban sus explicaciones en teorías animistas donde se asociaba vida a todo tipo de materia. Tales de Mileto (624-543 a.c) observo que al frotar un pedazo de ámbar este adquiría la propiedad de atraer cuerpos más livianos, de ahí la aparición del término electricidad el cual proviene de la palabra elektron que en griego significa ámbar, término que empezó a ser empleado por William Gilbert (1544-1603) al realizar estudios de otras sustancias que presentaban esta misma propiedad. A pesar de los aportes hechos por Tales de Mileto, es hasta el siglo XVI que los estudios de Gilbert sirven de base para el desarrollo formal de la electricidad y el magnetismo.

Gilbert en el año 1600 publica la obra 'De Magnete, Magneticisque corporibus, et de magno magnete tellure'<sup>18</sup> la cual condensa alrededor de 17 años de investigación recogiendo todo lo que se sabía sobre electricidad, es allí donde logra establecer una diferenciación entre lo que se denominaba el efecto ámbar y el magnetismo, análisis que fue posible con ayuda de un instrumento eléctrico fabricado por él, el que recibió el nombre de versorio, el cual estaba constituido por un indicador de madera pivotado

---

<sup>18</sup>SHAMOS, M. 1959 P. 59

que podía girar<sup>19</sup>; con la ayuda de este instrumento logro clasificar de manera empírica los materiales en eléctricos y no eléctricos, entendiendo por eléctricos aquellos que tenían la posibilidad de atraer objetos ligeros al ser frotados.

Para Gilbert estos fenómenos eran de naturaleza material y para sustentar su idea realizó la analogía con la teoría de los “humores”<sup>20</sup>, empleada para diagnosticar enfermedades en la ciencia médica. De estos planteamientos surge el modelo del “efluvio”, a partir del cual Gilbert explicaba la electrización por frotamiento, en términos que la fricción presente en el proceso hacía emerger de los materiales el humor eléctrico, generando una atmósfera a su alrededor y que estos cuerpos cargados atraían cuerpos ligeros ubicados en esta atmósfera debido a varias posibles causas, como: el efluviio tendía a regresar al cuerpo del cual provenía; se condensaba al enfriarse o formaba remolinos y vibraciones, y en todos los casos arrastraba pequeños cuerpos cercanos al material. Los trabajos de Gilbert fueron importantes para la ciencia experimental y muchos se enmarcaron en el pensamiento aristotélico siendo muy cualitativos no permitiendo una comprensión total de la naturaleza propia de los fenómenos.

El físico alemán Otto Von Guericke (1602-1686) <sup>21</sup>desarrolló la máquina electrostática o máquina para producir electricidad por fricción, conformada por una esfera de azufre movida por una manivela, con la capacidad de generar una descarga eléctrica; más adelante Stephen Gray (1666-1736), físico inglés estudió la conductividad de los cuerpos logrando transmitir electricidad a través de un conductor, además mostró que la virtud eléctrica<sup>22</sup> asociada a un tubo de vidrio frotado se podía transmitir a otros cuerpos, los cuales también adquirirían la propiedad de atraer objetos pequeños, esto condujo a la idea que los efluvios de Gilbert no eran inseparables del cuerpo de los cuales eran emanados, lo que llevó a que estos efluvios fueran denominados fluido eléctrico, en analogía con la teoría del calórico la cual se trabajaba para la misma época.

Los estudios desarrollados por Gray animaron a el científico francés Charles Francois de Cisternay Du Fay (1698-1739)<sup>23</sup> a desarrollar trabajos en este campo, es así como explica el fenómeno de electrización por inducción eléctrica y por contacto, además

---

<sup>19</sup>FURIÓ, C. 1998 P. 168

<sup>20</sup> Ibid. P 168

<sup>21</sup>MARTÍNEZ D. Disponible en: <http://www.tochtli.fisica.uson.mx/electro/historia.htm#DuFay>

<sup>22</sup> Op cit. Furió P. 169

<sup>23</sup>MARTÍNEZ D. Disponible en: <http://www.tochtli.fisica.uson.mx/electro/historia.htm#DuFay>

observa experimentalmente que una lamina de oro es repelida por una barra de vidrio electrizada, esto le permitió identificar la existencia de dos tipos de cargas eléctricas las cuales él llamo carga vítrea y carga resinosa, conocidas actualmente como carga positiva y carga negativa.

En el siglo XVIII a partir de los experimentos desarrollado por Gilbert y Otto von Guericke se presentaron aportes fundamentales en el estudio y desarrollo del concepto de electricidad, es así como B. Franklin (1706-1790) quien por medio de sus cartas publicadas en Londres con el nombre de «Experiment and Observationson Electricity» planteo la teoría del fluido la cual indica que todos los cuerpos contienen una cantidad de fluido neutro, este fluido se entendía como un “conjunto de partículas que se repelían mutuamente y que podían penetrar en la materia ordinaria”<sup>24</sup>. Esta teoría permitía explicar la electrización por frotamiento, entendiendo que al frotar dos cuerpos, una cantidad del fluido de uno de ellos era retenido en igual cantidad por el otro, dando una idea inicial de conservación de la carga, lo que permitió asociar los signos positivo y negativo en términos de la pérdida o ganancia de fluido. Más adelante W. Watson (1715-1787) argumenta que el movimiento de dicho fluido eléctrico de un cuerpo a otro era debido a la diferencia de densidades.

En el trabajo de Franklin la electricidad se entiende como un fluido presente en la atmósfera de un cuerpo electrizado que penetra la materia común sin ningún grado de dificultad y es así como se relacionan dos tipos de materia, la materia común y materia eléctrica, generándose atracción entre las partículas de materia común y repulsión entre las partículas de la materia eléctrica. El término atmósfera eléctrica se puede entender como el espacio que rodea los cuerpos cargados, lo que se asocia actualmente con el concepto de campo.

En el momento que el modelo del fluido comienza a presentar dificultades para explicar algunos fenómenos relacionados con la repulsión de cargas negativas y electrización por inducción es que se presenta F. Aepinus(1724-1802) quien expreso el fenómeno eléctrico en términos de fuerza de atracción y repulsión, las cuales disminuían con la distancia, idea que fue trabajada por J. Priestley (1733-1804)<sup>25</sup> quien por medio de sus experimentos relaciono este fenómeno con la Ley de Gravitación

---

<sup>24</sup> FURIO, C. 1997, P. 261

<sup>25</sup> Op cit. FURIO, P 171

Universal concluyendo que la fuerza eléctrica debía variar con la distancia entre las cargas.

Ya para finales del siglo XVIII era necesario generar bases cuantitativas y definir magnitudes operativas en el estudio de la electricidad, ya que esto no se había generado con los aportes de Franklin quien había trabajado el concepto de carga eléctrica o cantidad de sustancia eléctrica pero no había logrado su cuantificación.

Charles Agustín Coulomb nació en Angouleme sur de Francia el 14 de junio de 1736 en una familia de alta posición social, creció bajo la influencia de las teorías liberales de Voltaire y las ideas democráticas de Jean Rousseau<sup>26</sup>, recibió formación militar, estudio ciencias y matemáticas y se desempeñó como ingeniero militar después de lo cual se radicó en París, en donde comenzaría una etapa de gran productividad científica entre los años 1776 y 1789; el libro de memorias Teoría de las Máquinas Simples le significa ganar un premio y hacer parte de la academia de ciencias y fue mientras desarrollaba este trabajo que Coulomb inventó la balanza de torsión en 1784, además relaciona la masa eléctrica, lo denominado carga eléctrica, en valores absolutos con magnitudes mecánicas fundamentales lo que permitía realizar cálculos.<sup>27</sup>

Coulomb se basó en la hipótesis de Robert Simmer(1707-1763), quien a diferencia de lo propuesto en la teoría del fluido único de Franklin estableció la existencia de dos fluidos eléctricos, entendiendo que si un cuerpo está cargado positivamente es porque posee más cantidad de uno de los fluidos y si está cargado de forma negativa es porque tiene más cantidad del otro fluido eléctrico. También fue importante la influencia de los trabajos de Joseph Priestley sobre la repulsión de cargas eléctricas del mismo signo ya que junto con el trabajo de Simmer permitió a Coulomb determinar en gran medida las leyes que determinan la fuerza eléctrica, obteniendo la expresión que hoy se conoce como la Ley de Coulomb.

$$F = \frac{qq'}{d^2}$$

A Coulomb se le atribuyen otros aportes como investigaciones sobre magnetismo en donde estableció que las fuerzas generadas entre polos magnéticos son inversamente

---

<sup>26</sup>SHAMOS, M. 1959. P 60

<sup>27</sup> Op. cit. FURIO. P. 171



proporcionales al cuadrado de la distancia entre ellos, lo cual fue empleado posteriormente por Simon-Denis Poisson para elaborar la teoría matemática que explica las fuerzas de tipo magnético, además permitió ver como la carga se distribuye en la superficie de un conductor debido a la repulsión mutua de cargas de igual signo de acuerdo con una Ley del Inverso del Cuadrado<sup>28</sup>.

Charles Agustín Coulomb murió en 1806 siendo el presidente del Instituto de Francia, llamado anteriormente Academia de Ciencias de Paris en donde sus trabajos de investigación sobre electricidad y magnetismo fueron aportes importantes para permitir que el estudio de estos conceptos saliera de la filosofía natural tradicional para convertirse en ciencia mas cuantitativas sustentada en la matemática.

## 2.3 Naturaleza de las Ciencias en la Educación

Desde el siglo pasado se ha establecido un consenso sobre la naturaleza de las ciencias (Vázquez 2004), el cual se ha vinculado en los currículos de enseñanza sobre la ciencia misma, como una alternativa de generar un acercamiento de lo que es la ciencia no solo hacia sus resultados, sino en sus procesos. El problema que se plantea para la educación al respecto es decidir los contenidos más relevantes al enseñar fenómenos naturales, un problema de difícil solución debido a la idiosincrasia interdisciplinar, dialéctica y compleja de la NdC.

La naturaleza de la ciencia puede entenderse como *el conjunto de valores y supuestos inherentes al desarrollo del conocimiento científico* (Petrucci y Dibar, 2001), Vázquez (2004) lo define como un meta-concepto sobre ciencia que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la historia, la filosofía y la sociología, en donde NdC incluye la reflexión sobre los métodos para validar el conocimiento científico, los valores implicados en las actividades de ciencia, las relaciones, con la tecnología, la naturaleza de la comunidad científica, las relaciones de la sociedad con el sistema tecno-científico y las adaptaciones de esta a la cultura y al progreso de la sociedad. La investigación sobre la naturaleza de las ciencias en la enseñanza es un área prolífica y existe en la literatura un gran número de trabajos reportados al respecto en

---

<sup>28</sup> Op. cit. SHAMOSP 61

diferentes revistas de educación, como lo han señalado: Fernandez, 2002, Petrucci y Dibar, 2001, Porlan *et al.* 1998b y Lederman, 1992.

Recientemente, Vazquez A, Acevedo J y Manassero M (2004) realizaron una revisión en torno a la NdC y presentaron pruebas de consensos en tópicos concretos y aclaran que aunque los aspectos epistemológicos de la ciencia y la tecnología pueden considerarse el núcleo duro de la NdC, en un sentido más amplio, también se deberían entender como propios de la NdC todos aquellos asuntos que van más allá de los productos o resultados de la ciencia, contenidos fácticos y conceptuales, tales como los procesos y diseños de la ciencia, los valores que impregnan a éstos, las relaciones mutuas entre Ciencia, Tecnología y Sociedad, las relaciones sociales internas de la comunidad científica, las relaciones entre la ciencia escolar y la ciencia en elaboración etc.

Concepciones erróneas pueden representar un obstáculo para comprender la naturaleza de las ciencias, siendo el empiropositivismo como una concepción habitual en estudiantes y profesores. Para Gallego, 2003 en Reyes L. Salcedo, L.E. y Preafán G. 2001, el empiropositivismo significa estar de acuerdo con las siguientes ideas:

- El conocimiento existe en el mundo y es independiente del sujeto cognoscente.
- Primero está la observación y después la teoría, que sigue a la primera; de otra manera, los experimentos preceden a la teoría. Esta precedencia no contaminada por ideas previas, es la que le confiere el estatus de objetividad.
- La ciencia es una acumulación de descubrimientos.
- Se sigue el llamado Método Científico.
- Las ideas científicas son un conjunto de verdades absolutas.
- Los conceptos científicos se hallan en las cosas y fenómenos del mundo.
- Por sí solos, los datos obtenidos en los experimentos corroboran las hipótesis observacionales.
- El progreso científico no se caracteriza por el cambio en las concepciones.
- No existe distinción entre pasado y futuro.
- La historia de las ciencias es un relato continuo de los descubrimientos hechos por personas especiales, sin distinciones humanas y sociales.

- El desarrollo de las ciencias es independiente del entorno social, económico, político y de las ideas dominantes sobre el mundo y la naturaleza del conocimiento científico.

Sin embargo si estamos de acuerdo con los denominados nuevos filósofos de la Ciencia estamos asumiendo implícitamente que:

- La ciencia se basa en la resolución de problemas, de los que surge la necesidad de conceptos o leyes; los problemas no se plantean para “aplicar la teoría” previamente elaborada.
- La ciencia no es sólo un conjunto de productos (conceptos, leyes y teorías) elaborados y acumulados; tanto los productos como los procesos son instrumentos inseparables del conocimiento científico.
- La observación y la experimentación son procedimientos importantes aunque no necesariamente objetivos ya que se ven condicionadas por los conmovedores de la persona que las hace (en consecuencia, no siempre produce un “único resultado” y, mucho menos, una sola interpretación).
- La observación y la experimentación no son los únicos ni los más importantes procesos usados por las ciencias en su evolución; la identificación de problemas, la emisión y el contraste de hipótesis, el lenguaje y la comunicación, la realización de explicaciones y predicciones, etc, han ocupado un lugar preferente en el desarrollo científico.
- El pensamiento convergente, el razonamiento lógico-deductivo, el pensamiento divergente, la creatividad, la comunicación, etc. son factores intelectuales que forman parte de la construcción y de la evolución del conocimiento científico.
- Las comunidades de científicos han sido siempre bastante conservadoras; los cambios profundos –los que se apartan de la ciencia oficial- no han sido fácilmente aceptados.
- La mayor parte de los descubrimientos se han apoyado en el trabajo en equipo; la discusión y el debate colectivo, y el contraste de ideas ha favorecido la evolución del conocimiento.
- Las ciencias suelen construir teorías que son útiles para comprender el mundo; cambiar una teoría antigua por una nueva amplia, crea la necesidad de modificarla.
- No ha existido un método único y universal para llegar a todos los conocimientos.

- La actividad de los científicos (programas o tradiciones de investigación, paradigmas, poblaciones conceptuales, etc.) se ha desarrollado con los mismos presupuestos de cualquier actividad humana: “afiliación” a líneas de trabajo o teorías, controversias en las explicaciones ante un mismo hecho, debates enconados en la defensa de distintas posiciones...
- Las ciencias no son un conjunto de conocimientos neutros, estáticos y alejados de los ciudadanos. A sus repercusiones en la calidad de vida o en el desarrollo tecnológico hay que añadir su influencia en la forma de pensar, en la organización social o en los cambios de hábitos de comportamiento, denominado esto último enfoque (ciencia, tecnología, sociedad y ambiente) CTS-A en la enseñanza de las ciencias.

En lo anterior nuevamente se observa un especial enfoque de aspectos propios de la epistemología de la ciencia con participación, de la historia de la ciencia y la sociología de la ciencia.

Siendo así que en un estudio hecho con metodología Delphi de tres etapas, (Osborne *et al.* 2003 en Vázquez *et al.* 2004) se destacó un conjunto de ideas claves, agrupadas por consenso en diez temas como base para construir un currículo escolar y materiales didácticos en NdC.

**Tabla 2.3.1:** Ideas sobre la naturaleza de las ciencia que consiguen el consenso y deberían enseñarse en la ciencia escolar (Osborne, *et al.* 2003, en Vázquez *et al.* 2004).

<b>TEMAS</b>	<b>RECOMENDACIONES PARA EL CURRÍCULO. DEBE ENSEÑARSE QUE....</b>
Ciencia Y curiosidad	Un aspecto importante del trabajo científico es el continuo proceso cíclico de hacer preguntas y buscar respuestas que conducen a nuevas preguntas. Este proceso hace emerger teorías y técnicas científicas que se prueban empíricamente.
Creatividad	La ciencia es una actividad que implica creatividad e imaginación, como sucede en tantas otras actividades humanas y algunas ideas científicas son logros intelectuales extraordinarios. Los científicos, lo mismo que otros profesionales, son humanos

	<p>apasionados y están comprometidos en su trabajo. También confían en la inspiración y la imaginación.</p>
Hipótesis y predicción	<p>Los científicos formulan hipótesis y hacen predicciones sobre los fenómenos naturales. Este proceso es esencial para el desarrollo de nuevos conocimientos.</p>
Análisis e interpretación de datos	<p>La práctica científica implica destrezas de análisis e interpretación de datos. Los conocimientos científicos no surgen simplemente de los datos, sino después de un proceso de interpretaciones y construcción de teorías, lo que requiere sofisticadas habilidades. También es posible y legítimo que los científicos den diferentes interpretaciones de los mismos datos y por tanto discrepen.</p>
Diversidad el pensamiento científico.	<p>La ciencia utiliza una serie de métodos y enfoques, no existe un único método científico.</p>
Métodos científicos y comprobación científica.	<p>La ciencia usa el método experimental para probar las ideas y en particular, ciertas técnicas basadas como el control de variables. Además, el resultado de un solo experimento pocas veces es suficiente para establecer un nuevo conocimiento.</p>
Ciencia y certeza	<p>Gran parte del conocimiento científico, sobre todo en la ciencia escolar, está bien establecido y fuera de toda duda razonable. El conocimiento científico actual es el mejor que tenemos, pero puede estar sujeto a cambio en el futuro ante nuevas pruebas o interpretaciones de las antiguas.</p>
Desarrollo histórico del conocimiento científico	<p>Es necesario conocer un poco de historia sobre el conocimiento científico.</p>
Dimensiones morales y éticas del desarrollo del conocimiento científico	<p>Las decisiones en la aplicación del conocimiento científico y técnico no son neutrales; Por lo tanto, podrían entrar en conflicto con valores morales y éticos de diversos grupos sociales.</p>
Cooperación y colaboración en el desarrollo del conocimiento científico	<p>El trabajo científico es una actividad colectiva y a la vez competitiva. Aunque algunos individuos pueden hacer contribuciones significativas, con mucha más frecuencia el trabajo científico se lleva a cabo en grupo, a menudo con carácter multidisciplinar e internacional.</p>

	Generalmente, los nuevos conocimientos se imparten y, para ser aceptados por la comunidad científica, deben superar un proceso de revisión crítica por sus colegas.
--	---

Gran parte de las investigaciones relacionadas con la naturaleza de las ciencias y las relaciones CTS tienen que ver con ámbitos disciplinares como la física y la química, lo cual orienta la propuesta.

### 3. Capítulo 3 Resultados y Análisis de la Propuesta para la Enseñanza de la Ley de Coulomb.

Como resultado de la propuesta para la enseñanza de la Ley de Coulomb se materializa una unidad didáctica, denominada Ley de Coulomb, en esta se logra integrar estándares de competencia, elementos de naturaleza de las ciencias aportados para la didáctica en la enseñanza de ciencias naturales y momentos de trabajo en dicha unidad enmarcados en tres etapas de inicio, desarrollo y acabado a través de planteamiento de una guía de actividades.

Los estándares de competencia fueron determinantes en la constitución de la propuesta ya que permitieron contemplar los preceptos del Ministerio de Educación Nacional para procesos de enseñanza aprendizaje que se reconocen a través de publicaciones<sup>29</sup> divulgadas para el contexto educativo, del cual no es ajeno la educación secundaria y la media vocacional en la cual se inscribe la propuesta, esto persigue como objetivo orientar las prácticas educativas reconociendo que el estudiante debe trabajar por competencias que le permitan desarrollar sus habilidades, destrezas y valores frente a un proceso educativo relacionado con una temática determinada, para el caso de la Ley de Coulomb la unidad contempló principalmente dos, denominados así:

- **Establezco relaciones entre fuerzas macroscópicas y electrostáticas.**
- **Establezco relación entre el campo gravitacional y electrostático.**

El trabajo con estos estándares de competencia permitió analizar los conceptos que llevarían a dar claridad en la comprensión de la Ley de Coulomb desde lo que se persigue en el contexto educativo para la población de interés, encontrando que es determinante aclarar a que se le llama electricidad, electrostática, carga

---

<sup>29</sup>MEN 2004

eléctrica y fuerza eléctrica<sup>30-22</sup>. No solo desde el manejo del concepto, sino desde un contexto epistemológico e histórico.

En cuanto a los elementos de la naturaleza de las ciencias vistos como un discurso que también se ha dado para la didáctica de las ciencias, como estrategia para contemplar procesos de enseñanza relacionados con la realidad de las ciencias, se destacan tres grandes aspectos: qué caracterizan las ciencias, cómo se producen las ciencias y él para qué de las ciencias naturales (Lederman y Zeidler 1987, Petrucci y Dibar, 2001, Adúriz-Bravo *et al.* 2002, Manassero y Vázquez 2000, Campanario, J, 2003, Angulo F., 2003). Estos aspectos fueron trabajados en la unidad didáctica y se destacan así:

Tabla 3.1: Aspectos de la Naturaleza de las Ciencias en unidad didáctica.

Aspecto de NdC	Unidad didáctica	Análisis
¿Qué caracteriza las ciencias?	Act 1: Presentación de la unidad didáctica.	Act 1: se establece relación con la curiosidad al contemplar situaciones cotidianas relacionadas con conceptos de electricidad y magnetismo – electrostática - carga eléctrica -fuerza eléctrica. Al igual que se muestra la inclusión de conceptos de teorías que se constituyeron a partir de la investigación científica, lo que muestra que la ciencia no es ateórica y parte de la observación de lo cotidiano. Se destaca como el conocimiento deriva de los hechos de la experiencia al permitirle al estudiante que contraste los hechos con la experiencia que permite teorizar.
	Act 2: Contexto histórico	Permite valorar como el conocimiento científico parte de las observaciones de hechos y la experiencia facultando predicciones que orientan el planteamiento de teorías, al hacer un recorrido por eventos históricos que hicieron parte de la estructuración de Ley de Coulomb.
	Act 3: Construcción electroscopio	Muestra la relación que existe entre la ciencia y la tecnología, cómo éstas se encuentran concatenadas y permiten la comprensión de fenómenos físicos, a su vez modelar el conocimiento para su comprensión pasando de la incertidumbre a la certidumbre.
	Act 2: Generador de	

<sup>30</sup>SERWAY, R. 2001, P. 483- 520.

<sup>22</sup>SEARS, F. 2005, P.792-805.



	<p>Van de Graff</p> <p>Act 5: Ley de Coulomb</p> <p>Act 6: Construyo mis memorias</p>	<p>Se refleja a su vez leyes y teorías corroborables en datos empíricos que surgen de la experiencia.</p> <p>Se muestra un razonamiento inductivo a través de lo particular permitiendo llegar a lo general, al desarrollar la experiencia, cruzarla por conceptos que permiten la comprensión del fenómeno por medio de la resolución de problemas.</p> <p>Se refleja la importancia de socializar el conocimiento científico a la comunidad en este caso la escolar, los hallazgos científicos no son para pocos sino para una comunidad.</p>
<p>¿Cómo se producen las ciencias?</p>	<p>Act 1: Presentación de la unidad didáctica.</p> <p>Act 2: Contexto histórico</p> <p>Act 3: Construcción electroscopio</p> <p>Act 4: Generador de Van de Graff</p> <p>Act 5:Ley de Coulomb</p> <p>Act 6: Construyo mis memorias</p>	<p>Se evidencia que la ciencia se produce a través de una metodología, que lleva a personas interesadas en conocer a desarrollar etapas de trabajo para publicar, dichos conocimientos, permitiéndole a otros interpretar fenómenos.</p> <p>Los hallazgos de las investigaciones se validan constantemente dando origen a paradigmas, leyes y teorías que posteriormente se divulgan.</p> <p>Los hallazgos se pueden contextualizar y probar, sin embargo se puede establecer que el conocimiento científico puede ser provisional.</p> <p>Existen sociedades de científicos que trabajan y comunican sus descubrimientos para el conocimiento de otros, de igual forma en los ámbitos escolares resulta interesante el socializar el conocimiento en ciencias.</p>
<p>¿Él para qué de las ciencias naturales?</p>	<p>Act 1: Presentación de la unidad didáctica.</p> <p>Act 2: Contexto histórico</p> <p>Act 3: Construcción electroscopio</p> <p>Act 4: Generador de Van de Graff</p> <p>Act 5:Ley de Coulomb</p> <p>Act 6: Construyomismemorias.</p>	<p>El conocimiento científico se plasma en aspectos tecnológicos que se reflejan en la sociedad buscando como principal objetivo aumentar la calidad de vida.</p>

**Tabla 3.2:** Ideas sobre la ciencia que consiguen el consenso en relación a la NdC contempladas en unidad didáctica (Osborne, *et al.* 2003, en Vásquez *et al.* 2004).

TEMAS	RECOMENDACIONES PARA EL CURRÍCULO. DEBE ENSEÑARSE QUE....	EVIDENCIA EN UNIDAD DIDACTICA
Ciencia y curiosidad	Un aspecto importante del trabajo científico es el continuo proceso cíclico de hacer preguntas y buscar respuestas que conducen a nuevas preguntas. Este proceso hace emerger teorías y técnicas científicas que se prueban empíricamente.	Trabajado en: Act 1: Presentación de la unidad didáctica. Act 2: Contexto histórico Act 3: Construcción electroscopio Act 4: Generador de Van de Graff
Creatividad	La ciencia es una actividad que implica creatividad e imaginación, como sucede en tantas otras actividades humanas y algunas ideas científicas son logros intelectuales extraordinarios. Los científicos, lo mismo que otros profesionales, son humanos apasionados y están comprometidos en su trabajo. También confían en la inspiración y la imaginación.	Act 6: Construyo mis memorias
Hipótesis y predicción	Los científicos formulan hipótesis y hacen predicciones sobre los fenómenos naturales. Este proceso es esencial para el desarrollo de nuevos conocimientos.	Act 3: Construcción electroscopio Act 4: Generador de Van de Graff
Métodos científicos y comprobación científica	La ciencia usa el método experimental para probar las ideas y en particular, ciertas técnicas basadas como el control de variables. Además, el resultado de un solo experimento pocas veces es suficiente para establecer un nuevo conocimiento.	Act 2: Contexto histórico Act 3: Construcción electroscopio Act 4: Generador de Van de Graff
Análisis e interpretación de datos	La práctica científica implica destrezas de análisis e interpretación de datos. Los conocimientos científicos no surgen simplemente de los datos, sino después de un proceso de interpretaciones y construcción de teorías, lo que requiere sofisticadas habilidades. También es posible y legítimo que los científicos den diferentes interpretaciones de los mismos datos y por tanto discrepen.	Act 1: Presentación de la unidad didáctica. Act 3: Construcción electroscopio  Act 4: Generador de Van de Graff  Act 6: Construyo mis memorias
Diversidad el Pensamiento científico	La ciencia utiliza una serie de métodos y enfoques, no existe un único método científico.	Act 2: Contexto histórico  Act 6: Construyo mis memorias
Ciencia y certeza	Gran parte del conocimiento científico, sobre todo en la ciencia escolar, esta bien establecido y fuera de toda duda razonable, pero otras partes son más dudosas. El conocimiento científico actual es el mejor que tenemos, pero puede estar sujeto a cambio en el futuro ante nuevas pruebas o interpretaciones de las antiguas.	Act 2: Contexto histórico  Act 3: Construcción electroscopio  Act 4: Generador de Van de Graff Actv 5: Ley de Coulomb Act 6: Construyo mis memorias
Desarrollo histórico del conocimiento científico	Es necesario conocer un poco de historia sobre el conocimiento científico.	Act 2: Contexto histórico
Dimensiones morales y éticas	Las decisiones en la aplicación del conocimiento científico y técnico no son	Act 2: Contexto histórico

del desarrollo del conocimiento científico	neutrales; Por lo tanto, podrían entrar en conflicto con valores morales y éticos de diversos grupos sociales.	
Cooperación y colaboración en el desarrollo conocimiento científico	El trabajo científico es una actividad colectiva y a la vez competitiva. Aunque algunos individuos pueden hacer contribuciones significativas, con mucha más frecuencia el trabajo científico se lleva a cabo en grupo, a menudo con carácter multidisciplinar e internacional. Generalmente, los nuevos conocimientos se imparten y, para ser aceptados por la comunidad científica, deben superar un proceso de revisión crítica por sus colegas.	Act 1: Presentación de la unidad didáctica.  Act 2: Contexto histórico  Act 6: Construyo mis memorias

La unidad didáctica reunió elementos de las experiencias que se adelantaron en los años noventa con diferentes autores que permitieron reconocer estructuras como el trabajo con un programa guía de actividades que encamina la labor que debe desarrollar el estudiante y el docente haciendo una estructuración de actividades, en momentos de trabajo nominados inicio, desarrollo y acabado, que a su vez integra discursos pedagógicos como el trabajo con estándares de competencia desde el Ministerio de Educación y la inclusión de la Naturaleza de la Ciencias, como estrategia para dar a conocer qué, cómo y el para qué de las ciencias, permitiendo que estudiante no evidencie un conocimiento acabado, sino estructurado y ligado a un proceso o metodología científica desde el contexto escolar.

## 4. **Capítulo 4: materialización de la unidad didáctica para la enseñanza de la Ley Coulomb**

La unidad didáctica se estructura en tres momentos denominados inicio, desarrollo y acabado, los cuales buscan que el estudiante haga un recorrido por el conocimiento que genere motivación por lo que se quiere enseñar, desarrollando habilidades a través de las actividades, manifestando destrezas sobre el conocimiento y llevándolo a socializar. Lo anterior ligado al discurso didáctico de la naturaleza de las ciencias en donde se orienta al estudiante a que reconozca la Ley de Coulomb desde aspectos como: que caracteriza la ciencia (imaginación, creatividad, curiosidad...), como se produce la ciencia (interpretación de datos, hipótesis y predicción, comprobación...) el para qué de las ciencias (diversidad de pensamiento, aumento de calidad de vida, desarrollo histórico...). Esto acompañado desde la propuesta de Ministerio de Educación con el trabajo por estándares de competencia resumido así:

**Establezco relaciones entre fuerzas macroscópicas y electrostáticas.**

**Establezco relación entre el campo gravitacional y electrostático.**

Lo anterior se materializa en la siguiente estructura:

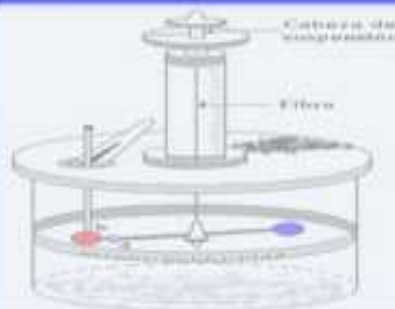
Sesiones de inicio en donde se hace una presentación de la unidad didáctica con el manejo de conceptos claves, para la interpretación de datos a través de situaciones cotidianas que permiten manifestar en el estudiante curiosidad e interpretar datos conceptualizados en ejercicios sencillos, comprobar la información a través de videos que le permiten al estudiante establecer un contexto histórico, entre otros aspectos, que caracterizan la naturaleza de las ciencias, cruzando por estándares de competencia que permiten aclarar conceptos claves para la educación básica media dando bases para la comprensión de la Ley de Coulomb.

Para las actividades de desarrollo se plantea a los estudiantes trabajo experimental que permita contrastar conceptos relacionados con la Ley de Coulomb, que los

acerquen a interpretaciones para sacar conclusiones del conocimiento alcanzando, se termina este momento con ejercicios de la Ley en mención y la importancia de su comprensión.

Para el momento de acabado se propone a los estudiantes actividades que permitan socializar el desarrollo de habilidades que se han trabajado previamente, de esta manera logrando integrar uno de los aspectos de la Naturaleza de las Ciencias en el cual se indica él para qué de las ciencias, en cuanto a dar cuenta de fenómenos físicos que se relaciona con situaciones cotidianas y su importancia para el mejoramiento de la calidad de vida.

## UNIDAD DIDÁCTICA



### PROGRAMA GUÍA DE ACTIVIDADES

### *LEY DE COULOMB*

**Propuesta de enseñanza de la ley de Coulomb  
en la educación básica media.**

**Darío Castellanos Clavijo  
Universidad Nacional de Colombia**



## Actividades

Momento (INICIO)	MOMENTO 1	Actividad 1	Objetivo	Que debe guiar el docente	Que se propone con el estudiante
Las actividades de inicio se centran en dar motivación para la enseñanza aprendizaje de la ley de Coulomb.	Se realizan variadas actividades las cuales están encaminadas a motivar y dar a conocer aspectos de la unidad y su intencionalidad.	Presentación de la unidad didáctica	Incentivar la participación en el desarrollo de la unidad didáctica.	La motivación hacia un tema que es considerado como de interés para las poblaciones educativas.	El estudiante debe sentirse atraído por la propuesta temática.
		Actividad 2	Objetivo	Que debe guiar el docente	Que se propone con el estudiante
		Aspectos históricos de la Ley Coulomb y su relación con conceptos que la estructuran	Conocer aspectos históricos que orientaron la construcción de conceptos de interés.	El manejo y selección de información que permitan dar claridad de estructuración de conceptos de interés.	El reconocimiento de aspectos históricos que permitan la comprensión de conceptos de interés.



## Actividad 1

Tiempo de trabajo recomendado:  
actividad 1: dos horas de clase

### Presentación unidad didáctica.

**Objetivo:** Motivar en el desarrollo de la unidad didáctica indicando la temática a trabajar y su relación con la ciencia, la tecnología y la sociedad.

**Desarrollo de la actividad:** presentación de la unidad didáctica "Ley de Coulomb" a través de conceptos claves como lo son: electricidad, electrostática, carga eléctrica y fuerza eléctrica.

**Acción 1:** Los siguientes ejemplos muestran situaciones cotidianas en las cuales de forma espontánea experimentamos con materiales de uso frecuente. Explica porque se genera estas situaciones, ten en cuenta responder desde lo que conoces.

**Situación 1:** Una niña se peina y luego al acercar el peine a las notas pequeñas de su diario que están en el tocador observa como son atraídas por éste.



**Situación 2:** Una madre pide a su hijo le traiga una bolsa para la basura, cuando él saca la bolsa de un cajón, siente que la bolsa se pega a su brazo haciendo erizar sus bellos.



**Situación 3:** Un padre en su auto va a recoger a su hijo al colegio, cuando el infante se dispone a abrir la puerta del auto experimenta un corrientazo.

**Socialización:** Ahora discute tus explicaciones con tus compañeros y maestro, escribe algunas conclusiones en tu cuaderno.





**Acción 2:** Realiza la lectura de los siguientes conceptos.

**Electromagnetismo:** Es la rama de la física encargada del estudio de los fenómenos eléctricos y magnéticos, conceptos que en un comienzo fueron trabajados de forma independiente hasta comienzos del siglo XIX, donde los científicos de la época como Hans Oersted y Michael Faraday (1791-1867) establecieron que la electricidad y el magnetismo eran fenómenos físicos relacionados entre sí. Fuerzas como la intermolecular e interatómicas causantes de la formación de sólidos y líquidos, se sabe hoy son de origen eléctrico, además fuerzas como la fuerza elástica y la fuerza de rozamiento surgen de las fuerzas eléctricas que se ejercen en los átomos.

**Carga eléctrica:** La carga eléctrica hace referencia al desbalance entre el número de electrones (carga negativa) y protones (carga positiva) de los átomos presentes en la superficie de los materiales, los cuales en condiciones normales se encuentran en equilibrio, la carga eléctrica positiva se genera cuando los átomos pierden electrones, los cuales son atraídos por los átomos que constituyen el material con el que se interactúa, de forma análoga el material que gana electrones queda cargado de forma negativa.

**Electrostática:** La electrostática es el estudio de las distribuciones de las cargas eléctricas en reposo, las interacciones entre ellas, su comportamiento en los materiales y los fenómenos debidos al exceso o déficit de carga eléctrica en un objeto lo cual puede ocasionar descargas eléctricas cuando el objeto se pone en contacto con otro, es el caso del vidrio al ser frotado con seda o la resina al ser frotada con la lana, estos se cargan eléctricamente por un proceso denominado electricidad por rozamiento, esto se hace evidente cuando atraen cuerpos ligeros y los repelen en cuanto se ha producido el contacto.

#### Fuerza de Coulomb

La fuerza eléctrica o de Coulomb es una fuerza de campo de origen electromagnético y es el resultado de la interacción entre dos cargas eléctricas en reposo determinada en magnitud por la ley de Coulomb y en dirección por el signo de las cargas, para cargas de igual signo se obtiene una fuerza de repulsión y para cargas de signos contrarios la fuerza resultante es de atracción.

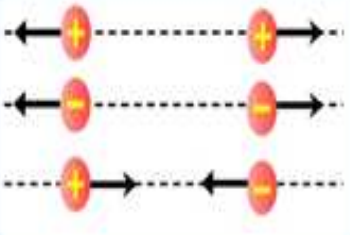

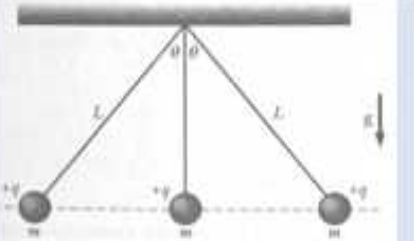
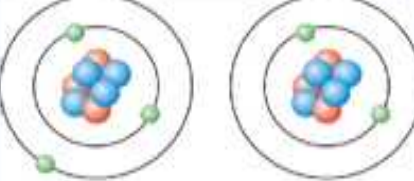
### LEY DE COULOMB

**Socialización:** En el aula discute la relación de éstos conceptos con las situaciones de la acción 1, escribe algunas conclusiones en tu cuaderno.



Establezco relaciones entre fuerzas macroscópicas y electrostáticas.

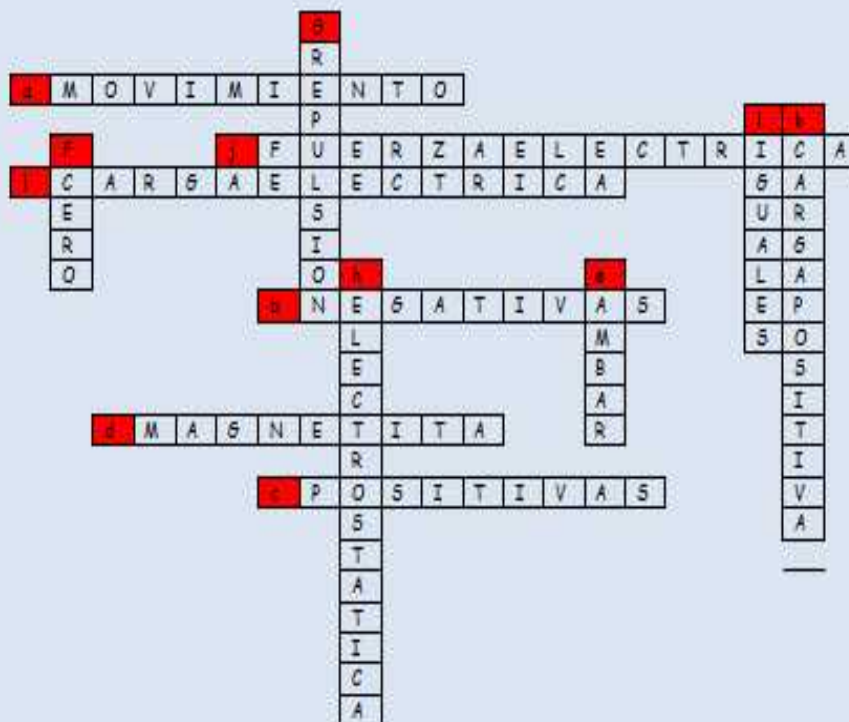
**Acción 3.** Observa las siguientes imágenes e interpreta la información, en el espacio en blanco indica a cuál de los siguientes conceptos hace alusión (Electromagnetismo - Electrostática - Carga eléctrica - Fuerza de Coulomb)

	<p>Si tenemos dos cuerpos o superficies con carga neta distinta de cero, es decir con carga positiva o negativa, se generan interacciones entre dichos cuerpos, si las cargas son de igual signo se repelen y si son de signos contrarios se atraen, a estas interacciones se les denomina:</p> <p>_____</p>
	<p>Fenómenos determinados por los antiguos griegos que al frotar un trozo de ámbar éste se electrificaba y atraía pedazos de paja, de igual forma una piedra de origen natural llamada magnetita la cual tenía la capacidad de atraer el hierro.</p> <p>_____</p>
	<p>Estudio de las distribuciones de las cargas eléctricas en reposo, las interacciones entre ellas, su comportamiento en los materiales y los fenómenos debidos al exceso o déficit de carga eléctrica en un objeto.</p> <p>_____</p>
 <p>Protones = 3 Neutrones = 4 Electrones = 7</p> <p>Protones = 3 Neutrones = 4 Electrones = 2</p>	<p>La pérdida o ganancia de electrones cuando un cuerpo se frota genera un desequilibrio entre el número de protones y electrones en un átomo que se encontraba en estado neutro. A esta condición se le denomina</p> <p>_____</p>



**Acción 4:** Resuelve el siguiente crucigrama teniendo en cuenta los conceptos vistos.

- Una carga eléctrica se puede encontrar en reposo o en
- Existen dos tipos de cargas eléctricas positivas y
- Los átomos con más protones que electrones se identifican con cargas
- Piedra natural que atrae el hierro
- Sustancia que contribuyó al estudio de la electricidad que al ser frotada atrae otras sustancias.
- El valor de la fuerza eléctrica entre dos cargas eléctricas neutras
- Las cargas positivas se generan mutuamente fuerza de
- Se denomina el estudio de las cargas eléctricas en reposo
- Propiedad de la materia responsable de los fenómenos electrostáticos
- Entre dos o más cargas se generan interacciones denominadas
- En un átomo al protón se le asocia
- La magnitud de la carga eléctrica del electrón y protón son



**Socialización:** Elabora un párrafo coherente con las respuestas del crucigrama que explique que es la carga eléctrica, ahora léelo a tu curso y escribe algunas conclusiones en tu cuaderno.



## Actividad 2

Tiempo de trabajo conmutado  
actividad 2 con tema de clase

### Contexto histórico

**Objetivo:** Conocer aspectos históricos que permitan orientar el manejo de conceptos para el entendimiento de la Ley Coulomb.

**Desarrollo de la actividad:** presentación de aspectos históricos desarrollados en lecturas y videos aclarando los conceptos de electricidad, electrostática, carga eléctrica y fuerza eléctrica.

**Acción 1:** A continuación encontraras unos video que ilustra la historia de la electricidad destacando momentos históricos, personajes e importancia de este fenómeno en eventos cotidianos, presta atención para resolver las actividades.



<http://www.youtube.com/watch?v=vSYeSiAEpiY>  
[http://www.youtube.com/watch?v=edHtSH\\_vb88](http://www.youtube.com/watch?v=edHtSH_vb88)

Observa los videos que tratan sobre la historia de la electricidad y con la información que se encuentra en éste completa la tabla que aparece a continuación la cual maneja tres casillas, la primera con información de momentos históricos, la segunda con algunos personajes que aportaron al conocimiento de la electricidad (Tales de Mileto, Otto Van Guericke, William Gilbert, Luigi Galvani y Benjamin Franklin) y la tercera aportes e importancia desde lo cotidiano. Solo presta atención y logras el objetivo.



MOMENTO HISTORICO	PERSONAJE	IMPORTANCIA DEL APORTE
Fue el primero que descubre la electricidad estática cuando observa que el ámbar frotado tenía la propiedad de atraer objetos livianos.	TALES DE MILETO	Base que soporta la estructuración de concepto de electricidad.
Determina que otras sustancias al ser frotadas podían atraer objetos livianos. Siendo el primero en emplear el término electricidad del griego elektron que significa ámbar.	WILLIAM GILBERT	Esto dio la base para definir los fundamentos de la electricidad y el magnetismo. Comprendiendo el eléctrico en relación a las fuerzas presentes al frotar sustancias.
Construyó la primera máquina electrostática, la cual consistía en una esfera de azufre torneada con una manivela en la cual la carga es inducida al pasar la mano sobre la esfera.	OTTO VON GUERICKE	Este instrumento es la base de muchos de los experimentos que revolucionaron el estudio de la electricidad.
Por medio de un experimento con una cometa pudo comprobar que las nubes están cargadas eléctricamente y los rayos son descargas eléctricas.	BENJAMIN FRANKLIN	Fue el inventor del pararrayos y habla de la conservación de la electricidad.
Realizó numerosos experimentos que las contracciones musculares son producidas por fenómenos relacionados con la electricidad.	GALVANI LUISI	Comprensión de la fisiología humana y avances en la medicina.

**Socialización:** Realiza la lectura del cuadro y unifica criterios con tus compañeros.



**Acción 2:** El siguiente video muestra la relación existente entre la fuerza eléctrica y la fuerza gravitacional, obsérvalo cuidadosamente y luego desarrolla la actividad propuesta.



<https://www.youtube.com/watch?v=IEP5IM4N76E>

El siguiente cuadro comparativo muestra las semejanzas y diferencias presentes entre estas fuerzas, ayuda a completarlo y así comprenderás aún más la importancia de la fuerza eléctrica.

FUERZA ELECTRICA	FUERZA GRAVITACIONAL
	La fuerza gravitacional es de atracción
La fuerza eléctrica es del orden de $10^{14}$ más grande que la fuerza gravitacional.	
	La fuerza gravitacional está asociada a la cualidad masa de los cuerpos
La fuerza eléctrica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa las cargas.	

**Socialización:** Compara tu cuadro con el de tu compañero del lado y discutan los resultados, finalmente unifica criterios con la clase.



**Acción 3:** Realiza las siguientes lecturas y diligencia el cuadro que aparece a continuación en donde se debe registrar el concepto y su correspondiente resumen, además una casilla donde se debe indicar una situación cotidiana que pueda ser asociada a dicho concepto.

### Electromagnetismo

El electromagnetismo<sup>1</sup> es la rama de la física encargada del estudio de los fenómenos eléctricos y magnéticos, conceptos que en un comienzo fueron trabajados de forma independiente hasta comienzos del siglo XIX, donde los científicos de la época como Hans Oersted (1777-1851) y Michael Faraday (1791-1867) establecieron que la electricidad y el magnetismo eran fenómenos físicos relacionados entre sí. Fuerzas como la intermolecular e interatómicas causantes de la formación de sólidos y líquidos, se sabe hoy son de origen eléctrico, además fuerzas como la fuerza elástica y la fuerza de rozamiento surgen de las fuerzas eléctricas que se ejercen en los átomos. El tratar de indagar sobre quiénes fueron los primeros en observar fenómenos eléctricos y magnéticos es algo difícil, ya que éste es un detalle que se encuentra perdido en los albores de la civilización, sin embargo, la forma más antigua de lograr que un cuerpo reciba una carga eléctrica es ponerlo en contacto íntimo con otro y frotarlos entre sí. Los filósofos griegos ya tenían conocimiento de fenómenos eléctricos y magnéticos, determinaron que al frotar un trozo de ámbar éste se electrificaba y atraía pedazos de paja o plumas, de igual forma se sabía de una cierta clase de piedra de origen natural llamada magnetita ( $Fe_2O_3$ ), experimentaba una atracción hacia el hierro.

La palabra eléctrico tiene su origen en el vocablo griego *elektron*, que significa ámbar, sustancia que permitió observar los primeros fenómenos de interacción eléctrica, de forma semejante el término magnético está relacionado con el país en donde se encontró la magnetita, Magnesia, actualmente denominado Turquía. Para principios del siglo XX parecía que el gran apartado de la física denominado fenómenos electromagnéticos ya estaba acabado debido a los trabajos desarrollados por Faraday y Maxwell, ya que habían quedado entendidas las leyes fundamentales que rigen los campos electromagnéticos, es decir, las ecuaciones de Maxwell, sin embargo la teoría de los fenómenos electromagnéticos al igual que la mecánica presenta un gran desarrollo debido al aporte de las ideas cuánticas el cual permitió una mejor entendimiento de la estructura y las propiedades de la materia.

### Electrostática

La electrostática<sup>2</sup> es el estudio de las distribuciones de las cargas eléctricas en reposo, las interacciones entre ellas, su comportamiento en los materiales y los fenómenos debidos al exceso o déficit de carga eléctrica en un objeto lo cual puede ocasionar descargas eléctricas cuando el objeto

<sup>1</sup> SERWAY, R. 2001, P. 483 - 485

<sup>2</sup> SEARS, F. 2005, P. 792-805.



esto se hace evidente cuando atraen cuerpos ligeros y los repelen en cuanto se ha producido el contacto. Hasta comienzos del siglo XIX, los físicos creían que la electricidad estática era diferente a la electricidad obtenida por una batería o un electroimán, con los estudios realizados por Michael Faraday se demostró que estos tipos de electricidad eran de la misma naturaleza.

La electricidad estática se produce cuando algunos materiales como el vidrio son frotados con lana, paño entre otros, ocasionando un desbalance eléctrico, es decir un desequilibrio entre el número de electrones y protones en los átomos que conforman la superficie del material, la capacidad de electrificación de estos cuerpos por fricción se denomina efecto triboeléctrico.

### Carga eléctrica

La carga eléctrica<sup>2</sup> hace referencia al desbalance entre el número de electrones (carga negativa) y protones (carga positiva) de los átomos presentes en la superficie de los materiales, los cuales en condiciones normales se encuentran en equilibrio, la carga eléctrica positiva se genera cuando los átomos pierden electrones, los cuales son atraídos por los átomos que constituyen el material con el que se interactúa, de forma análoga el material que gana electrones queda cargado de forma negativa.

De forma experimental se comprobó la existencia de dos formas de carga eléctrica denominadas cargas positivas y cargas negativas. Cuando una varilla de plástico duro frotada previamente con piel o con un material acrílico, interactúa con una varilla de vidrio frotada con seda, se atraen mutuamente, ahora si se acercan dos varillas de plástico duro o dos varillas de vidrio cargadas, se genera entre ellas repulsión demostrando que el plástico duro y el vidrio adquieren diferentes tipos de carga, la carga de la varilla de vidrio se describe como carga positiva y la carga de la varilla de plástico duro como carga negativa, se pudo determinar la relación entre las dos formas de carga, los cuerpos con cargas del mismo tipo se repelen mutuamente, y los cuerpos con cargas contrarias se atraen mutuamente.

Si se tienen dos esferas de sauco descargadas estas no manifiestan repulsión (figura 1-a), ahora si se tocan con un cuerpo con carga negativa, las esferas se cargan de igual forma (figura 1-b) de tal forma que al retirar el cuerpo las esferas conservan la carga generándose repulsión entre ellas (figura 1-c)

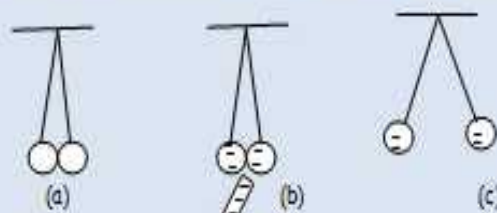


Figura 1. Carga eléctrica

<sup>2</sup> SERWAY, R. 2001, P 485-487.





Los conocimientos actuales permiten comprender que todos los cuerpos contienen cargas positivas y cargas negativas, es decir, la materia se compone de átomos y estos a su vez de electrones, que son las partículas con carga negativa, protones, que son las partículas con carga positiva y los neutrones partículas sin carga, de esta manera cuando se dice que un objeto está cargado, lo que se quiere indicar es que este objeto tiene un exceso de carga, que puede ser positiva (falta de electrones) o negativa (exceso de electrones).

Cualquier cuerpo con carga eléctrica cero o neutro (igual número de cargas positivas que negativas) en el mundo macroscópico tiene asociado un número de protones y electrones cercano a  $10^{23}$  de cada uno, la carga tiende naturalmente a transferirse entre diferentes sustancias y el acto de frotar los materiales permite la transferencia de carga, en este proceso la cantidad de carga ganada por un material es igual a la cantidad de carga perdida por el otro, esto permite afirmar que la carga eléctrica siempre se conserva, es decir, no se crea ni se destruye, solo se transfiere de un cuerpo a otro. Experimentalmente se observa que la carga neta se conserva en un sistema cerrado y esto se conoce como el principio de conservación de la carga.

Robert Millikan (1896 - 1953)<sup>4</sup>, determina que la carga asociada a un cuerpo es siempre un múltiplo de una carga fundamental ( $e$ ). La carga fundamental se asocia a la carga del electrón ( $-e$ ) siendo igual en magnitud a la carga del protón ( $+e$ ), el valor de esta carga fundamental es  $1,60206 \times 10^{-19}$  Coulomb. La unidad de la carga eléctrica en el sistema internacional SI es el coulomb (C) y se define como la cantidad de carga que fluye en 1 segundo cuando existe una corriente eléctrica constante de 1 ampere.

Teniendo en cuenta la forma en la cual un cuerpo se carga eléctricamente se puede distinguir dos procedimientos.

**Carga por conducción:**

Proceso mediante el cual un cuerpo electrificado que se pone en contacto con un elemento conductor neutro aislado, permite la reorganización de carga, de tal manera que al separar el cuerpo del elemento conductor, este último queda cargado de igual forma, por ejemplo si una barra de caucho se pone en contacto con una esfera conductora neutra aislada (Figura 2-a), algunas de los electrones de la barra de caucho pueden trasladarse a la esfera, así al retirar la barra de caucho, la esfera conserva carga negativa (Figura 2-b).



Figura 2: Carga por conducción

<sup>4</sup>HALLIDAY, D. 1999, P. 5



Carga por inducción

De forma similar a la obtención de carga eléctrica por conducción, si se tiene una barra de caucho electrizada y se acerca a una esfera conductora neutra aislada, la fuerza de repulsión entre los electrones de la barra y los de la esfera producen una redistribución de la carga en la esfera de tal forma que algunos electrones se desplazan a la parte de la esfera más lejana de la barra y la región de la esfera más cercana a la barra tiene un exceso de carga positiva (Figura 3-a) debido al desplazamiento de los electrones que se han alejado de esta zona, si en este momento se conecta la esfera un alambre conductor que la aterriza, algunos electrones se trasladaran de la esfera hacia la tierra (Figura 3-b), considerada como un depósito infinito de electrones. Ahora al retirar el alambre conductor, la esfera conductora queda con un exceso de carga eléctrica positiva denominada carga positiva inducida la cual se distribuye de manera uniforme en la superficie de la esfera (Figura 3-c), este proceso permite la obtención de carga eléctrica por inducción y no requiere que la barra de caucho entre en contacto con la esfera conductora.

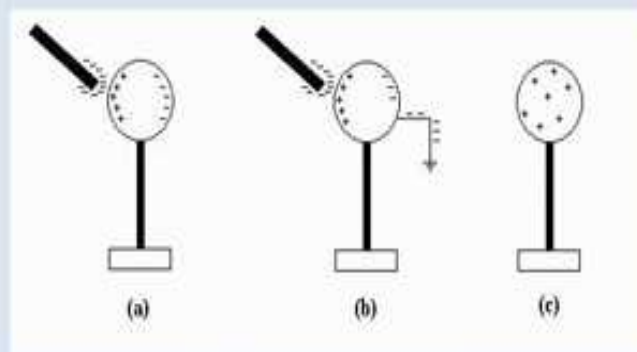


Figura 3. Carga por inducción

Fuerza de Coulomb

El concepto de fuerza está relacionado con la forma de cuantificar las interacciones entre cuerpos y de una manera más específica se define como la variación del momento lineal de un cuerpo o sistema en función del tiempo.

$$\vec{F}_N = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

Esto quiere decir que la fuerza neta ( $F_N$ ) o resultante que actúa sobre un cuerpo o sistema se obtiene al verificar el cambio o variación de su masa o velocidad.



De manera muy general las fuerzas se pueden clasificar en fuerzas de contacto y fuerzas de campo,<sup>5</sup> el concepto de campo fue implementado por Michael Faraday (1791-1867) y le fue asignado a las interacciones entre dos cuerpos no conectados como es el caso de la fuerza eléctrica y fuerza gravitacional. Las fuerzas fundamentales de la naturaleza son fuerzas de campo y están clasificadas en:

1. Fuerzas nucleares fuertes (fuerza entre partículas subatómicas).
2. Fuerza Electromagnética (fuerza entre cargas eléctricas en reposo y movimiento).
3. Fuerzas nucleares débiles (presentes en procesos de desintegración radioactiva).
4. Fuerza gravitacional (fuerza de atracción entre objetos).

La fuerza eléctrica o de Coulomb es una fuerza de campo de origen electromagnético y es el resultado de la interacción entre dos cargas eléctricas en reposo determinada en magnitud por la ley de Coulomb y en dirección por el signo de las cargas, para cargas de igual signo se obtiene una fuerza de repulsión y para cargas de signos contrarios la fuerza resultante es de atracción.

En la figura 4 se observa la dirección de la fuerza eléctrica, entendiendo que la magnitud de dicha fuerza es la misma sobre las dos cargas pero actúa en sentido opuesto (tercera Ley de Newton).

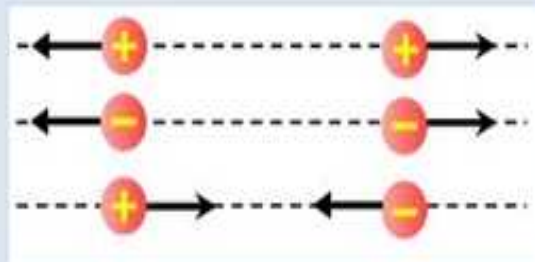


Figura 4. Fuerza de Coulomb.

Después de haber realizado una lectura juiciosa de estos conceptos claves en la comprensión de la ley de Coulomb recuerda que debemos llenar el siguiente cuadro donde en la primera casilla se debe registrar el concepto y en la segunda casilla su correspondiente resumen, además una tercera casilla donde se debe indicar una situación cotidiana que pueda ser asociada a dicho concepto.

<sup>5</sup> SERWAY, R. 2001, P. 80-81.

Ahora estamos listos para llenar el cuadro.

CONCEPTO	RESUMEN	SITUACIÓN COTIDIANA ASOCIADA
Electromagnetismo		
Electrostática		
Carga eléctrica		
Fuerza de Coulomb		

**Actividad de retroalimentación.** Ahora resuelve el cuestionario que encontraras en el curso virtual de física y veamos que tanto has aprendido.

1. Fueron Hans Oersted y Michael Faraday quienes establecieron que la electricidad y el magnetismo eran fenómenos físicos relacionados entre sí.

Verdadero

2. La sustancia que permitió observar los primeros fenómenos de interacción eléctrica es la

- a. Magnetita
- b. Ámbar
- c. Cobre
- d. Magnesia

3. El estudio de las distribuciones de las cargas eléctricas en reposo, las interacciones entre ellas, su comportamiento en los materiales y los fenómenos debidos al exceso o déficit de carga eléctrica en un objeto se denomina

- a. Electromagnetismo
- b. Electrostática
- c. Magnetismo
- d. Triboeléctrico



4. La carga eléctrica hace referencia al balance entre el número de electrones (carga negativa) y protones (carga positiva) de los átomos presentes en la superficie de los materiales.

Falso

5. La electricidad estática se produce cuando algunos materiales como el vidrio son frotados con lana, ocasionando

- Un desequilibrio entre el número de electrones y protones.
- Pérdida de masa.
- Aumento de temperatura.
- Transferencia de calor.

6. El proceso mediante el cual un cuerpo electrificado que se pone en contacto con un elemento conductor neutro aislado, permite la reorganización de carga, de tal manera que al separar el cuerpo del elemento conductor, este último queda cargado de igual forma se denomina carga por inducción.

Falso

7.Cuál de las siguientes fuerzas no hace parte del grupo de las fuerzas fundamentales de la naturaleza.

- Fuerzas nucleares fuertes.
- Fuerza Electromagnética.
- Fuerzas nucleares débiles.
- Fuerza de rozamiento.

8. La fuerza de Coulomb es una fuerza de campo de origen electromagnético y es el resultado de la interacción entre dos cargas eléctricas en reposo.

Verdadero

9. Una fuerza de campo es aquella en la cual

- Se generan interacciones entre dos cuerpos no conectados.
- Se generan interacciones entre dos cuerpos conectados.
- No se logran interacciones entre los cuerpos.
- Se generan fuerzas de atracción.

10. La fuerza de Coulomb es una fuerza de campo que siempre genera atracción entre las cargas.

Falso

Socialización: Discute tus respuestas con la clase y unifica criterios complementando tu cuadro.



## Actividades

Momento desarrollo	MOMENTO 2	Actividad 1	Objetivo	Que debe guiar al docente	Que se propone con el estudiante
Las actividades de desarrollo se centran en comprensión de la Ley de Coulomb bajo la integración de conceptos físicos.	Se realizan actividades las cuales están encaminadas en la comprensión e interpretación de la Ley Coulomb.	Desarrollo de ejercicios concretos	Vivenciar fenómenos físicos a través de la experiencia por medio de la construcción de un electroscopio.	El desarrollo de ejercicios sencillos que permitan comprobar y conjeturar sobre fenómenos físicos.	El desarrollo de ejercicios sencillos que le permitan aclarar conceptos y contrastar conjeturas para la comprensión de fenómenos físicos.
		Actividad 2	Objetivo	Que debe guiar al docente	Que se propone con el estudiante
		Ley Coulomb y relación con conceptos físicos.	Construir un generador de Van De Graaff empleando materiales de fácil obtención para verificar las interacciones entre cargas eléctricas en reposo a partir de la explicación del funcionamiento del instrumento.	La comprensión de la Ley de Coulomb al integrar conceptos físicos.	El reconocimiento de la ley Coulomb bajo la integración de conceptos físicos.
		Actividad 3	Objetivo	Que debe guiar al docente	Que se propone con el estudiante
Ley de Coulomb	Desarrollar problemas sobre fuerzas entre cargas electrostáticas teniendo en cuenta el enunciado de la Ley de Coulomb logrando verificar la aplicación de esta ley para cargas puntuales en reposo.	El desarrollo de ejercicios con la aplicación de la ley de Coulomb.	Desarrollar ejercicios que le permitan aplicar la Ley de Coulomb.		

## Actividad 1

Tiempo de trabajo recomendado  
dos horas de clase escolar y  
trabajo extracurricular.

## Construcción de electroscopio

**Objetivo:** Construir un electroscopio casero empleando materiales de fácil obtención para verificar las interacciones entre cargas eléctricas en reposo a partir de la explicación del funcionamiento del instrumento.

**Desarrollo de la actividad:** construcción de electroscopio para evidenciar la presencia de carga eléctrica.

**Introducción:** El electroscopio es un instrumento que permite verificar la presencia de carga eléctrica, está constituido por una caja o recipiente que contiene unas laminillas de material conductor ubicadas en el extremo de una varilla o barra conductora la cual se extiende hasta la parte exterior del recipiente pasando por la tapa del mismo, la cual debe ser de material aislante, la barra en su extremo externo tiene acoplada una perilla o mango conductor.



**Materiales:**

- ✓ Un frasco de vidrio pequeño con tapa (De café instantáneo o mermelada)



- ✓ Trozo de alambre de cobre número 8 o 10 (20cm de longitud)

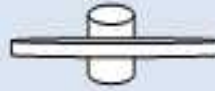
- ✓ Un corcho



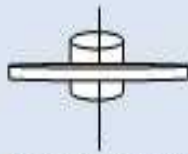
Pedazo de papel aluminio



1. Realizar un agujero en la tapa del frasco del diámetro del corcho.

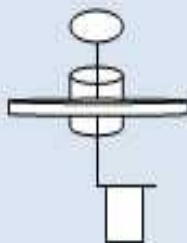
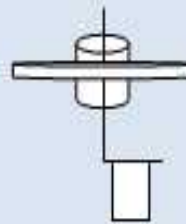


2. Cortar un pedazo de alambre de cobre de 15cm.
3. Pasar el alambre de cobre a través del corcho.



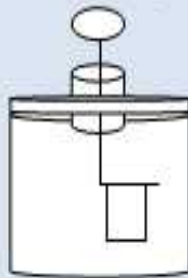
4. Cortar un pedazo de papel aluminio de 2cm x 6cm.

5. Realizar un gancho en el extremo inferior del alambre y colocar el papel aluminio doblado por la mitad, con la parte más brillante en la parte externa.



6. Elaborar una esfera con papel aluminio de 3cm de diámetro y trinche en el extremo superior del alambre.

7. Por último se tapa el frasco y se ha terminado el proceso de construcción.





Funcionamiento: Tomar una regla de plástico, un lápiz, una bomba, una copa de vidrio y un trozo de alambre de cobre, frotarlos con un pedazo de paño y con el cabello de un compañero, ahora acercarlo a la esfera de aluminio y observar el comportamiento del instrumento.



Ahora responde los siguientes interrogantes respecto al funcionamiento del instrumento.

- ✓ ¿Qué se observa al acercar al instrumento una bomba o globo que ha sido frotado previamente con el cabello de un compañero?
- ✓ ¿En qué parte del instrumento se puede indicar se tiene exceso o defecto de carga y de qué tipo?
- ✓ ¿Qué combinación de materiales genera más movimiento?
- ✓ ¿El exceso o defecto de carga positiva se obtiene por inducción o conducción? Explique.

**Socialización:** A continuación se realizará una puesta en común y socialización de los resultados obtenidos. Cada estudiante contrastará y complementará sus respuestas con los aportes hechos por sus compañeros.

**Conclusiones:** cada estudiante indicará los aportes de la práctica a la comprensión de la ley de Coulomb expresando el grado de comprensión y agrado frente a la actividad propuesta. Finalmente expresará comentarios y sugerencias.



Tiempo de trabajo recomendado  
dos horas de clase escolar

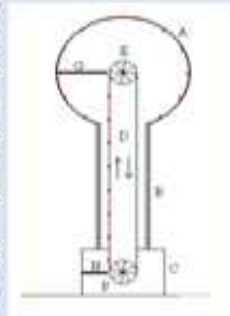
## Actividad 2

### Generador de Van de Graaff

**Objetivo:** Construir un generador de Van De Graaff empleando materiales de fácil obtención para verificar las interacciones entre cargas eléctricas en reposo a partir de la explicación del funcionamiento del instrumento.

**Desarrollo de la actividad:** construcción generador de Van de Graaff para la comprensión de la Ley de Coulomb

**Introducción:** El generador de Van De Graaff es un generador electrostático, y recibe el nombre en honor a Robert Jemison Van De Graaff (1901-1967) físico estadounidense que se destacó por sus trabajos relacionados con física nuclear. El funcionamiento del generador se comprende a partir de las propiedades de las cargas eléctricas y campos eléctricos. El generador está constituido fundamentalmente por dos poleas (E y F) movidas por un motor las cuales hacen circular una banda (D) que se desplaza cerca a dos cepillos (G y H) que son los encargados de suministrar y receptionar la carga eléctrica. la cual viaja por la banda; en la parte superior del instrumento se tiene una esfera o domo metálico (A) el cual está conectado a uno de los cepillos y es el encargado de almacenar la carga, el montaje puede estar contenido en un tubo o caja (C y B).



#### Materiales:

- ✓ Una lata de gaseosa
- ✓ Un motor eléctrico y una pila.



- ✓ Una T, un pedazo de tubo de 20cm y una unión todo de  $\frac{3}{4}$  en PVC



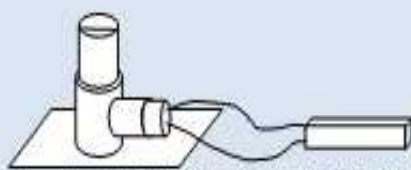
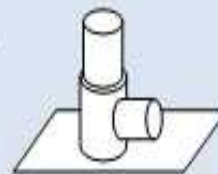
- ✓ Un alambre de cobre de 20cm de longitud, una banda elástica o caucho y una base de madera de 20cm x 20cm aproximadamente.



- ✓ Dos puntillas, un fusible, cinta pegante (silicona) y herramientas (alicate, cuchillo, destornillador y tijeras).

#### Procedimiento de construcción:

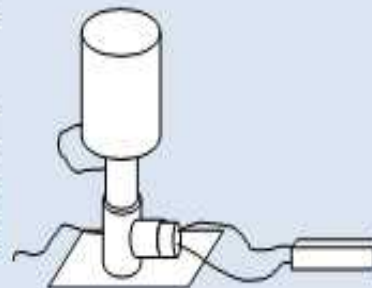
8. Pegar la T en el centro de la base de madera y acoplar el tubo de forma vertical, el motor se ubica por la parte horizontal de la T con el eje al interior.



hasta la puntilla garantizando que gire suavemente.

9. Realizar dos agujeros en la parte superior del tubo que permitan cruzar la puntilla que servirá como polea, ahora ubicar la banda elástica o caucho desde el eje del motor

10. Realizar un agujero cerca al eje del motor y otro cerca a la puntilla, por cada uno de ellos introducir un extremo de alambre pelado dándole forma de cepillo, estos cepillos se ubicaran muy cerca de la banda elástica. El extremo libre del alambre



## Actividad 3

Tiempo de trabajo recomendado  
una hora de clase escolar

## LEY DE COULOMB

**Objetivo:** Desarrollar problemas sobre fuerza entre cargas electrostáticas teniendo en cuenta el enunciado de la Ley de Coulomb logrando verificar la aplicación de esta ley para cargas puntuales en reposo.

**Desarrollo de la actividad:** Los experimentos desarrollados por Coulomb lograron demostrar la relación entre la magnitud de las cargas y la distancia que las separa con las interacciones eléctricas presentes obteniendo los siguientes resultados:

La fuerza eléctrica (F) que un cuerpo cargado ( $q_1$ ) ejerce sobre otro cuerpo cargado ( $q_2$ ) depende directamente del producto de las magnitudes de las dos cargas.

La fuerza eléctrica (F) que un cuerpo ejerce sobre otro cuerpo cargado es inversamente proporcional al cuadrado de su separación (r).<sup>4</sup>

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

La fuerza que ejerce  $q_1$  sobre  $q_2$  y  $q_2$  sobre  $q_1$  actúa a lo largo de la línea que une las cargas y las dos fuerzas apuntan en sentido opuesto pero con igual magnitud independiente que las cargas sean de diferente magnitud.

Para expresar la proporcionalidad en forma de ecuación se requirió determinar una constante de proporcionalidad ( $K = 1/4\pi\epsilon_0 = 8,99 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$ ), denominada la constante de Coulomb.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

A esta expresión se le denomina La ley de Coulomb y es válida para objetos cargados cuyas dimensiones sean mucho menores que la distancia entre ellos.

<sup>4</sup>Halliday, 27-28 1994



**Acción 1.** Conociendo la ley de Coulomb resolveremos algunos problemas muestra para verificar su aplicación.

Problema muestra 1.

Una carga de  $4,5 \times 10^{-9} \text{ C}$  esta a una distancia de 50cm de una segunda carga de  $-2,8 \times 10^{-9} \text{ C}$ . Determine la fuerza electrostática que una carga ejerce sobre la otra.

**Consideraciones:** Teniendo en cuenta la ley de Coulomb se debe calcular la magnitud de la fuerza eléctrica, y a partir del signo de las cargas la dirección.

**Solución:**

Calcular la magnitud de la fuerza eléctrica

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = (8,99 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2) \frac{(4,5 \times 10^{-9} \text{ C})(2,8 \times 10^{-9} \text{ C})}{(0,5\text{m})^2} = 4,53 \times 10^{-7} \text{ N}$$

Luego la magnitud de la fuerza eléctrica  $4,53 \times 10^{-7} \text{ N}$  y teniendo en cuenta los signos de las cargas + y - se tiene que la fuerza presente es de atracción.

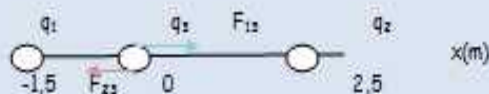
Problema muestra 2.

Una carga  $q_1$  de  $2,2 \times 10^{-9} \text{ C}$  esta sobre el eje x en  $x = -1,5\text{m}$  y una carga  $q_2$  de  $5,4 \times 10^{-9} \text{ C}$  esta sobre el eje x en  $x = 2,5\text{m}$ . Calcule la fuerza neta que se ejerce sobre una carga  $q_3$  de  $3,5 \times 10^{-9} \text{ C}$  ubicada en el origen del sistema.

**Consideraciones:**

Se debe calcular la magnitud de la fuerza de  $F_{13}$  y de  $F_{23}$  y haciendo uso el principio de superposición determinar la magnitud y dirección de la fuerza neta  $F_n$ .

**Solución**



La magnitud de la fuerza de  $q_1$  sobre  $q_3$  es

$$F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{r^2} = (8,99 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2) \frac{(2,2 \times 10^{-9} \text{ C})(3,5 \times 10^{-9} \text{ C})}{(1,5\text{m})^2} = 3,07 \times 10^{-8} \text{ N}$$

La magnitud de la fuerza de  $q_2$  sobre  $q_3$  es



$$F_{23} = k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} = (8,99 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2) \frac{(5,4 \times 10^{-9} \text{ C})(3,5 \times 10^{-9} \text{ C})}{(2,5 \text{ m})^2} = 2,71 \times 10^{-8} \text{ N}$$

Haciendo uso del principio de superposición que indica que la fuerza resultante sobre una carga es igual a la suma vectorial de las fuerzas ejercidas por las demás cargas individuales presentes<sup>7</sup> se tiene que  $F_{13}$  actúa en dirección  $x$  positiva y  $F_{23}$  en dirección  $x$  negativa, entonces la magnitud y dirección de la fuerza neta es:

$$F_n = 3,07 \times 10^{-8} \text{ N} - 2,71 \times 10^{-8} \text{ N} = 3,6 \times 10^{-9} \text{ N, en dirección } x \text{ positiva.}$$

**Acción 2:** En el siguiente link <http://www.educaplus.org/play-241-Fuerza-de-Coulomb.html>

**Fuerza de Coulomb**

distancia entre cargas =  $15,53 \times 10^{-12} \text{ m}$   
fuerza =  $20,23 \times 10^{-12} \text{ N}$

distancia entre cargas =  $12,62 \times 10^{-12} \text{ m}$   
fuerza =  $34,80 \times 10^{-12} \text{ N}$

Encontraras un simulador que muestra el comportamiento de la fuerza eléctrica de dos cargas puntuales en función de la distancia que las separa, llega la hora de jugar, varía la distancia entre las cargas y observa que pasa con la magnitud y dirección de la fuerza. Ahora resuelve los siguientes ejercicios en el cuaderno.

1. Verifica la magnitud de la fuerza para: a)  $4,07 \times 10^{-12} \text{ m}$ , b)  $12,5 \times 10^{-12} \text{ m}$  y c)  $30,95 \times 10^{-12} \text{ m}$
2. Si todas las cargas son iguales, cual es su magnitud
3. Si la distancia entre cargas es  $13,75 \times 10^{-12} \text{ m}$ , demuestra que  $k = 8,99 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$
4. Verifica la magnitud de la fuerza empleando la ley de Coulomb para: a)

$23,31 \times 10^{-12} \text{ m}$ , b)  $5,63 \times 10^{-12} \text{ m}$  y c)  $18,91 \times 10^{-12} \text{ m}$  y compara con el resultado del simulador.

**Acción 3:** Problemas propuestos.

Ahora ya estás listo para dar solución a los siguientes problemas, resuélvelos en el cuaderno y compara los resultados con los de tus compañeros y unifica criterios con el docente.

1. En un átomo de hidrogeno el electrón y el protón están separados en promedio  $5,3 \times 10^{-11} \text{ m}$ . Teniendo en cuenta estos datos determinar la magnitud de fuerza eléctrica que ejerce el electrón sobre el protón. Ahora determinar la fuerza gravitatoria que ejerce el electrón sobre el protón e indicar la relación de estos resultados.

<sup>7</sup> Física serway faughn p492



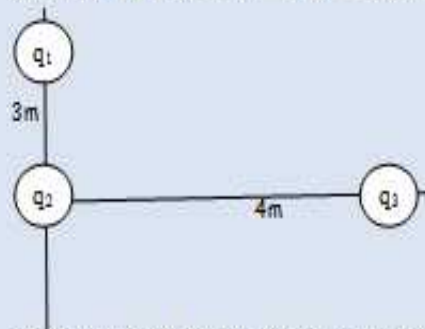
2. Una carga equivalente a  $5e$  está separada  $10\text{cm}$  de una segunda carga equivalente a  $5e$ . Determinar la magnitud de la fuerza eléctrica que la primera carga ejerce sobre la segunda.

3. Una carga de  $6 \times 10^{-9}\text{C}$  está ubicada en el punto  $x = -12\text{cm}$  y una segunda carga de  $-2 \times 10^{-9}\text{C}$  está ubicada en el punto  $x = 8\text{cm}$ . Determinar la fuerza eléctrica que la segunda carga ejerce sobre la primera.

4. Un electrón genera una fuerza de atracción sobre un protón de magnitud  $2,5 \times 10^{-24}\text{C}$ , que distancia separa las dos cargas?

5. Dos cargas eléctricas están separadas  $12\text{cm}$  y la primera de ellas ejerce una fuerza de atracción de  $2,5 \times 10^{-9}\text{C}$  sobre la segunda, si la primera carga tiene una magnitud de  $5 \times 10^{-9}\text{C}$  cual debe ser el valor de la segunda carga.

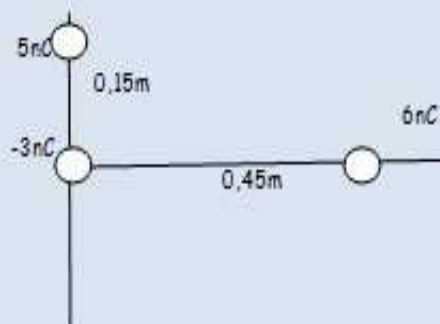
6. La magnitud de  $q_1 = 6 \times 10^{-9}\text{C}$ ,  $q_2 = -5 \times 10^{-9}\text{C}$  y  $q_3 = 2 \times 10^{-9}\text{C}$ .



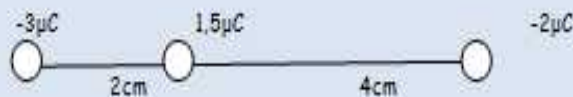
Determinar la fuerza neta sobre cada una de las cargas.

7. La magnitud de  $q_1 = 1,5 \times 10^{-9}\text{C}$  y está ubicada en el punto  $P_1 = (2\text{cm}, 3\text{cm})$  y la magnitud de  $q_2 = -5 \times 10^{-9}\text{C}$  y está ubicada en el punto  $P_2 = (5\text{cm}, 7\text{cm})$ . Determinar la fuerza eléctrica que  $q_1$  ejerce sobre  $q_2$ .

8. Determinar la magnitud y dirección de la fuerza electrostática sobre la carga que está ubicada en el origen.



9. Determinar la fuerza eléctrica, magnitud y dirección, que se ejerce sobre cada una de las tres cargas.



10. Plantear y resolver un problema.

#### ALGO INTEREZANTE PARA APRENDER

Existen algunas aplicaciones a nivel industrial que se fundamentan en el comportamiento de las cargas eléctricas en reposo, a continuación se muestra un ejemplo lee detenidamente y aprenderás algo nuevo.

#### Pintura Electrostática

Un campo electrostático entendido como el espacio que rodea a un cuerpo con exceso de carga (positiva o negativa), es un fenómeno muy similar a un campo gravitacional siendo este el espacio que rodea a un elemento con masa, por ejemplo la Tierra donde todo cuerpo ubicado en su campo gravitacional se ve atraído por esta. Cuando un objeto está cargado eléctricamente crea un campo electrostático, si un objeto tiene un exceso de electrones se le asocia una carga negativa y de forma equivalente si un objeto tiene menos electrones, entonces se considera que está cargado positivamente. Tal como ocurre con los cuerpos que son atraídos por la tierra, dos objetos que tienen carga opuesta se atraerán entre sí. Esta condición es la esencia de la pintura electrostática, la cual utiliza campos electrostáticos para pintar objetos metálicos eficientemente sin generar residuos.





Para emplear esta técnica se utilizan herramientas específicas. Primero una pintura especial la cual se mezcla con un catalizador químico logrando un exceso de carga positiva. El objeto metálico que va a ser pintado recibe un exceso de carga negativa por medio de un cable conectado a un generador electrostático. Ya que ahora la pintura y el objeto están cargados opuestamente, teniendo la pintura exceso de carga positiva y el objeto exceso de carga negativa, la pintura será atraída al objeto metálico como si se tratara de una manzana que cae a la tierra desde un árbol.

Esta es una de las muchas aplicaciones que se pueden obtener con las cargas electrostáticas, ahora consulta sobre el funcionamiento de las impresoras electrostáticas y cuéntanos como funcionan

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Actividad

MOMENTO ACABADO	MOMENTO 3	Actividad 1	Objetivo	Que debe guiar al docente	Que se propone con el estudiante
Permite culminar la unidad didáctica a través de socialización.	La socializan permite que el estudiante interprete lo aprendido estableciendo relaciones de los conceptos con lo cotidiano.	Construcción de memorias a través de variadas actividades que integren conceptos vistos.	Socializar la comprensión de la Ley de Coulomb a través de actividad escolar.	Estrategias que permitan la socialización de conceptos que se involucran con la Ley de Coulomb trasladándolos a aspectos cotidianos.	Desarrollo de estrategias que permitan socializar el conocimiento alcanzado en sesiones de inicio y desarrollo de unidad didáctica.

Tiempo de trabajo recomendado  
dos horas de clase escolar y  
trabajo extracurricular

## Actividad 1

### Construyo mis memorias

**Objetivo:** socializar la comprensión de la Ley de Coulomb a través de actividad escolar.

**Desarrollo de la actividad:** Como estudiante y al contemplar las diferentes actividades que se han realizado en esta unidad didáctica, se quiere que se construyan memorias relacionadas con las reflexiones que quedan en el tema Ley de Coulomb, esto se puede lograr a través de un periódico mural, friso, feria escolar, en si cualquier actividad que permita comunicar lo aprendido, permitiendo concluir el tema en cuestión.

#### Periódico mural

Es un medio visual fijo, un espacio en la pared a un tablero de diferente tamaño. Constituye un medio de comunicación visual formado por imágenes y texto, está destinado a un público determinado y su presentación se hace periódicamente en un lugar previamente seleccionado. Característica de los murales: El periódico mural; es uno de los recursos menos costosos, se planea de acuerdo a los objetivos de comunicación que se pretenden lograr, tiene la posibilidad de integrar a los participantes en las diferentes etapas de desarrollo como son: la planificación, construcción y evaluación del periódico, dando lugar a que los todos expandan sus conocimientos a través de este recurso. Es así como los actores sociales reflejan sus experiencias de acción organizativas, permitiendo ver plasmado su trabajo en una superficie en donde pueden hacer objetos tridimensionales que representan el contenido. Podemos clasificar los periódicos murales en tres tipos: Fijo, móvil y biombo.

#### Ventajas

1. Permite presentar uno a varios temas.
2. Estimula la participación de los todos los miembros de la comunidad.
3. Enfoca un tema desde diferentes perspectivas.
4. Integra texto e imagen.



5. Permite ensayar posturas propias acerca de un tema.
6. Ofrece una retroalimentación inmediata a los participantes.

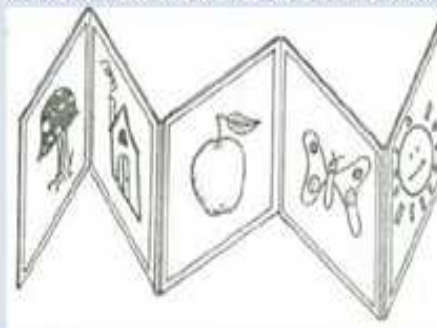
Es importante que al construir un periódico mural para la clase de física en torno a la Ley de Coulomb se contemple, conceptos que se interaccionan con esta, aspectos históricos que conllevaron a su constitución, situaciones cotidianas que la involucran, ejercicios que permiten interpretarlas, experiencias de laboratorio y destacar la importancia de su aprendizaje.

### Construcción de friso

1. Tener a mano cartulinas (dependiendo la cantidad de información o ilustraciones que se vayan a colocar), cinta, cordones, perforadora, pegante, marcadores, colores y todas las cosas que se quieran colocar para decorar y escribir.

2. Para empezar coger una cartulina horizontalmente y unir las, luego pegarlas de manera que la cinta quede verticalmente, o sea que las dos queden unidas.

3. Escribir la información, pegar las ilustraciones en las cartulinas, tenga en cuenta: conceptos que se interaccionan con esta, aspectos históricos que conllevaron a su constitución, situaciones cotidianas que la involucran, ejercicios que permiten interpretarlas, experiencias de laboratorio y destacar la importancia de su aprendizaje.



4. Socializa el friso en la clase.

### Feria de la ciencia

Es una socialización en la cual se hacen muestras de conocimientos y habilidades que tienen los estudiantes, frente a un tema de interés para el caso la Ley de Coulomb, se puede hacer presentaciones a forma de exposición que gire en torno a alguna de los siguientes tópicos: conceptos que se interaccionan con esta, aspectos históricos que conllevaron a su constitución, situaciones cotidianas que la involucran, ejercicios que permiten interpretarlas, experiencias de laboratorio y destacar la importancia de su aprendizaje.



## A modo de conclusión

La unidad didáctica busca que el estudiante llegue a la comprensión de la Ley de Coulomb no solo desde sus formalismos matemáticos, sino a través de aspectos de la naturaleza de las ciencias que le permitan comprender que la caracteriza, como se produjo y el porqué de su producción, facultando en el estudiante el trascender de un conocimiento plano a uno estructurado.

## Bibliografía

- HALLIDAY, David. Física Vol. 2. México: Cecsá, 1994. 1-13 p.
- PURSELL, Edward. Berkele physics course-volumen 2. España: Reverte, 2005. 3-10 p.
- SEARS, Francis. Física Universitaria Vol. 2. México: Pearson Educación, 2005. 792-805 p.
- SERWAY, R. Física. Edición 5. Mexico: 2001, Pearson Educación, (2001). P. 80-81.
- VERA, E. Contribución experimental para la enseñanza de la electrostática. En Revista Colombiana de Física. [en línea]. Vol. 38, No. 1, (2006)[consultado 25 nov. 2011]. Disponible en [http://calima.univalle.edu.co/revista/vol38\\_1/articulos/pdf/3801209.pdf](http://calima.univalle.edu.co/revista/vol38_1/articulos/pdf/3801209.pdf)
- ACEVEDO, José. *El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias*. En: Rev. Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las ciencias. (2008) 5(2). p.134-169.



## 5. Conclusiones y recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

El contemplar estándares de competencia para la enseñanza de la física en un aspecto particular como la Ley de Coulomb resulta de interés, ya que permite orientar la propuesta pedagógica al permitir estar a la vanguardia de los preceptos del Ministerio de Educación Colombiano para la educación media, ya que desde allí se han dado discusiones de lo que se debe enseñar en este contexto educativo globalizado, llevando el trabajo propuesto a seguir las demandas educativas establecidas para nuestro contexto.

El incluir elementos de consenso sobre la Naturaleza de las Ciencias fue determinante ya que permitió evaluar un discurso pedagógico y didáctico, que se ha interesado por cómo enseñar las ciencias naturales desde un contexto que muestra aspectos del qué, cómo y para qué de las ciencias, acercando al estudiante y al docente a la forma como se produce el conocimiento científico y no brindando dicho conocimiento como acabado y absoluto.

Resulta interesante para el sector educativo la materialización de una unidad didáctica que permita la enseñanza aprendizaje de la Ley de Coulomb, ya que hace parte de los planes de estudio de la física para la educación media y está contemplada en los estándares de competencia propuestos por el Ministerio de Educación Nacional, presentando una estructura profunda y pensada para dar un sentido pedagógico y didáctico que permita percibir el conocimiento científico de una manera estructurada ligado a un momento de inicio, que promueve la motivación hacia el tema, desarrollo que faculta la integración de conceptos con aspectos de naturaleza de las ciencias y de acabado en donde el estudiante puede socializar el conocimiento alcanzado.

## **5.2 Recomendaciones**

El documento de la unidad didáctica en su totalidad se encuentra como archivo anexo en CD dentro del trabajo para optar al grado de Magister en la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, para su uso y divulgación se recomienda impresión. El manejo de esta se puede hacer por actividades de manera independiente o articuladas en un programa que tiene una duración aproximada de dos meses, se contempla a su vez su aplicación en la educación media, sin embargo puede trascender a otros contextos educativos. Es indispensable que este tipo de documentos se validen para evaluar su pertinencia y optar por recomendaciones que nutran dicha propuesta, por esto puede ser la base de nuevos trabajos de grado dentro del contexto educativo.



## **A. Anexo: Unidad didáctica y videos de apoyo**

En el anexo A se encuentra la unidad en su totalidad para su impresión y divulgación al igual que los videos propuestos para las actividades propuestas.

# Bibliografía

ACEVEDO, J. Cuestiones de sociología y epistemología de la ciencia. La opinión de los estudiantes. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, (1992). P. 167-182.

ACEVEDO, J. *El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias*. En: *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las ciencias*. (2008) 5(2). P.134-169.

ACEVEDO, J. VASQUEZ A. Y MANASSERO M. A. El movimiento Ciencias, Tecnología y sociedad y la enseñanza de las Ciencias. En sala de Lecturas CTS-I de la OEI, (2001). [consultado 25 nov. 2011]. Disponible en [www.campus-ioe.org/salactsi/acevedo13.htm](http://www.campus-ioe.org/salactsi/acevedo13.htm).

ACEVEDO J. A., VAZQUEZ A, MARTIN M., OLIVA J. M., ACEVEDO P., PAIXÃO M. y MANASSERO M. A. Naturaleza de la ciencia y educación científica para la formación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. (2005) Vol. 2(2): P. 121-140.

ADÚRIZ – BRAVO. La epistemología en la formación de profesorado de Ciencias Naturales: Aportaciones de Positivismo Lógico. (2006) *Rev. Electrón. Investig. Educ.cienc*. Vol 1 N° 1 Tand/ene.

ADÚRIZ - BRAVO, A. La naturaleza de la ciencia en la formación de profesores de ciencias naturales. Didáctica de las Ciencias. Aportes para una discusión Universidad Pedagógica Nacional. BOGOTA (2007) P. 17-36.

BAENA D.1993. Pensamiento y acción en la enseñanza de las ciencias. Enseñanza de las ciencias, (2000), 18 (2), P. 217-226 217.

CARRASCOSA, J. FERNÁNDEZ, D., GIL D. y OROZCO A. Análisis de algunas visiones deformadas sobre la naturaleza de las ciencias y las características del trabajo científico. Enseñanza de las ciencias. (2003) Número Extra, 43-44.

DOCUMENTO INSTITUCIONAL. Que reposa en coordinación de articulación del colegio Antonio García IED.

EPEC. HISTORIA DE LA ELECTRICIDAD. [consultado 15 abr. 2011]. Disponible en: <http://www.epec.com.ar>

ESTAIRA, S. diseño de unidades didácticas en L2 mediante tareas: principios y desarrollo. Comunicación, lenguaje y educación. (1990) [consultado 25 nov. 2011]. Disponible en [http://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca\\_ele/antologia\\_didactica/enfoque01/estaire\\_zanon01.htm](http://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/antologia_didactica/enfoque01/estaire_zanon01.htm)

FERNANDEZ, I., GIL D., CARRASCOSA J.,CACHAPUZ A. y PRAIA J. Visiones Deformadas de la Ciencia Transmitidas por la Enseñanza. Enseñanza de las Ciencias. (2002)Vol. 20 (3): P. 477-488.

FURIO, C. GUIASOLA, J. Deficiencias epistemológicas en la enseñanza habitual de los conceptos de campo y potencial eléctrico. *Enseñanza de las ciencias* (1997) 15 (2). P 259- 271.

FURIO, C. GUIASOLA, J. Problemas históricos y dificultades de aprendizaje en la interpretación newtoniana de fenómenos electrostáticos considerados elementales. *Investigações em Ensino de Ciências – V3(3)*, pp. 165-188, 1998

GIL-PÉREZ, D. Contribución de la Historia y Filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación, *Enseñanza de las Ciencias*. (1993).11(2), 197-212.

GIL, PEREZ, D. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las ciencias*. (1986) 4(2): P 111 – 121.

GONZALEZ, A. La física en el 2005 el aprendizaje significativo. Universidad de la Habana Cuba. Cuba.(2005) Revista Iberoamérica.

HALLIDAY, D. Física. Volumen 2. México. Compañía Editorial Continental. (1999)

HERNANDEZ, G. Historia de la ciencia vol II. España. Fundación Canaria Orotava. (2007)

HURTADO, J. Metodología de la investigación holística. Caracas: Fundación Sypal (1998).

LEDERMAN N. Students' Conceptions of the Nature of Science: a Review of the Research. *Journal of research in science teaching*.(1992) Vol. 29 (4): P.331-359.

LERDERMAN, N. G. Research on nature of science: felections on the past. Anticipations of the future. Asia pacific Forum on Scienc3 Learning and Teaching, 7(1). (2006) [consultado 2 mar. 2012]. Disponible en: [www.ied.edu.hk/apfst/](http://www.ied.edu.hk/apfst/)

LEDERMAN N y ZEIDLER D. Science Teachers' Conceptions of the Nature of Science: Do they really influence teaching behavior?. Science education. (1987) Vol. 7 (15): P.721-734.

LEVIN M. y JOHNSON S. Is the electrostatic force between a point charge and a neutral metallic object always attractive? Magazine American Journal of Physics. (2011) Vol. 79: P. 843.

MANASSERO M. y VAZQUEZ A. Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado. (2000) Vol17: P. 187-208.

MARTÍNEZ D. HISTORIA DE LA ELECTRICIDAD. [consultado 8 mar. 2012]. Disponible en: <http://www.tochtli.fisica.uson.mx/electro/historia.htm#DuFay>

MIKILIBROS. Electricidad/ electrostática. [consultado 25 feb. 2012]. Disponible en <http://es.wikibooks.org/wiki/Electricidad/Electrost%C3%A1tica>

MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL. Estándares de competencia en ciencias naturales. Formar en ciencias un desafío. BOGOTA (2004). [Consultado 2 mar. 2012]. Disponible en [www.CutePDF.com](http://www.CutePDF.com)

PEREDA, S. El Cambio Conceptual sobre Electrostática en Secundaria: Diseño de una Estrategia Didáctica para Propiciar el Cambio Conceptual sobre Electrostática en alumnos de Secundaria. Editorial académica española. (2009)

PETRUCI, D. DIDAR, C. Imagen de la ciencia en alumnos de universitarios una revisión y resultados. Enseñanza de las ciencias. (2001) 19 (2). P 217 – 229.

PORLAN, R. Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. Enseñanza de las ciencias. (1998) Vol. 16 (1): P. 175-185.

PURSELL, Edward. Berkele physics course-volumen 2. España: Reverte, (2005). P. 3-10

REYES, L. SALCEDO, L. PERAFÁN, A. Acciones y creencias. Tomo I. Universidad Pedagógica Nacional- Colciencias. Bogotá. (1999). P. 15-27.

SANCHEZ, B. Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. Investigación y experiencias didácticas. (1993).

SANCHEZ, M. Ley Coulomb. Departamento de física y química IES. [Consultado 25 nov. 2011]. Disponible en:  
<http://intercentres.edu.gva.es/iesleonardodavinci/Fisica/Campo-electrico/Electrico4.htm>

SEARS, F. Física Universitaria Vol. 2. México: Pearson Educación, (2005). P. 792-805.

SERWAY, R. Física. Edición 5. Mexico: 2001, Pearson Educación, (2001). P. 80-81.

SHAMOS, M. Great experiments in physics. Library of congress cataloging – in – publication data. New Your (1959)

VÁZQUEZ, A., ACEVEDO J. A., MANASSERO M. A y ACEVEDO P. Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: Evidencias e implicaciones para su enseñanza. En revista Iberoamérica de Educación ISS. (2004) 168-5653. Versión electrónica.

VERA, E. Contribución experimental para la enseñanza de la electrostática. En Revista Colombiana de Física. [en línea]. Vol. 38, No. 1, (2006) [consultado 25 nov. 2011]. Disponible en [http://calima.univalle.edu.co/revista/vol38\\_1/articulos/pdf/3801209.pdf](http://calima.univalle.edu.co/revista/vol38_1/articulos/pdf/3801209.pdf)

VILCHES, A. Una unidad didáctica clave para la implicación del alumnado ¿cómo empezar? 2007. Alambique .P 28 -38. [Consultado 20 nov. 2012]. Disponible en: <http://www.oei.es/decada/Alambique.pdf>

WIKIPEDIA. Semiconductor. (En línea) [Consultado 15 ene. 2012]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Semiconductor>.