

Reflexión epistemológica de experimentos cruciales.

A.Orjuela*,A.Peñaloza**,N.Torres ***

Universidad Distrital francisco José de caldas

03 de Junio del 2008.

Resumen

Se ha sometido a prueba una forma distinta de generar nuevos escenarios para la validez de una teoría sin recurrir a los utilizados de manera común y natural en el ámbito de la enseñanza de la física; este es producto de un análisis en profundidad a partir de una búsqueda de obstáculos aclarados en una investigación a fondo, de experimentos históricos relevantes y la manera en que se enseñan hoy en día.

La solución a los problemas que se encontraron en esta investigación, tienen desde el punto de vista de los autores; respuesta en la filosofía de la ciencia, herramienta sometida a prueba con suficientes elementos para la transformación de la forma en que se enseñan las ciencias en la época actual.

Resumen

It has subduced has tastes a different form of generating new stages for the validity of a theory without appealing to the used in a common way and natural in the environment of the teaching of the physics; this is product of an opposing analysis as of a search of clarified obstacles in an investigation thoroughly, of historical relevant experiments and the way in which it is taught nowadays.

The solution to the problems that they found in this investigation, they have from the viewpoint of the authors; answer in the philosophy of the science, tool subduced on trial with sufficient elements for the transformation of the form in which it is teaches the sciences in the current time.

*adri1027@gmail.com

**angelcolombia@gmail.com

***nickthor80@gmail.com

Introducción.

La formación de estudiantes en ciencias es un proceso que requiere de la compensación de ideas sustentadas por la teoría y corroboradas por la experimentación. Es así que el contenido de este artículo construye evidencias que idéntican como la mala experimentación, la falta de comprensión en conceptos claves de las ciencias y el desacuerdo entre la teoría y la práctica han desencadenado la incorrecta interpretación de la ciencia, perdiéndose la línea de transmisión, creación y formación de nuevos conocimientos hoy en día.

Los partícipes de la ciencia, tanto los que la hacen, como los que la enseñan, y los que transmiten son los responsables directos de el limbo en que se encuentra la ciencia en la época actual. No es claro o por lo menos no está argumentado ni mucho menos conveniente el hecho de creer que la ciencia es la religión moderna. Se inicia con lo que se cree da el soporte argumentativo de este trabajo aclarando qué es una teoría, un experimento y un método experimental, luego se continúa con la descripción de la base que da origen a la pregunta problema; finalmente se muestra el trabajo que se realizó y las conclusiones a las que se llegó.

Introduction

The formation of students in sciences is a process it requires of the compensation of ideas sustained for the theory and corroborated for the experimentation. It is so the content of this article build evidences that As the bad experimentation, the absence of comprehension in key concepts of the sciences and the discord between the theory and the practice has unchained the incorrect performance of the science, losing the line of transmission, creation and formation again knowledges nowadays.

You have a share of them the science, so much those who do it, as those who the teach, and those who transmit is the responsible direct thing of the limb in which is found the science in the current time. Is not clear or at least not this disputed not by any means convenient the fact of believing that the science is the modern religion starts to him with which creates to him gives the argumentative support of this work clearing up what is a theory, an experiment and an experimental method, then endless with the description of the base that gives origin to the problem question; finally shows the work that is to carry out and the conclusions to those who arrive to him

1. Modelo teórico

1.1. Teoría científica.

Es un conjunto de hipótesis ¹ y/o leyes ² relacionadas entre sí en forma deductiva. Esto significa que cada miembro del conjunto es o bien un supuesto inicial (axioma, supuesto, definiciones) o bien una consecuencia lógica de los supuestos iniciales. La teorización hace más precisa la significación de las hipótesis y refuerza su contrastabilidad. Los datos no tienen sentido sino dentro del contexto de una teoría.

¹Las hipótesis son proposiciones y se contraponen a proposiciones empíricas particulares (datos de información).[8]

²Las formas son leyes y determinaciones del acto puro que constituyen y precisan una naturaleza simple cualquiera, tales como el calor, la luz, el peso. La forma del calor o la forma de la luz es lo mismo que la ley del calor y la ley de la luz [10].

1. La teoría ayuda a sistematizar el conocimiento estableciendo las relaciones lógicas entre hipótesis inconexas.
2. La teoría Explica hechos por medio de proposiciones que implican hechos.
3. La teoría Incrementa el conocimiento derivando nuevas proposiciones.
4. La teoría refuerza la contrastabilidad de las hipótesis manteniendo el control de las demás hipótesis.

Donde no hay teoría no hay ciencia.[2]

1.2. Método científico

Es un conjunto de prescripciones falibles (perfectibles) para el planeamiento de observaciones y experimentos, que juega el papel interpretativo en resultados, y coloca el planteamiento formal de los problemas; este no provee recetas infalibles para encontrar la verdad. En un lenguaje más común es una manera en que la ciencia examina lo desconocido.

Subordinadas las reglas generales del método científico, y al mismo tiempo en apoyo de ellas, encontramos diversas técnicas que se emplean en las ciencias especiales: las técnicas para pesar, para observar por el microscopio, para analizar compuestos químicos, para dibujar gráficos que resumen datos empíricos, para reunir informaciones acerca de costumbres, etc. La ciencia es pues, esclava de sus propios métodos y técnicas mientras éstos tienen éxito: pero es libre de multiplicar y de modificar en todo momento sus reglas, en aras de mayor racionalidad y objetividad [8]. De alguna manera es deductivo porque las hipótesis explicativas generales, junto con las condiciones iniciales, deducen enunciados de observación (particulares) que pueden contrastarse con el objetivo fundamental de la ciencia que es explicar y predecir hechos [9].

1.3. Método experimental

La experimentación ³ involucra la modificación deliberada de algunos factores, es decir, la sujeción del objeto de experimentación a estímulos controlados. Pero lo que habitualmente se llama "método experimental" no envuelve necesariamente experimentos en el sentido estricto del término, y puede aplicarse fuera del laboratorio. Así, por ejemplo, la astronomía no experimenta con cuerpos celestes (por el momento) pero es una ciencia empírica porque aplica el método experimental.

De alguna manera el método experimental es la base empírica de la ciencia, este método no consiste por lo general en buscar refutaciones, sino comprobaciones. [3].; en un sentido más amplio es el lenguaje de la ciencia; quien se ha esforzado en divorciarse de las especulaciones metafísicas, y ello lo ha hecho haciendo hincapié en la experimentación, de una u otra forma la investigación científica recurre con frecuencia a la experimentación.

³En cuanto a la experimentación es la interrogación metódica de la naturaleza; ésta presupone tanto el lenguaje en el que se formulan sus preguntas como el vocabulario que permite interpretar las respuestas [3].

2. Motivación al problema.

Se ha encontrado que experimentos históricos relevantes en la enseñanza de la física describen inconsistencias experimentales y conceptuales (véase [6]); por ejemplo “Charles Coulomb (CC) no le importaba ni el número ni las propiedades de los fluidos eléctricos sino la descripción matemática de sus relaciones físicas. En uno de sus experimentos ⁴ buscaba probar que la fuerza de atracción entre de las cargas electroestáticas disminuye al cuadrado de la distancia” [11]. .

Sin mucho esfuerzo y teniendo a disposición los materiales que utilizó (CC) [6]. se puede replicar el montaje llegando a preguntas como ¿Por qué llego (CC) a conclusiones de tamaño alcance con solo tres mediciones? ¿Cómo podía estar tan seguro que las mediciones que obtuvo eran las correctas? ¿Qué dio origen (CC) a preguntarse lo que se pregunto? ¿Cómo fueron sus inicios en la gestación del modelo a que llego? ¿Que tenían de especial las condiciones⁵ de (CC), cuando otros con las mismas condiciones nunca hubieran podido observar lo que el observo? ¿En donde se perdió el componente de formación teórico – experimental del que se supone es base esencial para entender, comprender y enseñar ciencia?

¿Por qué en el aula de hoy no se ha intentado replicar dicho modelo y aun así se sigue enseñando la ley fundamental de la electrostática? ¿Por qué después de tanto tiempo, con las herramientas con que contamos, no nos percataríamos de los análisis a los que llego (CC)?, es más ¿Por qué replicando estos mismos modelos experimentales hoy en día, no concluimos de manera inmediata a las formalidades a las que llego (CC)?

3. Desarrollo epistemológico de la investigación.

Las teorías son científicas si son refutables por la experiencia; siendo así porque se enseña la ley fundamental de la electrostática llamada comúnmente como Ley de Coulomb sin refutar o no la teoría; o por lo menos a eso estaban encaminados de demostrar los autores de este artículo.

El trabajo de desarrollo conceptual y experimental de investigación en el aula de clase que se logro constituyo varias etapas

3.1. Encuesta.

Con preguntas tales como:

¿En su etapa ⁶ de formación en electricidad demostró experimentalmente la ley fundamental de la electroestática?

El número de estudiantes encuestados fue de 25 y la respuesta del 100 % fue no; es decir que ningún estudiante encuestado en su etapa de formación de electrostática ha demostrado experimentalmente que la fuerza de atracción entre dos cargas electroestáticas disminuye al cuadrado de la distancia.

En la misma encuesta se formulo:

⁴Realizo dos experimentos más.[11]

⁵Herramientas matemáticas, materiales experimentales, modo económico, situación Social, Relaciones interpersonales, capacidad intelectual.

⁶La pregunta esta dirigida a estudiantes del proyecto curricular licenciatura en física que ya han cursado el área de electricidad..

¿Desde que herramienta le fue transmitido el concepto de Fuerza eléctrica?

a) Cálculo vectorial.

b) Ley de Gauss

c) Definido axiomáticamente ⁷ de la forma:

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

Donde K es la constante de Coulomb q_1 y q_2 las cargas a quienes se les está haciendo el estudio y r la distancia que hay entre ellas.

Aquí el número de estudiantes encuestados fue de 25. Para la respuesta a) el número de personas que contestaron afirmativamente fue 5, es decir un 20 %; para la respuesta b) el número de partidarios fue 28 %, es decir 7 y para la respuesta c) el número de estudiantes que contestaron fue 13 es decir el 52 %.

Estas son las razones concluyentes a las que se ha llegado a partir de lo anterior:

1. Si históricamente el desarrollo experimental de (CC) fue primero que el concepto formal de potencial eléctrico ¿Por que en la enseñanza de la electrostática se utiliza el cálculo vectorial y la ley de Gauss para enseñar fuerza eléctrica cuando el cálculo de variaciones nace en la misma época que la ley de Coulomb y la ley de Gauss fue elaborada tiempo después de la formalización de Fuerza Eléctrica.[5]..
2. Si el concepto de Fuerza eléctrica es un modelo teórico- experimental ¿Por que se está tratando como una verdad aparente que no requiere demostración? De alguna manera si el método experimental es la base empírica de la ciencia y la fuerza eléctrica es un modelo que sustenta uno de los pilares de lo que se conoce como ciencia entonces en que consiste la labor del docente si no es en buscar refutaciones o comprobaciones de dicho modelo. Es pertinente preguntarnos. ¿En que momento la formación de conocimiento en física se volvió una síntesis de creencias?, viéndolo desde este punto de vista la ciencia, los mitos o la magia, se encuentran más cercanos entre sí de lo que la ciencia moderna está dispuesta a aceptar; de alguna manera es respetable pensar que la ciencia no es más que una de las tantas formas de reflexión sobre la realidad que el hombre ha desarrollado, y no es necesariamente la mejor[4]; ¿o acaso que hay de diferente? entre la ciencia que se está enseñando y la religión que se está profesando si nuestro modelo educativo está encaminado a acrecentar el hábito de confundir ciencia y religión con creencia y devoción.

⁷verdad evidente que no requiere demostración.

3.2. Experimentación creativa.

Otra parte fundamental de este trabajo comprendió el hecho de motivar distintas formas de experimentación para llegar a la ley fundamental de electrostática, que representa la disminución de la distancia entre dos cargas; para ello los estudiantes tuvieron a su disposición las siguientes actividades:

Experimento 1

Se tienen dos imanes a una distancia d uno del otro. ¿Como usted podría elaborar un modelo experimental sabiendo los inconvenientes que tuvo Coulomb pero sin la necesidad de utilizar una balanza de torsión tipo J Michell (1724-1795)?

Materiales

1. Dos imanes (No simétricos)
2. Una hoja de Papel Cuadrulado (Cuyo objetivo es utilizarla a modo de regla o sistema de medición).

Posibles Implementos

1. Un resorte de constante k o en su defecto banda elástica.

Experimento 2

Si abrimos el grifo del agua y acercamos una barra cargada (Peinilla) que se ha frotado previamente con una ceda se observa que el chorro se desvía.

¿Por qué sucede esto?

¿Qué sucede si repetimos la experiencia con aceite?

Con el interés de motivar una buena evolución del ejercicio se dejó a libre voluntad, consecuentemente con la intención de incrementar una forma distinta de lo que el estudiante conoce como método científico; la actividad esclarece, que se está fomentando desde la forma en que se enseña la física recetas infalibles para encontrar la verdad, de una u otra forma la intención es que el estudiante empiece a preguntarse cuestionamientos en contexto tales como, ¿es la inducción el principal método científico? ¿O es la deducción? ¿O más bien una combinación de ambos? ¿O no hay un método científico sino distintos métodos científicos según las distintas disciplinas científicas? ¿Cuál es la base de la validez de dichos métodos científicos? [9]. Se extrae de esta actividad el hecho de que: aunque la ciencia sea metodológicamente cerrada en el sentido de que es auto correctiva, no implica que existan únicos elementos para la transformación de un modelo; solo basta tener como requisito la verificabilidad de las hipótesis científicas argumento más que suficiente para asegurar el progreso científico; en otras palabras, en la actividad se arriesga creatividad por búsqueda de conocimiento sin degradar lo que hoy se conoce como "método científico" debido a que no es una lista de recetas que dan respuestas correctas a las preguntas científicas, sino es un conjunto de procedimientos por los cuales:

a) se plantean los problemas científicos y,

b) se ponen a prueba las hipótesis científicas

Lo que se deja entrever entre estas líneas es ¿Por qué el docente no es flexible y permite que se busquen otras formas de pensar sin salirse del lenguaje que sustenta la ciencia ⁸

Esta última pregunta responde a los cuestionamientos que se han planteado en la trayectoria de esta investigación

“¿Por qué llego (CC) a conclusiones de tamaño alcance con solo tres mediciones?

¿Cómo podía estar tan seguro que las mediciones que obtuvo eran las correctas?

¿Qué dio origen (CC) a preguntarse lo que se pregunto?

¿Cómo fueron sus inicios en la gestación del modelo a que llego?

¿Que tenían de especial las condiciones de (CC), cuando otros con las mismas condiciones nunca hubieran podido observar lo que el observo?

Estas preguntas son una caja negra que compone la fase embrionaria del proceso que comprende la hipótesis, observaciones, experimentación y resultados de un modelo teórico; para este caso La ley fundamental de Electroestática. Lo que si se puede llegar a deducir es que el modelo teórico experimental del que fue participe (CC) esta el marco de lo que deduce Bacon “El método inductivo describe tres pasos.

1. Se debe reconocer las existencias, es lo que el denomina tabla de presencias. Es decir aquellos casos en que el hecho a estudiar se hace presente.
2. Verificar en que casos el hecho no se produce [tabla de ausencia [instantiae negativae]
3. Comparar los casos en que se produce el hecho y los casos en que no se produce. [tabla comparativa o de grados]”[1]

¿En donde se perdió el componente de formación teórico – experimental del que se supone es base esencial para entender, comprender y enseñar ciencia?

¿Por qué en el aula de hoy no se ha intentado replicar dicho modelo y aun así se sigue enseñando la ley fundamental de la electrostática?

¿Por qué después de tanto tiempo, con las herramientas con que contamos, no nos percataríamos de los análisis a los que llego (CC)?

¿Por qué replicando estos mismos modelos experimentales hoy en día, no concluimos de manera inmediata a las formalidades a las que llego (CC)?

Se ha llegado a un punto esencial en el que se esta realizando un acción que van en contra del papel de docente de ciencias que es enseñar, motivar y fomentar nuevos saberes. Si la mayor parte de las teorías se contrastan para someterlas a prueba mediante procedimientos que incluyen consecuencias observacionales, ¿Porque razón son no se esta haciendo ciencia en el aula de clase y se esta divagando en ideas “tipo receta”? ¿En que se esta fallando? Seguramente esta respuesta tiene cabida al hablar de la observación empírica, contraponiendo a la idea estricta de hacer ciencia, y convertirla en recetario de ecuaciones, cayendo en un laberinto de desapego al laboratorio donde el lenguaje que fluye a partir de un conjunto de datos se esta perdiendo desde la misma plataforma del docente que enseña ciencia, siendo los datos el lenguaje común de la observación dando posicionamiento singular o existencial, analítico, inductiva o deductiva de un fenómeno en particular. ¿Pero que posición van a tomar los estudiantes si no se esta haciendo la experiencia privada adecuada en la unidad científica como lo es la observación de la experiencia?

⁸Modelo Teórico + Modelo Experimental + Método científico

3.3. Preguntas

Finalmente se regularon una serie de preguntas después de las actividades de experiencia que tenían como objetivo se motivar la necesidad que tiene el estudiante de cuestionarse constantemente que tanto sabe y si lo que sabe lo sabe bien o mas a fondo, si lo que esta pendo es ciencia o religión. Las preguntas fueron las siguientes:

1. ¿Cómo puede definir una carga eléctrica?
2. ¿Como es la distribución de cargas en un imán?
3. ¿Como fue que (CC) Midió la fuerza en su balanza de torsión?
4. ¿Para que se utilizo el montaje experimental de la balanza de torsión?
5. ¿Es necesario saber que es campo para llegar a la deducción de la ley fundamental de electrostática o fuerza de (CC)?

Las respuestas fueron diversas: para la primera el 25 % de los estudiantes es decir 5 aun no saben que es una carga y el 75 % es decir 20 tienen conceptos que caen dentro de una definición común (véase [12], [5]) “Aunque teóricamente no tiene una definición muy clara”, para la segunda pregunta el 75 % de los estudiantes recurren a la representación del ámbar pero ¿Es el ámbar la mejor representación para encajar distribución de cargas en un imán? y el 25 % es decir 5 estudiantes no entienden la pregunta o no la quisieron responder, para la tercera pregunta el 100 % responde que no sabe como fue el montaje experimental de la balanza de torsión, para la tercera el 100 % responde afirmativamente en que es necesario saber que es campo para llegar a la deducción de la ley fundamental de electrostática. Aquí se encontró que se esta cayendo en el hecho de fomentar una forma de pensar distinta de la que origino la teoría desde su forma original, como se transmite y como se enseña; cuando se construye conocimiento se traza una línea entre el experimento, los resultados y la teoría, permisible en los pilares que componen la ciencia, pero se encontró que la historia es parte esencial de la formación y esculpimiento de dicho conocimiento y esa misma historia nos muestra que una cosa es lo que pensó(CC)[6], otra cosa lo que escribió en sus manuscritos[11], otra cosa lo que publico en las revistas de corte científico[11] y otra lo que se enseña hoy en día en el aula de clase[12], [5] por ejemplo en los textos no se toman la molestia de recrear el ambiente y las condiciones en que se genero el modelo teórico que le da el soporte a ala electrostática. Este tipo de preguntas en esta etapa tienen como objetivo apropiarnos de herramienta y elementos para concluir lo siguiente: “La ciencia, la religión, las relaciones interpersonales y sociales son una construcción [8]; de la misma manera y con las mismas reglas debería desarrollarse las temáticas de las ciencias en el aula de clase y no fomentar un ambiente épico y mágico de hechos que fueron por encima de todo producto de la capacidad de hombres comunes y corrientes que recopilaron conocimientos con ayuda de otros y que tuvieron la capacidad de analizar ideas que dieron origen a un principio, ley, o teoría. No se puede seguir fomentado el deseo de acrecentar la simpatía a las ciencias inspirando ambientes con hechos singulares e irrepitibles que solo decaen en la frustración de quien la quiere entender y la desea compartir.

4. Resultados y conclusiones.

1. Los resultados de la investigación pueden resumirse de la siguiente manera:
 - a) La historia es irrelevante para los procesos de enseñanza en las ciencias.
 - b) La enseñanza de las ciencias ha forjado ideas axiomáticas tratando las teorías como una verdad aparente que no requiere demostración.
 - c) El "método científico" constituye en el aula de clase de hoy una lista de recetas que dan respuestas correctas a las preguntas científicas.
 - d) Actividades de riesgo para generar espacios de creatividad son escenarios temerarios para el docente de ciencias en la época actual.
 - e) No hay línea de continuidad entre la creación de nuevos saberes, como se originaron y la forma en que se transmiten nuevos conocimientos hoy en día.
2. Las conclusiones y las posibles soluciones de la investigación, compartida con la actividad del aula de clase puede sintetizarse de la siguiente forma:
 - a) La historia es parte esencial de la formación y esculpimiento del conocimiento en la ciencia; esta no puede estar doblegada al olvido en la enseñanza de las ciencias pues es la base reflexiva y catapulta en la formación y creación de nuevos saberes. Es necesario construir una manera de enseñar ciencia en la forma como se dio; además "nos aventuramos" a concluir que esta es la principal causa en la mala formación, abandono y el masivo desapego a las ciencias.
 - b) El método experimental llámese inducción o deducción, combinación de ambos, etc., el cual finalmente es la base empírica de la formación de estudiantes en ciencias es la única forma para buscar refutaciones o comprobaciones de algún modelo en especial.
 - c) Lo que hoy se conoce como "método científico" no es una lista de recetas que dan respuestas correctas a las preguntas científicas, sino es un conjunto de procedimientos por los cuales:
 - 1) se plantean los problemas científicos y,
 - 2) se ponen a prueba las hipótesis científicas- Y hay diferentes formas de llevarlos a cabo, en cierta forma se puede ser flexible y permitir que se busquen otras representaciones de pensar y generar conocimiento sin salirse del marco científico.
 - d) El hecho de que la ciencia es metodológicamente cerrada, no implica que existan únicos elementos para la transformación de un modelo; solo basta con verificar una hipótesis científica para asegurar la continuidad de un modelo teórico; este hecho no está en contra de generar nuevos escenarios experimentales siempre y cuando cumpla con el lenguaje de la ciencia.
 - e) La ciencia es una construcción, cimentada por medio de recopilación de conocimientos de hombres de ciencia que tuvieron la capacidad de analizar ideas que dieron origen a un principio, ley, o teoría. Se debe que cambiar los escenarios en ciencias

inspirados en ambientes de hechos singulares e irrepetibles que generan frustración en los que aprenden ciencias. La ciencias se debe enseñar mostrando que hubieron errores; “es de humanos equivocarse y de sabios corregirlo”, eso es ciencia una perfeccion de lo corregido.

Este trabajo hace participe el campo de la electrostática, en especial la ley fundamental de la electrostática, pero puede extenderse a otras áreas de la ciencias, acrecentando mejores resultados de los que se obtuvo en este trabajo. Las propuestas generados en el aula de clase (Véase ítem de este artículo que tiene por título experimentación creativa) están en fase de formación y tienen que ser modificadas hasta llegar por que no a un paradigma⁹ en la didáctica de la enseñanza de las ciencias.

El trabajo plantea una forma distinta aunque no nueva (Véase [13].) de trabajar los problemas teórico conceptuales y experimentales de la ciencias desde el punto de vista epistemológico; y da luces convincentes o por lo menos deja a flote problemas posibles soluciones; empezando a aminorar la pésima condición en que se encuentra las enseñanza de las ciencias y que es usualmente confundida con religión.

⁹Un paradigma científico es un logro científico universalmente reconocido, que durante cierto tiempo provee de modelos de problemas y modelos de soluciones a una comunidad científica, también es una filosofía, o cuando menos un conjunto de presuposiciones filosóficas adoptadas por una comunidad científica; también es enmarcada en tradición científica.[7]

Referencias

- [1] Bacon, Francis. *Novum Organon*, London, Macmillan, 1963, pag 96
- [2] Bunge, Mario. *Ciencia y desarrollo*, Buenos Aires, Siglo Veinte, 1982.1976, p. 414
- [3] Echevarría, José Rafael. *El criterio de falsabilidad en la epistemología de Karl Popper*, Guillermo del Toro Ed. Madrid, 1970., 1970, p. 35
- [4] Paul Feyerabend, *Contra el método*, Madrid, Tecnos, 1981.pag 75
- [5] Griffiths,J,David. *Introduction to Electrodynamics*,Reed.College.Chapter.2,pag 59
- [6] Heering Peter.Riess Falk. Sichan Christian.Reproducción de experimentos Históricos. Julio 2000. *Investigación y ciencia*. Madrid. España. (Versión Española Scientific American). Pag 63-68”.
- [7] Kunt.Thomas,La estructura de las revoluciones científicas, FCE, México, 1975, 2a.Reimp., ERC, p. 37
- [8] López Fernández Alvaro, (1995) “”Anticipación de la Naturaleza y giro copernicano: La naturaleza de la explicación científica en Bacon y Kant”, *Diálogos*, (Año XXX, Núm. 65) 1995, p. 55
- [9] Popper, Karl: «La ciencia normal y sus peligros», en *Crítica y conocimiento*, 1c. Ct.
- [10] Rojas Osorio carlos, *invitacion a la filosofía de la ciencia*, humacao 2001 cap 3 pag 40
- [11] Shamos Morris : Shamos Morris.*Great Experiment In Physics*. Ed. Holt, Rinehart and Winston. New Cork. January 1960. Pag 59 -71, 166-185
- [12] Serway And Jewett - *Physics For Scientists And Engineers 6e Section 23.3. Coulomb’s Law* pag 711
- [13] Wittgenstein, *Philosophical investigations*, Basil Blackwell, Oxford, 1953.Chapter.1,pag 25