



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y
Tecnología Avanzada**

**“APLICACIÓN DEL MODELO DE TOULMIN
PARA LA COMPRENSIÓN DEL CAMPO
ELÉCTRICO EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO
DE DOCTORADO EN CIENCIAS
EN FÍSICA EDUCATIVA

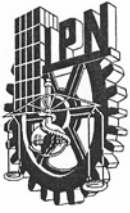
P R E S E N T A :
GEMA ALEJANDRA CARRETO
ARÁMBURO

Directores: Dr. César Eduardo Mora Ley

Dr. Daniel Sánchez Guzmán



México, D. F., Junio de 2016



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 10:00 horas del día 29 del mes de septiembre del 2015 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICATA-Legaria para examinar la tesis titulada:
"Aplicación del modelo de Toulmin para la compresión del campo eléctrico en estudiantes de Ingeniería"

Presentada por el alumno:

Carreto
Apellido paterno

Arámbulo
Apellido materno

Gema Alejandra
Nombre(s)

Con registro:

A	0	8	0	6	7	5
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Doctorado en Ciencias en Física Educativa

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

Dr. César Eduardo Mora Ley

Dr. Daniel Sánchez Guzmán

Dr. Ricardo García Salcedo

Dr. Mario Humberto Ramírez Díaz

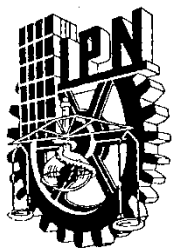
Dr. Apolo Castañeda Alonso

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dra. Monica Rosalía Jaime Fonseca



SEP
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA
APLICADA Y TECNOLOGÍA AVANZADA
CICATA - LEGARIA



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, D.F. el día 20 del mes de febrero del año 2015, el (la) que suscribe Gema Alejandra Carreto Arámburo alumna del Programa de Doctorado en Ciencias en Física Educativa, con número de registro B061483, adscrita al **Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Legaria**, manifiesta que es la autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de los doctores **César Eduardo Mora Ley** y **Daniel Sánchez Guzmán** cede los derechos del trabajo titulado “Aplicación del modelo de Toulmin para la comprensión del campo eléctrico en estudiantes de ingeniería”, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso de la autora y/o directores del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones gemius745@hotmail.com y ceml36@gmail.com, dsanchezg@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Gema Alejandra Carreto Arámburo
Nombre y firma del alumno(a)

RESUMEN

Dentro de la presente tesis se presenta una propuesta metodológica con el fin de aportar nuevas estrategias que permitan la adquisición de conocimientos significativos del concepto de campo eléctrico en los cursos de Física que se imparten en las carreras de la Facultad de Ingeniería química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

La propuesta presentada está integrada por un marco teórico que abarca tanto las referencias epistemológicas como los avances actuales del concepto de campo eléctrico, así como de diferentes referentes sobre los procesos mentales que siguen los estudiantes para apropiarse del concepto, también se presenta de manera detallada lo que es y en que consiste el núcleo de la propuesta: la aplicación del modelo de Toulmin en la enseñanza aprendizaje del concepto de campo eléctrico.

Se presenta también una descripción de la población con la cual se aplicó la propuesta metodológica, dentro de esta se explica el contexto en que se encuentran los estudiantes y las necesidades que estos tienen de aplicar el concepto de campo eléctrico en su área de especialidad.

Se hace una delineación detallada de la propuesta metodológica, la cual se aplicó entre los años 2012 y 2014, estableciendo las condiciones en las cuales se llevó a cabo, incluyendo estas un pre-test y un post-test para determinar el nivel de ganancia en términos de aprendizaje que se obtuvo.

Se presentan los resultados de apropiación de conceptos como Las ideas sobre la relación entre cargas eléctricas y campo eléctrico, ideas sobre líneas, dirección e intensidad de campo eléctrico.

Por último se presentan las conclusiones a las cuales se llegó a partir de la aplicación de la propuesta metodológica y se presentan como anexos los materiales que sirvieron para la aplicación de la misma.

ABSTRACT

The current work presents a methodological proposal in order to contribute to new strategies for the acquisition of significant knowledge about the concept of electric field given in the Physics lessons of the careers of the Faculty of Chemical Engineering in the Benemérita Universidad Autónoma of Puebla.

This proposal consists in a theoretical framework that includes both epistemological references as well as developments of the concept of electric field, also introduces different references about mental processes used by students to appropriate the concept. Besides, this investigation presents a detail explanation of what it is the core of the proposal (the application of Toulmin's model in the learning of the concept of the electric field) and how it is formulated.

Additionally, this work introduces a description of the population with which the methodology was applied. The proposal explains the context of the students and the necessity of them to use the concept of electric field in their area of speciality.

This investigation shows a detailed delineation of the methodology, which was implemented between 2012 and 2014. This research explains the conditions under which it was conducted this proposal and also contains a pretest and a posttest that helped to determine the level of profit in terms of learning obtained.

This work reports the results of the appropriation of concepts like ideas about the relationship between electric charges and the electric field, the concepts about lines, direction and intensity of the electric field.

Finally, this paper presents conclusions of the investigation achieved from the application of the methodology and it incorporates appendixes that include the materials that were used to implement the methodology.

**DEDICADA A ERENDIRA: MI HIJA
HERMOSA Y AZOTE DE MIS DESIDIAS**

AGRADECIMIENTOS:

Mi eterna gratitud a todas aquellas personas que contribuyeron a lograr este trabajo, así como a las Instituciones que me permitieron elaborar el mismo.

Al Instituto Politécnico Nacional y al Centro De Investigaciones En Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada en donde llevé a cabo los estudios de Doctorado, por haberme recibido y darme la oportunidad de recibir los conocimientos que me permitieron llegar hasta aquí.

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, mi centro de trabajo y en donde pude aplicar todos los conocimientos que adquirí dentro del doctorado.

A mi asesor el Dr. César Mora Ley por toda su valiosa ayuda, paciencia y tenacidad para no permitir que dejara a medio camino estos estudios, por haberme invitado a participar en este doctorado y por motivarme e invitarme siempre a seguir adelante.

A mi co-asesor Dr. Daniel Sánchez Guzmán que tuvo la paciencia y el tiempo para indicarme mis errores y aportarme grandes ideas en la elaboración de este trabajo.

A mi familia por todo el apoyo que siempre he tenido de ustedes en las buenas y en las malas, por estar conmigo y hacerme sentir importante: Abigail, Carmen, Cuauhtémoc, Gerardo, Guillermo.

A mis Padres por haberme dado vida y darme todos los estudios que necesite para llegar a ser independiente: Graciela y Simón.

A mis hijos Guillermo y Eréndira luces de mi vida y motor de mi existencia.

A mis compañeros y compañeras tanto de trabajo como de estudio, por motivarme a seguir adelante, gracias por tantos momentos agradables e inolvidables, sobremesas de intercambio tanto académico como personal Álvaro, Norma, Araceli, Lety, Pily, Jaime, Mario, Manuel.

Durante todo el trabajo que lleve a cabo siempre estuviste tú, animándome, regañándome, insistiendo, acompañando, pero sobre todo queriéndome y demostrándomelo, gracias Ere.

El tiempo es el guardián del aprendizaje. Nuestra mentalidad atada al tiempo nos ha engañado

Haciéndonos creer que las escuelas pueden educar a toda la gente todo el tiempo en un año escolar de 180 días de seis horas...Si la experiencia, la investigación y el sentido común no nos enseñan otra cosa, se confirma la obvia verdad de que la gente aprende en diferentes grados, de diferentes maneras, en diferentes materias. Pero hemos puesto la carreta delante de los caballos: nuestras escuelas...son cautivas del reloj y del calendario.

Los límites del crecimiento de los estudiantes están definidos por programas...en lugar de estándares para los estudiantes y para el aprendizaje.

National Commission on Time and Learning.

ÍNDICE

INTRODUCCION -----	1
ORGANIZACIÓN DE LA TESIS -----	7
CAPITULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA -----	10
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.-----	10
1.2 JUSTIFICACIÓN.-----	11
1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.-----	13
1.4 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN. -----	15
1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.-----	16
CAPITULO 2. ANTECEDENTES TEORICOS -----	17
2.1 EL CONCEPTO DE CAMPO ELÉCTRICO EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA A NIVEL DE INGENIERÍA Y SU COMPRENSIÓN.-----	17
2.3 MODELOS MENTALES.-----	24
2.4 CONCEPCIONES ALTERNATIVAS.-----	27
2.5 ARGUMENTACIÓN DE TOULMIN.-----	33
CAPITULO 3. METODOLOGÍA -----	52
3.1 METODOLOGÍA APLICADA ACORDE AL TIPO DE INVESTIGACIÓN LLEVADA A CABO.-----	52
3.2 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA POBLACIÓN.-----	52
3.3 MÉTODO Y RECOLECCIÓN DE DATOS.-----	53
3.4 METODOLOGÍA DE LA INSTRUCCIÓN.-----	55
3.5 EL MODELO DE TOULMIN EN EL APRENDIZAJE DE CARGAS ELÉCTRICAS Y SU RELACIÓN CON EL CAMPO ELÉCTRICO.-----	56
3.6 EL MODELO DE TOULMIN EN EL APRENDIZAJE DE LAS LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO SU DIRECCIÓN E INTENSIDAD.-----	57
3.7 SECUENCIA DE LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE.-----	58
3.8 LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE EN LOS GRUPOS DE ESTUDIO.-----	60
CAPITULO 4. INTERPRETACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS -----	64
4.1 INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS.-----	64
4.2 IDEAS SOBRE LA RELACIÓN ENTRE CARGAS ELÉCTRICAS Y CAMPO ELÉCTRICO.-----	64
4.3 IDEAS SOBRE LÍNEAS, DIRECCIÓN E INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO.-----	66
4.4 RESULTADOS DEL POST-TEST.-----	67
4.5 GANANCIA NORMALIZADA.-----	73
CAPITULO 5. CONCLUSIONES -----	75
<i>BIBLIOGRAFIA</i> -----	78
<i>ANEXO 1. ANTECEDENTES DEL CONCEPTO DE CAMPO ELÉCTRICO.</i> -----	<i>I</i>
<i>ANEXO 2 CUESTIONARIO APLICADO EN LA INVESTIGACIÓN.</i> -----	<i>V</i>
<i>ANEXO 3 PRÁCTICA DE LABORATORIO, APLICADA EN LA INVESTIGACIÓN.</i> -----	<i>X</i>

INTRODUCCION

La actual tendencia educativa en todos los niveles ha sido fuertemente influenciada por un sin número de investigaciones referentes al proceso educativo, mismo que ha evolucionado gradualmente y por lo mismo ha generado a su vez varias áreas de investigación tendientes a mejorar este proceso, y de esta manera lograr que la transmisión de conocimientos por parte del docente y su adquisición por parte del alumno, sea de tal manera, que permita un aprendizaje significativo y duradero y no sólo como un simple sistema de transmisión de información unidireccional.

Términos como *“El aprendizaje a lo largo de toda la vida”*, se han puesto en la cúspide del proceso educativo y tienen implicaciones profundas en la manera de enseñar y en la manera de aprender, ya que significan que se ha pasado de tener como punto focal en las aulas a la enseñanza, para privilegiar el aprendizaje, lo cual significa que dentro del salón de clases y aún fuera de él se necesita que un alumno o estudiante transforme los conocimientos que adquiere de tal manera que los pueda utilizar y aplicar en diferentes contextos, que dichos conocimientos no solo los adquiera para pasar un examen o una asignatura sino que permanezcan con él toda la vida, para esto es necesario que los estudiantes no solo se enfoquen o prioricen la memorización de conocimientos, también se necesita que entiendan lo que aprenden y algo muy importante que aprendan como aprenden, de tal manera que esa apropiación de conocimientos sea de manera significativa (Ausbel, 1989 lo define como la integración de conocimientos previos que posee un estudiante con los conocimientos nuevos que adquiere ,y duradera).

Existen diferentes taxonomías para clasificar las estrategias de enseñanza aprendizaje que se han desarrollado a través del tiempo para mejorar el proceso educativo, dentro de estas taxonomías encontramos una que se enfoca principalmente en los siguientes procesos: las estrategias centradas en la docencia; las estrategias centradas en el estudiante; las estrategias centradas en el proceso; y existen estrategias centradas en el conocimiento mismo que se desea transmitir.

En la transmisión de conceptos científicos la utilización de estrategias adecuadas y acordes con el método científico se hace indispensable y la mayoría de las estrategias se pueden aplicar en materias como química, física y matemáticas dando buenos resultados e índices de ganancia aceptables en cuestiones cognitivas.

En la disciplina de Física se ha dado un avance gradual en la aplicación de estrategias de enseñanza y aprendizaje, esto dependiendo del desarrollo evolutivo de las mismas y de su pertinencia en la materia.

Por otro lado dentro de la enseñanza de la física los temas que corresponden a la misma se han ido integrando también de manera paulatina y gradual a través del desarrollo conceptual de los mismos.

Si bien los programas que se estructuran difieren de acuerdo a la región, el país y la universidad donde se imparte la materia e incluso dependiendo del área específica de estudio de que se trate, de manera general se puede decir que en los primeros cursos universitarios los programas contienen por regla general temas referentes a la física clásica o newtoniana y la física moderna.

Conceptos elementales como partículas, ondas y campos deben ser transmitidos y comprendidos de manera que conceptos más abstractos y complejos sean adquiridos. La enseñanza de estos conceptos debe ser de tal manera que permita a los estudiantes comprender interacciones existentes en la naturaleza y que como se sabe van mucho más allá de la simple observación del mundo natural.

El concepto de campo es indispensable para entender fenómenos tanto en la física clásica como en la moderna ya que gracias a su comprensión se hace posible entender nociones como el electromagnetismo, la gravedad, las interacciones a distancia, y como menciona Feynman (1985) sirve para entender y elaborar modelos que permitan describir la unificación de las fuerzas básicas de la naturaleza. El concepto de campo también permite que los estudiantes comprendan las cualidades físicas de los puntos del tiempo y del espacio (Einstein, 1995; Pauli, 1996).

En el siglo XVIII Laplace y Poisson, (Llacanqueo, 2006), desarrollaron una teoría gravitacional basada en el concepto de campo gravitacional, pero esta teoría era más útil como una herramienta matemática que como base para entender otros conceptos físicos.

Para el siglo XIX el concepto de campo se utiliza para entender fenómenos como el electromagnetismo y se puede decir que es Faraday (1832, 1851) quien a partir de los estudios realizados por Ampere y Oersted (Reyes y Vargas, 2010) se propone llevar a cabo los experimentos que estos llevaron a cabo con el fin de comprender y explicar este fenómeno. A partir de dichos experimentos propone el concepto de *líneas de fuerza* para fundamentar su concepto de campo magnético. Para Faraday las líneas de fuerza son la unión de una cantidad infinita de puntos en el espacio, los cuales definen la trayectoria de diferentes fenómenos electromagnéticos. Para Faraday estas líneas de fuerza se encuentran

tangencialmente posicionadas con respecto a la dirección de la fuerza magnética en un punto dado (Faraday, M., 1832, pág. 425). Con estas interpretaciones Faraday reconoce de manera indirecta propiedades físicas que se encuentran en el medio y a esas líneas de fuerza les da el nombre de campo magnético, esto conlleva que las características que tienen las líneas de fuerza tienen que ser por lo tanto las mismas que definen al campo. Faraday (1851) deduce que sí las líneas de fuerza tienen una existencia física entonces el campo magnético al cual representan también tiene una presencia física independientemente de la existencia de un cuerpo adicional. También deduce que las líneas de fuerza además de tener direcciones específicas, también pueden manifestar la naturaleza de fenómenos magnéticos y eléctricos.

A través de experimentar con limaduras de hierro, Faraday interpreta las direcciones de las líneas de fuerza relacionadas con imanes y corrientes eléctricas (Faraday, M. 1851).

Es esta interpretación de las líneas de fuerza la que desde entonces se utiliza para la comprensión y enseñanza de la atracción y repulsión que existe entre cargas eléctricas. Y es uno de los grandes descubrimientos que aportó Faraday a la ciencia, ya que permitió eliminar la concepción newtoniana que establecía que los fenómenos de atracción gravitacional se deben a una acción a distancia sin importar las propiedades físicas del medio que existe entre los cuerpos materiales, los experimentos de Faraday permiten tomar en cuenta las propiedades físicas del medio que existe entre cuerpos materiales o superficies con carga eléctrica.

Es por esto que uno de los grandes aportes que hace Faraday es el de contextualizar e interpretar adecuadamente el concepto de *campo*, otorgándole un significado y representación física. También con estos experimentos y con los llevados a cabo por Oersted se logró diferenciar por primera vez los fenómenos eléctricos de los magnéticos.

Es así como el concepto de campo eléctrico entendido hasta entonces como un fluido que generaba una atmosfera alrededor de un cuerpo electrizado se modificó Gilbert, Guericke, Gamov, Franklin (citados por Reyes y Vargas, 2010) .

Con base a los experimentos llevados a cabo por Faraday y Gauss, James Clerk Maxwell (2005), trato de darle una interpretación matemática al concepto de campo y líneas de fuerza, de tal manera que estructura el concepto de campo eléctrico tomando en consideración las condiciones de un cuerpo en aislamiento, para no centrar su atención solamente en las condiciones de la conducción interior y a la superficie exterior, esto lo lleva a tomar en cuenta las restricciones que existen en un medio aislado, con lo cual descubre que existe igual cantidad de electrificación pero en sentido opuesto.

Maxwell utiliza la misma definición para el campo eléctrico que utilizo Faraday de un medio dieléctrico siendo este un medio de aislamiento donde se retiene la carga en la superficie del cuerpo electrizado, de esta manera delimita a una parte del espacio utilizando un cascaron hueco donde coloca un cuerpo electrificado en un medio dieléctrico y esto le permite explicar cómo el *campo eléctrico*, representa aquella región del espacio donde tienen lugar los fenómenos eléctricos y se pueden observar. También definió el concepto de líneas de fuerza como representación del campo eléctrico entre cuerpos electrificados, esto lo hizo estableciendo que si la dirección de la *fem* (fuerza electromotriz), en varios puntos del campo coincide con la fuerza eléctrica, entonces su dirección estará representada por una línea de fuerza, lo cual utiliza también Maxwell para establecer la relación que existe entre líneas de fuerza y superficies equipotenciales al determinar que la fuerza eléctrica es perpendicular a las superficies equipotenciales por lo que las líneas de fuerza deben cortar a las superficies equipotenciales de tal manera que se forme un ángulo recto entre las dos.

Es por esto que se hace necesario que el concepto de campo sea bien comprendido por parte de los estudiantes, ya que de la adecuada comprensión del mismo se pueden deducir fenómenos tanto eléctricos como electromagnéticos que hacen posible la vida diaria.

Pero a través de los años se ha constatado que en el proceso educativo se ha tenido serias deficiencias en la comprensión del concepto de campo eléctrico (Eylon y Ganie1,1990; Vienot y Rainson, 1992), (Gil y Carrascosa,1985; Galili, 1995), (Llancaqueo, Caballero y Moreira, 2003), (Furio y Guisasola, 1998a; 1998b; Furio y Guisasola, 2001; Martín y Solbes, 2001), debido a diferentes motivos que van desde las concepciones alternativas que poseen los estudiantes del concepto, hasta las mismas concepciones erróneas que poseen del mismo los profesores que son encargados de enseñar este concepto.

Organización de la Tesis

Es así que en el presente trabajo se presenta en el capítulo 1, el planteamiento del problema de la correcta conceptualización de campo eléctrico, iniciando con los objetivos que se plantean cubrir en la presente investigación tanto generales como específicos encaminados a desarrollar una comprensión adecuada del concepto de campo eléctrico a través de una metodología que sirva también para que la adquisición de este concepto sea a largo plazo en los estudiantes de tal manera que les permita aplicarlo a contextos específicos.

También en este capítulo se plantea la pregunta de investigación referida a obtener una ganancia de aprendizaje en términos de la utilización del Modelo de Toulmin como herramienta de enseñanza y aprendizaje para comprender significativamente el concepto de campo eléctrico. Además se plantean preguntas que permitirán hacer un análisis epistemológico, tanto del desarrollo evolutivo que ha tenido a lo largo de la historia el concepto, así como, las dificultades por parte de los estudiantes para comprender el concepto. Por último en este capítulo se presenta la justificación que hace posible la investigación presente y que al mismo tiempo expone los beneficios que la misma aporta tanto a la enseñanza como al aprendizaje.

En el capítulo 2 en primer lugar se encuentra la evolución histórica que ha tenido el concepto de campo eléctrico y como esto ha tenido una repercusión importante cuando el concepto es tratado en el proceso educativo, también se abordan los diferentes estudios que se han llevado a cabo en cuanto a la enseñanza de la física y en específico referente a la enseñanza y el aprendizaje de este concepto, haciendo referencia a los problemas que se han encontrado en rubros como las estrategias de enseñanza, las dificultades en el aprendizaje, las concepciones y el razonamiento y las representaciones mentales que desarrollan los

estudiantes para comprender lo que sus maestros tratan de enseñarles. Este último tema es estudiado a profundidad ya que es la base de la cual se parte en la presente investigación para hacer una propuesta de mejora en la comprensión del concepto de campo eléctrico. También se profundiza en el tema de concepciones alternativas, tema de gran importancia a la hora de hacer una investigación educativa ya que el mismo nos da una pauta para saber cuáles y de qué tipo son estas y cómo influyen cuando un estudiante trata de adquirir un conocimiento.

Por ultimo en este capítulo se hace una presentación y análisis del modelo argumentativo de Toulmin, herramienta principal utilizada en la presente investigación como propuesta de mejora en la comprensión del concepto de campo eléctrico. Es así que se presenta en primer lugar en que consiste una argumentación y cuáles son sus elementos, a continuación se presenta la argumentación de Toulmin haciendo referencia a cada una de sus características, haciendo una presentación de las mismas y aportando algunas especificaciones por parte de la autora de la presente investigación en aras de una mejor comprensión del modelo y de su utilización.

En el capítulo 3 se presenta una descripción de la metodología utilizada para la investigación, integrando tanto el enfoque con el cual se trabajó, así como, la contextualización de la población, el método y la recolección de datos, una descripción del test y el postes que se aplicó para la verificación de la ganancia obtenida en términos de aprendizaje. También se describe la aplicación del Modelo de Toulmin en el aprendizaje de cargas eléctricas, en el aprendizaje de líneas de campo eléctrico y su dirección, así como la secuencia de enseñanza aprendizaje que se tiene en la facultad donde se aplicó la metodología. Por ultimo en este capítulo se hace una descripción de cómo se llevó a cabo el

proceso de enseñanza-aprendizaje tanto en el grupo experimental como en el grupo de control.

En el capítulo 4 se presenta la interpretación y análisis de los datos obtenidos con la aplicación del Modelo de Toulmin como herramienta de enseñanza-aprendizaje, haciendo una interpretación de los resultados con respecto a:

- Las ideas sobre la relación entre cargas eléctricas y campo eléctrico.
- Ideas sobre líneas, dirección e intensidad de campo eléctrico.
- Resultados del Post-test.
- Ganancia normalizada.

En el capítulo 5 se presentan las conclusiones que se desprenden del trabajo llevado a cabo en esta investigación, así como algunas sugerencias para posteriores aplicaciones del modelo. También se incluye como anexo el test que se aplicó a los estudiantes.

CAPITULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

La materia de Física que se imparte en los cuatrimestres 2, 3 y 4 de las carreras de Ingeniería Química; Ingeniería Ambiental, Ingeniería en Alimentos e Ingeniería en Materiales, dentro de la Facultad de Ingeniería Química de la Benemérita Universidad, incluye dentro de su programa el concepto de campo eléctrico. Este concepto es importante para la aplicación de diferentes procesos químicos ya que implica su utilización para llevar a cabo estos, sin embargo, se han detectado problemas en la comprensión y utilización del mismo, ya que como mencionan Reyes R, Vargas (2010), Alzugaray de la Iglesia (2009), Llancaqueo O., Caballero C., Moreira M.A. (2003), Furió y Guisasola (2001), Cano J., Cely I. (2009), son diferentes las dificultades que se han encontrado en los estudiantes para desarrollar una comprensión conceptual del término. Entre las dificultades que se han detectado podemos mencionar entre otras a la gran problemática que se tiene de aplicar este concepto en contextos reales, los deficientes conocimientos que tienen los estudiantes con las matemáticas que se necesitan aplicar para la comprensión del campo eléctrico, la dificultad tanto de comprender como de esquematizar gráficamente el concepto, el problema de alcanzar el nivel de abstracción necesaria para comprender el concepto, las ideas previas erróneas y arraigadas que ya poseen los estudiantes acerca del campo eléctrico. Sin embargo como menciona Furió y Guisasola (2010), sería muy sorprendente atribuir solamente a estas dificultades el pobre entendimiento de los estudiantes acerca de este concepto, y los docentes tendríamos que plantearnos preguntas como: ¿qué tipo de enseñanza impartimos para que la mayoría de los estudiantes sea incapaz de aprender de forma significativa el concepto de campo eléctrico?

Es así que se hace necesario buscar e implementar metodologías que permitan dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje una comprensión óptima del concepto de campo eléctrico, esto a partir de saber cuáles han sido las dificultades que han surgido a través de la historia en el desarrollo epistemológico del término, ya que como se sabe, la evolución del concepto ha pasado por varias etapas, y esto ha impactado en la comprensión adecuada del concepto incluso en los maestros que imparten la materia y de las dificultades que arriba se mencionan, con el fin aportar datos fidedignos que permitan utilizar los recursos necesarios dentro del aula de clases y en el laboratorio que coadyuven al entendimiento conceptual del concepto de campo eléctrico.

1.2 Justificación.

Tanto las investigaciones aquí presentadas, como la complejidad y extensión que tiene el concepto de campo, demuestran la necesidad por conocer metodologías adecuadas en la enseñanza de la física que permitan un mejor proceso de cognición, las cuales a su vez conduzcan a una apropiación del concepto de tal manera que este sea el más idóneo y exacto para su comprensión y aplicación.

Dicha metodología permitirá identificar los elementos que facilitan u obstaculizan el aprendizaje de tal manera que se satisfagan tanto las demandas de conocimientos previos para acceder a otros conceptos que involucran el de campo eléctrico como las demandas que pide el currículo.

Para lograr lo anterior se hace necesario obtener datos del proceso de aprendizaje del concepto de campo eléctrico y utilizar un referencial teórico-práctico que permita abordar los

vínculos entre la estructura formal del conocimiento del concepto y las estructuras tanto mentales como conceptuales de los estudiantes.

La investigación dará referentes tanto teóricos como prácticos para coadyuvar en las investigaciones educativas de la enseñanza de la Física, de tal manera que se incrementen los niveles de comprensión y adhesión significativa del concepto de campo eléctrico, con lo cual los estudiantes dispondrán de una herramienta valiosa para la conceptualización de temas que se fundamentan en este concepto y que son importantes en el ejercicio de la profesión.

Es también importante mencionar que con los resultados obtenidos en la presente investigación se comprueba la eficacia de la aplicación del Modelo de Toulmin para la comprensión de un concepto básico como es el de campo, pero tan difícil de manejar por los estudiantes.

Ofrece también la relación que existe entre este modelo y otros modelos de enseñanza aprendizaje y como en conjunto con estos aporta mayores niveles de comprensión, así también demuestra las relaciones que llevan a cabo los estudiantes entre el concepto de campo y otros conceptos de la física.

1.3 Pregunta de Investigación

Se ha llevado a cabo para este trabajo tanto una revisión bibliográfica, y un estudio detallado de la situación que nos permitirá abordar este tema desde un nuevo ángulo, de tal manera que se pueda contribuir con aportaciones nuevas para incrementar el nivel de comprensión y aplicación del concepto por parte de los estudiantes. Los referentes teóricos y experimentales aunque han sido aplicados con anterioridad, es la primera vez que son empleados en este fenómeno básico en la física, de tal manera que se espera hacer una contribución a la investigación educativa en la enseñanza de la Física.

“¿Qué impacto y cuanta ganancia en términos de: enseñanza-aprendizaje, comprensión y cognición tendrá la aplicación del Modelo Argumentativo de Toulmin con respecto al concepto de Campo Eléctrico en la materia de Física de Facultad de Ingeniería Química de la BUAP?”

Aun cuando la pregunta está acotada de manera explícita se hace necesario el establecer algunas preguntas secundarias que permitan generar una investigación profunda y correcta del problema planteado.

1. ¿Cuáles han sido los problemas epistemológicos que han surgido a través de la historia del desarrollo del concepto de campo eléctrico y que han contribuido a una deficiente comprensión y apropiación del mismo por parte de los estudiantes?
2. ¿Qué tipo de representaciones mentales abstractas necesitan construir los estudiantes para tener una comprensión y apropiación idónea del concepto de campo eléctrico?

3. ¿Qué tipos de metodologías de enseñanza-aprendizaje serán las más indicadas para aplicar la teoría del Modelo Argumentativo de Toulmin y cuál será la ganancia en términos de aprendizaje-enseñanza de la aplicación del Modelo Argumentativo de Toulmin de tal manera que se genere una comprensión y apropiación significativa del concepto de Campo eléctrico en los estudiantes que cursan la materia de Física, en la Facultad de Ingeniería Química de la BUAP.?

1.4 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

En la presente investigación se pretende apoyar con los resultados obtenidos las siguientes hipótesis:

H1: Los problemas epistemológicos que han surgido a través de la historia del desarrollo del concepto de campo eléctrico han impactado de manera negativa la comprensión del término por parte de los estudiantes que cursan la materia de física.

H2: El desarrollo de representaciones metales adecuadas por parte de los estudiantes de que estudian el curso de física, hará posible una comprensión adecuada del concepto de campo eléctrico.

H3: La aplicación de una metodología que incluya en su desarrollo el Modelo Argumentativo de Toulmin permitirá obtener ganancias en términos de aprendizaje de los alumnos que cursan la materia de física den la Facultad de Ingeniería Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

1.1 Objetivos de la Investigación

OBJETIVO GENERAL:

Incrementar el nivel de comprensión, apropiación significativa y aplicación del concepto de campo eléctrico a través de la aplicación de la Teoría del Modelo Argumentativo de Toulmin en el proceso de enseñanza-aprendizaje que se da a los estudiantes de cursos básicos de Física en el tema de campo eléctrico, de la Facultad de Ingeniería Química de la BUAP.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Adaptar una estrategia adecuada para utilizar la Teoría del Modelo Argumentativo de Toulmin en el proceso de aprendizaje-enseñanza con el fin de una comprensión idónea del concepto de campo eléctrico.
2. La adaptación de la estrategia será útil para mejorar la comprensión conceptual de los estudiantes a nivel ingeniería del concepto de campo eléctrico a través de la aplicación del Modelo Argumentativo de Toulmin.
3. Comparar los resultados de la aplicación de un pre-test y un post-test, para medir cuantitativamente a través de la ganancia obtenida en aprendizaje significativo por parte de los estudiantes con respecto al concepto de campo eléctrico en los cursos básicos de física de la FIQ. de la BUAP.

CAPITULO 2

ANTECEDENTES TEORICOS

2.1 El Concepto de Campo Eléctrico en la enseñanza de la Física a nivel de ingeniería y su comprensión.

La bibliografía utilizada para la enseñanza del concepto de campo eléctrico en los cursos de física a nivel bachillerato, tecnológico, ingeniería, etc. (Serway, 2009; Tipler, 2007; Sears, et al., 2009; Resnick, Halliday y Krane, 2009; Chang, 1999), se centran principalmente en los tópicos acerca de: *concepto o definición de campo eléctrico, distribución de campo eléctrico, líneas de campo eléctrico, movimiento de partículas cargadas en un campo eléctrico, campos que varían con el tiempo, dipolos eléctricos, etc.*

Es necesario que se tengan conocimientos previos en temas como: *carga eléctrica, fuerza eléctrica, ley de Coulomb, principio de conservación de la carga, materiales conductores, aislantes y semiconductores, entre otros conocimientos.*

El concepto de campo está presente como ya se ha visto tanto en la física clásica como en la relativista y es por esta razón que es un tema clave en la enseñanza de la física, ya que el solo termino *concepto* puede implicar una situación, un objeto, un individuo o un evento, además incluye información acerca de la definición del mismo en relación con otros conceptos, las instancias de la clase a la cual pertenece y también incluye información procedente de la percepción, de la vivencia de experiencias, de las inferencias realizadas (Rodríguez, 1999: 25). En el anexo 1, se pueden consultar los antecedentes históricos del concepto de campo eléctrico.

Por otra parte, dentro de estudio de la psicología constructivista una cuestión importante en el estudio de representaciones son los esquemas mentales, los cuales forman las unidades básicas del funcionamiento psicológico, (Llancaqueo, Caballero y Moreira, 2003a y Llancaqueo, Caballero y Moreira, 2003b).

En las investigaciones sobre el aprendizaje en ciencias se ha determinado la gran importancia que tiene el determinar claramente cuál es el proceso que siguen los estudiantes para construir los conceptos científicos, con qué tipo de representaciones los construyen, que procesos cognitivos llevan a cabo y cuál es el desarrollo del como asimilan y comprenden sus significados.

Pozo (1999) y Moreira (2000), estiman que conocer lo anteriormente mencionado permite reconocer los cambios cognitivos o de desarrollo conceptual como una construcción y discriminación de significados, de tal manera, que se pueda diseñar los modelos de enseñanza que permitan un mejor aprendizaje del conocimiento científico.

Alfonso Llancaqueo, M^a Concesa Caballero y Marco Antonio Moreira (2003), llevaron a cabo una recopilación sobre las diferentes investigaciones que se han llevado a cabo en la enseñanza del concepto de campo eléctrico, dichos estudios se basan principalmente en la física clásica.

La investigación hace énfasis en estudios realizados con estudiantes del nivel secundaria y de los primeros cursos universitarios, estos autores establecieron una diversidad de características y tendencias que se agrupan en cuatro categorías: Estrategias de Enseñanza, Dificultades de aprendizaje, Representaciones mentales, Concepciones y Razonamiento.

Estrategias de enseñanza. En este contexto se han llevado a cabo investigaciones que apuntan a modelos de enseñanza aprendizaje como una investigación dirigida (Furió y Guisasola, 2001; Martín y Solbes, 2001). Entre las principales causas de la escasa comprensión del concepto de campo eléctrico en los estudiantes a través de las estrategias de enseñanza se encuentran:

a) La dificultad que se tiene para hacer una introducción al estudio del campo de manera cualitativa, debido a que se requiere un nivel de abstracción complejo.

b) También el hecho de no poder relacionar el concepto de campo eléctrico con alguna experiencia que los estudiantes tengan en su vida cotidiana.

c) Existe una gran probabilidad de desorientar a los estudiantes al no clarificar los conceptos relacionados con este término, las relaciones que existen entre ellos, sus diferencias y ámbitos de aplicación, por ejemplo casi nunca se establecen las relaciones, diferencias y aplicaciones que existen entre campo y fuerza o entre campo y energía (Solbes y Martín, 1991; Martín y Solbes, 1999; Martín, 1999).

Dificultades de Aprendizaje. Es conocido que a través de la historia y avance del estudio de los fenómenos eléctricos se han tenido que solventar dificultades para entender conceptos como el de campo eléctrico y en general sobre conceptos de electricidad, esta serie de dificultades ontológicas y epistemológicas que la comunidad científica tuvo que afrontar para construir una teoría eléctrica, también son las mismas dificultades que afrontan muchas veces los estudiantes para comprender dichos conceptos (Furió, Guisasola y Zubimendi, 1998). Por otra parte, las dificultades de aprendizaje, también se pueden deber a las concepciones alternativas que los estudiantes sobre mecánica (Galili, 1995). Estas investigaciones han llevado a concluir que solo una minoría de estudiantes utilizan de

manera significativa el concepto de campo eléctrico ya que la mayoría no es capaz de establecer diferencias conceptuales entre fuerza y campo eléctrico (Furió y Gisasola, 1998) (Llancaqueo, Concesa y Moreira, 2003), (Nava, Arrieta y Flores, 2008), (Sandoval y Mora, 2009).

A su vez (Mc. Dermott, 1993; Driver, 1989; Viennot, 1996), mencionan que una de las mayores dificultades de los estudiantes en el aprendizaje de la física, reside en el aprendizaje significativo de conceptos.

Un estudio sobre las dificultades que tienen los estudiantes con fenómenos básicos de electrostática nos pueden llevar a determinar las razones de posibles concepciones alternativas.

Diferentes estudios han permitido llegar a la conclusión de que los estudiantes tienen serias dificultades para aplicar el perfil newtoniano, en la interpretación de algunos problemas, en concreto ante algunos fenómenos como la inducción eléctrica y la polarización de la materia (Furió y Gisasola, 1997, 2001, 2003) (Sánchez Campos, 2003),

Se hace necesario mencionar que realmente existen pocos estudios en el área de didáctica que hablen acerca de las dificultades que tienen los estudiantes para interpretar los fenómenos de aspecto electrostático, como por ejemplo: la electrización por frotamiento; la atracción de trocitos de papel por un cuerpo cargado; etc. y esto es de fundamental valor cuando estos estudiantes requieren comprender un concepto como campo eléctrico.

Concepciones y Razonamiento. Una gran cantidad de docentes que imparten cursos básicos de física en los primeros años de la instrucción superior han detectado serias dificultades en los estudiantes para comprender el concepto de campo eléctrico, esto es

debido principalmente al nivel de abstracción que se requiere para una comprensión clara del concepto.

Las concepciones y razonamientos erróneos por parte de los estudiantes en niveles básicos de universidad han mostrado que los estudiantes presentan sujeciones funcionales derivadas de informaciones recibidas a lo largo de la instrucción. Cuando los estudiantes interpretan las interacciones electrostáticas, utilizan preferentemente el perfil conceptual Coulombiano (Furió y Guisasola, 1998a; Furió y Guisasola, 1998b).

Estos mismos autores hacen referencia a que la mayoría de las interpretaciones de los estudiantes a los fenómenos de concepción y razonamiento presentan ideas sobre la naturaleza eléctrica de la materia que difiere de la teoría newtoniana y recuerdan a modelos explicativos pre-newtonianos.

Se puede concluir con base a lo anterior a que el razonamiento y conceptualización de los estudiantes con respecto al concepto de campo eléctrico se debe principalmente a la conceptualización pre-newtoniana que hacen estos del mismo. Como se ha visto antes, esto se hace más evidente cuando los estudiantes son enfrentados a situaciones reales problemáticas que requieren de ellos una aplicación del concepto muy bien definida.

Esto también puede llevar a concluir que existen saltos cualitativos entre perfiles conceptuales que se han presentado en la construcción del conocimiento científico (Saltiel y Viennot, 1985; Gagliardi, 1988; Nersessian, 1989; Matthews, 1990; Hodson, 1992; Wandersee, 1992; Furió y Guisasola, 1993; Duschl, 1994; Solbes y Traver, 1996; Seroglou, Panagiotis y Vassilis, 1998).

Representaciones mentales. De acuerdo a todo lo anteriormente mencionado y la clasificación que se hace de los diferentes problemas que existen en la enseñanza de la física y en concreto en la enseñanza-aprendizaje del concepto de campo eléctrico se puede decir que uno de los problemas más complicados tanto de observar como de cuantificar es el de las representaciones mentales que llevan a cabo los estudiantes para conceptualizar el fenómeno del que estamos tratando.

En este punto podemos decir que es muy importante verificar el grado de abstracción que logran alcanzar los estudiantes cuando intentan aprender el concepto de campo eléctrico. Para verificar el grado de abstracción que logran los estudiantes podemos emplear estrategias de enseñanza y aprendizaje como la resolución de casos, el ABP, la experimentación en ambientes contextualizados etc. Pero también es muy importante saber cómo los maestros que imparten los cursos básicos en la universidad pueden lograr que ese grado de abstracción sea de tal manera que permita una adecuada conceptualización del fenómeno.

A esto habría que agregar el conjunto de conocimientos previos que manejan y sobre los que se organizan las cuestiones que pueden derivarse de una presentación acumulativa, acrítica y problemática que obstruyen los procesos constructivos (Alzugaray, G, 2009).

(Giannetto, Tarsitani y Vicentini, 1992; Pintó, Aliberas y Gómez, 1996; Moreira, 1996; Reiner, 1997) (Church, Gravel y Rogers, 2007) (McKagan et.al., 2008) (Strickland, Kraft y Gautam, 2010), (Luxford y Stacey, 2013), (Guo-Li Chiou, 2013), (Zhongzhou y Gary, 2014), establecen que las personas construimos representaciones mentales para ayudarnos a comprender el funcionamiento de un sistema físico en circunstancias muy diversas. Por su parte (Gentner y Stevens, 1983) entienden por representación mental la estructura de concepciones y formas de pensamiento utilizadas para describir la experiencia y que permite

describir el comportamiento en futuras relaciones. A su vez (Marton, 1981; Linder, 1993) dicen que dichas representaciones mentales incluyen diferentes categorías explicativas de la realidad en un mismo individuo, dependiendo del contenido y del contexto que se trate.

(Moreira, 1997, 2001, 2003, 2011, 2012) (Greca y Moreira, 1998, 2002, 2004,) (Borges y Gilbert, 1998), (Guisasola, 2003) confirman que los modelos mentales construidos por los estudiantes son producto de la instrucción recibida y de sus conocimientos previos del mundo físico, por otra parte (Furió y Guisasola 1998a, 1998b; Galili, 1995; Martín y Solbes, 2001), señalan que los estudiantes no establecen diferencias conceptuales, por ejemplo entre fuerza y campo eléctrico. Además identifican que la enseñanza del concepto de campo eléctrico, a partir exclusivamente de su definición operacional afecta la comprensión conceptual.

Podemos decir a partir de estas investigaciones que los estudiantes en su gran mayoría construyen modelos mentales simples que están muy relacionados con los conocimientos que poseen del mundo físico. Sin embargo para un aprendizaje significativo en la física se necesita lograr a través de la asimilación y acomodación de conocimientos previos una serie de modelos mentales más sofisticados.

Greca y Moreira en sus trabajos de investigación educativa destacan el hecho de que los estudiantes que logran comprensión y aplicación del significado científico del concepto de campo, son aquellos que desarrollan un modelo mental físico de acuerdo a la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird (1983).

2.3 Modelos Mentales.

Se cree que fue el Psicólogo Kenneth Craik (Escocia, 1914 - 1945), quien estableció por primera vez la teoría de los “*modelos mentales*”, en su libro titulado “*The Nature of Explanation*” (1943), *habla* de estos, aunque también se tiene conocimientos de que otros estudiosos trabajaban ya este concepto con anterioridad. (Wittgenstein, 1922).

Craik escribió:

Si el organismo lleva un "modelo reducido" de la realidad externa y de sus propias acciones posibles dentro de su cabeza, es capaz de probar varias alternativas, sacar la conclusión de cuál es el mejor de ellos, reaccionar ante situaciones futuras antes de que surjan, utilizar el conocimiento de los hechos pasados en el trato con el presente y el futuro, y en todas las formas de reaccionar de una manera mucho más completa, más seguro y más competente para los casos de emergencia que se le presentan (Craik, 1943: cap. 5).

Por su parte Johnson-Laird ha venido trabajando esta teoría desde hace más de 30 años y la ha perfeccionado. Para Laird los modelos se construyen como consecuencia de la percepción, la comprensión del discurso, y la imaginación. Pueden representar situaciones reales, hipotéticas o imaginarias. También pueden residir en la memoria a largo plazo como una representación del conocimiento. En consecuencia, son una forma de representación mental en que la mente representa la realidad, concibe las posibilidades alternativas, y simula el funcionamiento del mundo (Johnson-Laird, 2001).

Recientemente, Johnson-Laird (2013) nos dice que para que se entienda el cambio cognitivo, se tienen que entender ciertos aspectos del pensamiento, él habla de la introspección la cual produce simplemente un pensamiento después del otro (si se tiene suerte), lo importante es saber cómo hace la mente para generar las secuencias de una idea a

otra, para explicarlo Laird hace una analogía con los ordenadores y explica que al igual que estos, nuestra mente maneja una gran cantidad de datos como los programas de una computadora (Johnson-Laird, 2013). Dichos datos pueden consistir en una efímera percepción o pensamiento o pueden representar conocimientos y creencias a largo plazo (Johnson-Laird, 2013).

La teoría de modelos mentales de Johnson Laird está postulada bajo tres premisas a saber:

- a) Cada modelo mental representa lo que es común a un conjunto distinto de posibilidades.
- b) Los modelos mentales son icónicos, es decir, su estructura en la medida de lo posible corresponde a la estructura de lo que representan.
- c) Los modelos mentales basados en descripciones representan lo que es verdad a costa de lo que es falso. (Johnson-Laird, 2013).

En esto entra un componente muy importante, el razonamiento, ya que como dice (Hegarty, 2004), la vida cotidiana es una simulación cinematográfica del mundo, y obtenemos conclusiones o tomamos decisiones basadas en estas simulaciones.

Cuando llevamos a cabo diferentes tipos de tareas en nuestra vida diaria utilizamos la simulación para crear algoritmos informales (Khemlani & Johnson Laird, 2012a; 2012b).

Esto lleva a la posibilidad de que las personas que ocupan modelos mentales puedan hacer inferencias y predicciones (Johnson Laird, 2013).

Aparte de Laird existen otros investigadores que han trabajado con la teoría de los modelos mentales, entre los cuales podemos mencionar a Alba y Hasher (1983), Regehr y Norman

(1996), Ainsworth (1999), Krapas, et al (1997), Sternberg (1996), Nersessian (1992), Moreira y Greca (1996), Gobet (2005).

En la enseñanza de las ciencias este tema ha cobrado mucha importancia porque como dice Greca y Moreira (1998a, 1998b): ¿Acaso las teorías científicas no son representadas por modelos - físicos o matemáticos -para un determinado número de fenómenos? ¿No utilizamos también modelos para enseñar mejor a los alumnos? ¿Y además, no se considera que la modelización, entendida como el establecimiento de relaciones semánticas entre la teoría y los fenómenos u objetos, como la actividad fundamental en ciencias, en especial en Física?

Es así que en la enseñanza de la física lo que se pretende es acercar a los estudiantes lo más posible a los modelos establecidos por la ciencia (llamados modelos conceptuales), para explicar fenómenos naturales, en esto hay que tomar en cuenta que los estudiantes tienen ya establecidos ciertos modelos mentales que construyeron a través de su observación directa y de la convivencia que tienen en su vida diaria.

Cuando un estudiante se enfrenta a un modelo conceptual presentado por un docente, necesariamente entra en un conflicto cognitivo (tomando en cuenta que el docente tenga una estrategia de enseñanza adecuada y lo más cercana al modelo conceptual que quiere enseñar), dicho desequilibrio o contradicción es muy importante y sirve para un aprendizaje significativo a largo plazo por la reconstrucción del modelo mental que hace el estudiante, según la teoría de Johnson Laird (2001, 2013).

Este desequilibrio cognitivo es lo que debe promover el docente en sus estudiantes de tal manera que se enfrenten a sus ideas erróneas y las puedan superar para alcanzar el entendimiento y comprensión de los modelos conceptuales aceptados por la ciencia.

Para Greca (1995) comprender un fenómeno físico es saber cuál es su causa y su resultado, saber cómo iniciarlo y como influenciarlo e incluso como evitarlo.

Greca y Moreira (1998) señalan que la capacidad de entender una teoría científica está determinada por la capacidad del alumno para construir modelos que incluyan las relaciones fundamentales de la teoría y de los cuales sea posible sacar explicaciones y predicciones que estén de acuerdo con las concepciones científicamente compartidas.

Estos mismos investigadores mencionan algo muy importante, que se refiere a la necesidad que tienen los propios científicos de proponer analogías físicas que le den sentido a un nuevo concepto, siendo esto una cualidad de todos los que aprenden o enseñan ciencias.

2.4 Concepciones Alternativas.

Este tema ha sido muy estudiado por diferentes investigadores educativos, Fensham (1983), Jiménez, Solano y Marín (1994), Wandersee, Mintzes y Novak (1994), Carretero, et al (1997), Pozo y Gómez Crespo (1998), Vázquez (1990), Mc Namara (1994), Morin (1999), Horton (2007), García Quijas y Arévalo (2007), García Bórras (2011).

El término *concepciones alternativas*, también es conocido por **concepciones erróneas** o **misconception** en inglés. Aunque estos términos se siguen utilizando, actualmente las investigaciones recientes han demostrado que aunque estas ideas son erróneas desde el punto de vista científico no lo son para el estudiante (Carretero, 1996). Por la experiencia vivida en la docencia y la investigación educativa se observa que estas ideas previas son el resultado

de la experiencia cotidiana del alumno. Carretero (1996) indica que existen aspectos comunes en todos los estudiantes cuando elaboran estas ideas y da una lista de estos aspectos cuando los estudiantes se enfrentan a conceptos científicos:

- No son correctas desde el punto de vista científico
- Son específicas del dominio.
- Suelen ser dependientes de la tarea utilizada para identificarlas/avaluarlas.
- En general forman parte del conocimiento implícito del sujeto.
- Son construcciones personales.
- Suelen estar guiadas por la percepción, la experiencia y el conocimiento cotidiano del alumno.
- No todas poseen el mismo nivel de especificidad.
- Tienen un cierto grado de estabilidad.
- Tienen un grado de coherencia y solidez variable: pueden constituir representaciones difusas y más o menos aisladas o pueden formar parte de un modelo mental explicativo.

Pozo (2006) nos dice que estas ideas son la consecuencia de la interpretación que hacen los alumnos del mundo que los rodea a partir de sus conocimientos previos, su física, su química o biología personal o intuitiva. El mismo autor describe algo crucial en cuanto a estas concepciones, y es que las mismas, cuando son enfrentadas a las concepciones científicas en vez de modificarse de forma correcta, toman de estas bases para arraigarse aún más. Esto debido a que para un estudiante es más fácil interpretar el mundo que lo rodea a partir de una visión del mesocosmos trazado por las coordenadas espacio-temporales en un mundo de personas y objetos, mientras que las concepciones científicas están basadas en el

microcosmos y el macrocosmos plagado de extraños símbolos y conceptos abstractos referidos más a un mudo imaginario que real (Pozo, 2006).

Es por esto que muchos autores han dejado de lado el termino de *ideas erróneas o concepciones erróneas*, ya que estas no son un fallo cognitivo del estudiante ni un resultado arbitrario o casual, sino que tienen por objeto comprender el mundo real y establecer regularidades en este, hacerlo más previsible y controlable.

En 1994 Wandersee, Mintzes y Novak llevaron a cabo una extensa investigación que culminó con incipientes estudios basados en relación con las concepciones alternativas, dichos estudios registran que las principales características de las concepciones alternas son:

Afirmación 1. Los alumnos vienen a la enseñanza de la ciencia formal con un conjunto diverso de concepciones alternativas sobre los objetos naturales y eventos. Aquí podríamos agregar que independientemente del área de estudio y del tipo de estudiante que este en una formación educativa casi siempre va a generar concepciones alternativas ya sea en una rama de la ciencia o en alguna de sus sub-disciplinas.

Afirmación 2. Como se afirmó anteriormente las concepciones alternativas son tenaces y resistentes a la extinción por las estrategias de enseñanza convencionales. Estas son muy difíciles de cambiar y solo con métodos de enseñanza muy específicos se ha demostrado una posibilidad factible de hacer que los estudiantes acepten nuevas explicaciones.

Afirmación 3. Estas concepciones alternativas a menudo tienen los mismos fundamentos y por lo tanto son las mismas que llevaron a cabo generaciones de científicos y filósofos en la antigüedad. A menudo esta manera de conceptualizar se le llama visión “aristotélica”.

Afirmación 4. El origen de las concepciones alternativas es muy variado, entre las causas que podemos mencionar se encuentran, las experiencias personales, la percepción y observación del mundo que tiene el estudiante, su cultura, su lenguaje y también debemos incluir aquí las explicaciones y el material didáctico que muchas veces utilizan los maestros.

Afirmación 5. No es raro que muchos docentes tengan también a menudo las mismas concepciones alternativas de los estudiantes, esto se ha comprobado a través de los cursos para formación de docentes en ciencia, e incluso se ha observado que científicos y maestros con títulos avanzados en ciencia se aferran a concepciones alternativas similares a las de los estudiantes de cursos básicos.

Afirmación 6. Las concepciones alternativas de los estudiantes se relacionan e interactúan con los conocimientos presentados por la instrucción formal, lo cual da como resultado un gran número de aprendizajes no deseados, de tal manera que dichas concepciones se vuelven un impedimento para un aprendizaje formal y coherente con los postulados científicos, por lo que se pueden presentar resultados de aprendizaje mixtos. Además es muy común que los estudiantes lleguen a diferentes conclusiones a partir de las mismas experiencias y observaciones.

Afirmación 7. Existen diferentes enfoques didácticos que permiten el cambio conceptual y que son herramientas efectivas en el aula. Dentro de estos enfoques hay los que están encaminados a identificar las concepciones alternativas, los que las enfrentan y los que permiten resolver problemas asociados con las mismas.

Reconocer como es que se origina una concepción alternativa es una tarea bastante difícil, incluso algunos investigadores afirman que es casi imposible determinar su origen (Pozo,

2006), pero si nos centramos en la enseñanza de la física se podría decir que esto se debe a menudo por declaraciones inexistentes o falaces de parte del docente o por representaciones inexactas ya sea experimentalmente o gráficamente.

Dentro de las investigaciones educativas que han surgido en los últimos años sobre las concepciones alternativas se han desarrollado dos figuras con respecto a estas (Özdemir y Clark, 2007). Esta la que las denota desde una perspectiva teórica (e.g., Chi, 2005; Ioannides y Vosniadou, 2002; Wellman y Gelman, 1992), y esta la postura que las denota como una concepción de elementos, o sea, que los conocimientos que se encuentran dentro de estas concepciones son fraccionados o en piezas (Bao y Redish, 2006; Clark, 2006; DiSessa, Gillespie y Esterly, 2004; Harrison, Grayson, y Treagust, 1999).

Cualquiera de estas dos perspectivas implica diferentes caminos para lograr el cambio conceptual, de tal manera que los estudiantes logren una reestructuración conceptual optima (Özdemir y Clark, 2007; Keiny, 2008).

Dega, Kriek y Mogese (2012), llevaron a cabo un estudio y categorización acerca de las concepciones alternativas en el área de electricidad y magnetismo, a partir de este estudio llegaron a la conclusión de que el cambio conceptual en estas áreas de la física es un proceso que se debe dar gradualmente y de manera creciente, en lugar de un proceso de sustitución de las teorías generales de la física (Li, 2011; Li et al., 2006).

Li, et al.(2006) mencionan que el cambio de una concepción alternativa a una concepción científica a partir de un conflicto cognitivo es un proceso que debe ser llevado paso a paso, esto debido a todas las características que se han mencionado párrafos arriba con respecto a este tipo de concepciones.

Pinarbasi, Canpolat y Bayrakceken (2006), mencionan que es un guía la que se debe dar al estudiante para lograr este cambio y permitir el desarrollo en el estudiante de concepciones científicas previstas. De aquí que se puede decir, que se requiere un proceso de enseñanza aprendizaje de tipo constructivista.

2.5 Argumentación de Toulmin.

Dentro de los investigadores que han tratado el tema sobre *argumentación*, se pueden mencionar a algunos que han desarrollado este tema, desde Aristóteles en la Grecia antigua como Perelman y Olbrechts-Tyteca (1989), Van Eemeren y Grootendorst (1982), Braet, A. (1987), Jackson, S. & Jacobs, S. (1980), Leeman, A.D. (1992), O'Keefe, D. (1997), Wenzel, J.W. (1990), Zulick, M. (1997), y el mismo Toulmin (1958, 1961, 1970, 1972, 1990, 2001, 2003).

La argumentación para la mayoría de estos autores es también o parte de un *silogismo*, el cual se puede definir como “Argumento que consta de tres proposiciones, la última de las cuales se deduce necesariamente de las otras dos.” Los componentes de un silogismo de acuerdo a los expertos en el tema son:

- a. Premisa Mayor
- b. Premisa Menor
- c. Aseveración o conclusión

A través del tiempo se ha estudiado profundamente como se debe plantear un silogismo ya que para muchos autores Ch. Perelman (1989), Braet, (1987), Leeman(1992), O'keefe (1997), Toulmin (1958), estos son la base para una buena argumentación.

Un argumento para Perelman (1989), es “Un medio discursivo que sirve para obtener la adhesión de un auditorio”. Para Ong (1987) un argumento es “Un proceso secuencial que permite inferir conclusiones a partir de ciertas premisas”. Para Toulmin puede entenderse un argumento como un “proceso racional que se lleva a cabo para justificar o fundamentar una afirmación que se hace”. En 2006, Cecilia Crespo indica que:

- ✓ *Argumentar es un acto comunicativo*
- ✓ *Argumentar es una actividad discursiva*
- ✓ *Argumentar es una actividad comunicativa*
- ✓ *Argumentar es una actividad pensante*
- ✓ *Argumentar es una actividad crítica*
- ✓ *Argumentar es una actividad cognitiva*

Cuyo propósito es:

- Convencer
- Justificar
- Refutar
- Persuadir
- Defender

Por otra parte hay investigadores que piensan que la argumentación es una competencia ya que implica el desarrollo de varias habilidades, como las enlistadas en párrafos anteriores. Es por esto que para la presente investigación tomaremos los que dicen Henao y Stipcich en 2008: ***“la argumentación es una importante tarea de orden epistémico y un proceso discursivo, que permite involucrar a los estudiantes en estrategias heurísticas para aprender a razonar, al tiempo que sus argumentos, como externalización del razonamiento, permiten la evaluación y el mejoramiento permanente de los mismos”***. Es importante hacer notar que Toulmin no tiene una definición propia del término argumentación a pesar de todo el análisis que hace de la misma.

Stephen Toulmin es oriundo de la Gran Bretaña, nació en 1922, llevo a cabo estudios de física y matemáticas en el Kings College, también realizó estudios de doctorado en filosofía en la Universidad de Cambridge, es autor de más de 15 libros y varias publicaciones, ha dado clases en la Universidad de Oxford en Inglaterra y en la de Melbourne Australia. Actualmente radica en los Estados Unidos. A lo largo de su vida ha recibido diversos reconocimientos académicos, entre los que destacan los de las universidades norteamericanas de Columbia, Northwestern, Stanford y Chicago, así como de europeas localizadas en Holanda, Austria y Suecia.

En el año 2003 edita de nuevo la que se podría denominar su más grande obra: “The uses of argument”, la cual fue traducida al español con el nombre de “Los Usos de la Argumentación”, Toulmin declara en el prólogo a la edición actualizada que de ninguna manera cuando publicó por primera vez su libro pretendía exponer una teoría de la retórica o de la argumentación y que no tenía en mente un modelo analítico (Toulmin, 2007), sin embargo aunque su obra fue fuertemente criticada, también ha sido de gran ayuda en diferentes campos de la investigación y, en la enseñanza de las ciencias ha llegado a ser una herramienta de mucha utilidad como estrategia de aprendizaje en diferentes áreas científicas.

En el capítulo tres de su libro *The uses of argument*, Toulmin indica que un argumento es como un organismo, que tiene al mismo tiempo una estructura anatómica grande y tosca y otra, por así decirlo, fisiológica y más delicada. Es de un análisis detallado de la segunda estructura que surge el modelo de Toulmin. De tal manera que en propias palabras del autor se “pueden distinguir las fases principales que establecen el progreso del argumento desde el enunciado inicial acerca de un problema sobre el que no se ha llegado a un acuerdo hasta la presentación final de una conclusión” (Toulmin 2007).

También el autor refiere que cada una de las fases principales ocupara unos párrafos o unos minutos, representando las unidades anatómicas principales del argumento y es dentro de cada párrafo donde se desciende al nivel de oraciones individuales, de tal manera que es aquí donde se conforma la lógica del argumentador y donde se muestra la validez del argumento (Toulmin 2007).

Para Toulmin un argumento inicia con una *aseveración (C)*, si dicha aseveración es puesta en duda por cualquier oyente entonces, se debe ser capaz de apoyar la afirmación y demostrar que se encuentra justificada, (Toulmin 1958, 2007).

Para justificar la aseveración el oferente debe contar con una serie de *hechos o datos (D)*, que prueben y demuestren que su afirmación está justificada. Pero se puede dar el caso de que quien lea o escuche tal afirmación aun no quede convencido de la misma, ni aun con los datos presentados, entonces se hace necesario establecer un puente que relacione los datos con la aseveración, para lograr esto se deben exhibir reglas, principios, enunciados, etc. que permitan enunciar inferencias en lugar de agregar información adicional (Toulmin 1958, 2007). A este tipo de enunciados Toulmin los denomina “enunciados hipotéticos”, los cuales legitimaran el paso de los datos a la aseveración, dentro del modelo a estos enunciados se les denomina *garantía (G o W)*. Toulmin menciona una diferencia crucial entre la garantía y los datos, ya que menciona en su obra que los datos dan una justificación explícitamente, mientras que la garantía apoya la aseveración de manera implícita. La garantía puede tener diverso grados de fuerza con la cual justificar la relación de los datos con la aseveración, de tal manera, que algunas garantías permiten aceptar una afirmación de manera inequívoca, e irrefutable por lo que el grado de fuerza se tiene que mencionar con un adverbio que puede ser por ejemplo “*necesariamente*”, otras garantías justifican el paso de los datos a la

afirmación solo de manera provisional, ya sea que estén sujetas a condiciones o excepciones, cuando esto es así, entonces el adverbio que se puede ocupar es “*probablemente*” o “*presumiblemente*”, a la inclusión de este adverbio dentro del modelo Toulmin lo llama *matizador modal (M)*.

También es importante dentro del argumento y con respecto a la garantía que exponamos los casos en que esta puede tener alguna excepción o se pueda presentar un caso en que la misma no se llegue a cumplir o se pueda llegar a dejar de cumplir, esto es, aquellas condiciones excepcionales que pueden ocasionar que se descarte o se rechace la aseveración, cuando se incluye este tipo de condición se le denominará *excepción o refutación (E)*.

El modelo de Toulmin también contempla la posibilidad de que en un momento dado ni los datos ni la garantía sean suficientes para justificar una aseveración, porque se duda de la generalidad de la garantía, esto es, que el principio o teoría tenga alcance sobre el tipo de aseveración que se está afirmando, cuando esto es así, podemos insertar en el argumento, otras evidencias o certezas, sin las cuales las propias garantías carecerían de autoridad y vigencia (Toulmin 1958, 2007), a esta evidencias dentro del argumento se les denomina *respaldo(R)*, es muy importante que nuestros respaldos sean elegidos con mucho cuidado, y estos pueden variar según el campo de argumentación de que se trate (ciencias, área social, área de humanidades, etc.). El respaldo avala a la garantía y en vez de ser un enunciado hipotético tiene que ser uno categórico de tal manera que se haga explícito, aunque no necesariamente en el inicio de la argumentación, sino conforme se va haciendo el debate.

ESQUEMA DEL MODELO DE TOULMIN

Toulmin da un esquema de su modelo el cual presentamos a continuación:

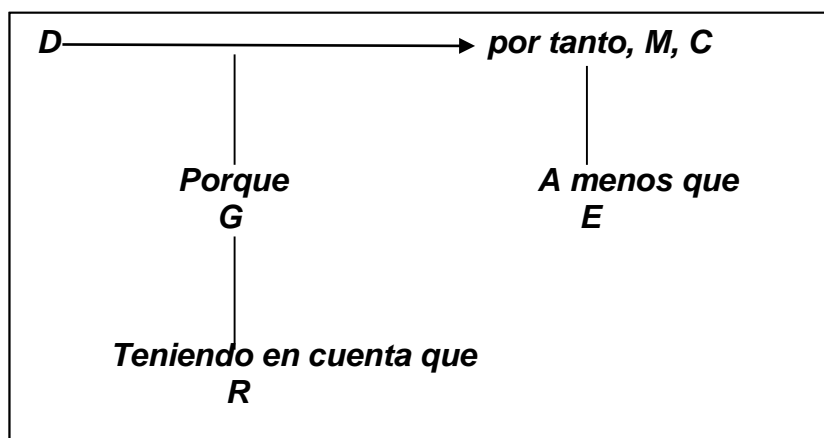


FIGURA 1. Esquema Modelo de Toulmin (Toulmin 1958, 2007).

A partir de que surgió el modelo de Toulmin en el año de 1958, se ha desatado un sinnúmero de interpretaciones acerca de los elementos y usos del mismo, por lo que a continuación se presenta una tabla que presenta las fases de la argumentación y la traducción que llevaron a cabo dos investigadores latinoamericanos, además de varias acepciones que se pueden tomar cuando el modelo se utiliza para crear una argumentación.

<i>TOULMIN</i>	<i>TRADUCCIÓN GUTIERREZ</i>	<i>TRADUCCIÓN DE RODRIGUEZ BELLO</i>	<i>TÉRMINOS AFINES</i>
CLAIM	Pretensión	Aserción	Conclusión, Tesis,

			Aseveración, Proposición, Asunto, Causa, Demanda Hipótesis.
DATA	Bases	Datos	Fundamento Evidencia, Soporte, Base
WARRANT	Justificación	Garantía	Aval* Resguardo* Seguro* Certificar* Autorizar*
BACKING	Respaldo	Respaldo	Apoyo

			Sustento* Soporte*
MODAL QUALIFIERS	Modalidad Modalizador*	Cualificadores Modales	Posiblemente* Eventualmente* Seguramente*
REBUTTALS	Posibles refutaciones	Reserva	Refutaciones, Reserva. Objeciones, Excepciones Salvedad Limitaciones

* Contribución de la autora de la investigación.

Cuadro 1. Traducción al español de los términos del modelo argumentativo de Toulmin. (Rodríguez, 2004)

Es importante profundizar un poco más en cada fase o categoría del modelo con la finalidad de tener un panorama amplio y mejor utilización de cada una de ellas.

CLAIM (ASEVERACIÓN, AFIRMACIÓN, C). La aseveración que también se conoce como aserción y que en inglés se denomina *claim* (así la denomina Toulmin en su obra), ha sido clasificada en cinco categorías por Nancy Wood (1997):

- Aseveraciones factuales
- Aseveraciones valorativas
- Aseveraciones políticas
- Aseveraciones causales
- Aseveraciones definitorias

Las aseveraciones factuales teorizan acerca de hechos, condiciones o relaciones pasadas, presentes y futuras. Responde a la pregunta: ¿sucedió?, ¿existe?

Las aseveraciones valorativas establecen el valor o mérito de una idea, objeto o práctica de acuerdo con estándares o criterios suministrados por el argumentador. Los valores son actitudes positivas o negativas hacia hechos, situaciones o maneras de actuar. Se basan en indicadores como “bueno vs malo”, “moral vs inmoral”, “positivo vs negativo”.

Aserciones políticas (decisiones a tomar) informan sobre lo que debería hacerse o no, sobre las decisiones a tomar para resolver un problema.

Aserciones causales expresan el motivo por el cual algo ha ocurrido o habrá de ocurrir, sus efectos.

Aserciones definitorias su propósito es describir algo. Responde a las preguntas: ¿qué es?, ¿cómo debería organizarse?, y ¿cómo es?

DATA (GROUND, DATOS, HECHOS, D). Es innegable que una evidencia de carácter científico es aquella cuya información fue generada a través de la aplicación del método científico, pero también es importante tomar en cuenta algunas características que se hacen necesarias mencionar. Un dato o hecho que sea una evidencia es cualquier información que se utiliza para determinar si la información cuantitativa o cualitativa que se está presentando está relacionada al criterio que se estableció, esta para que tenga valor debe cubrir los siguientes criterios:

- Debe ser suficiente
- Debe ser competente
- Debe ser pertinente.

Otra característica que deben tener los datos es que deben ser confiables y fiables. Un dato o evidencia será suficiente si su alcance cubre a la aseveración, será competente si la relación que tiene con la aseveración es sólida y será pertinente si los datos que se presentan se relacionan directamente con la aseveración. También los hechos o datos (evidencias) deben ser relevantes, creíbles, oportunos y de carácter material.

Algunas maneras de presentar datos o evidencias son las siguientes:

1. **Muestras**, esto es, presentar una muestra física de lo que se está aseverando.
2. **Ejemplos**. Ilustrando un concepto teórico con una historia del mundo real, o en su caso la realización de una práctica, de tal manera que se pueda relacionar directamente con una teoría.

3. **Estadísticas.** Las cuales aluden a la recolección, procesamiento, análisis e interpretación de la información.
4. **Demostraciones.** Este término indica la necesidad de hacer una dramatización de la información, actualmente se utilizan los programas informáticos.
5. **Ilustraciones.** Estas ponen en acción las aserciones o aseveraciones, se pueden mencionar las historias, anécdotas, citas, chistes, proverbios, refranes, imágenes, fotografías, música, canciones, viñetas, etc.
6. **Testimonios de expertos.** Se refieren a la autoridad y credibilidad de un reconocido experto en la materia objeto de aseveración.
7. **Analogías.** Estas hacen referencia a conceptos que la audiencia ya posee haciendo posible la comprensión de mensajes complejos.

WARRANT (GARANTÍA, W, G). La garantía implica *seguridad*. Proviene del francés “garant”, lo cual significa proteger contra lo aleatorio y riesgoso, de tal manera de afianzar aquello que se ha estipulado. Toulmin en su obra “Los usos de la Argumentación”, dentro del capítulo tres: “La forma de los argumentos”, plantea la posibilidad de que en el curso del planteamiento de un argumento se dé la situación de que quien nos escucha o lea no quede convencido con la sola presentación de hechos para apoyar la aseveración sino que llegue a plantear:

« ¿Cómo has llegado hasta ahí?». Suponiendo que nos topemos con este nuevo desafío, lo que hay que ofrecer no es ofrecer más datos, puestos que estos se pueden poner en tela de juicio inmediatamente como sucedió con los anteriores, sino proposiciones de un tipo bastante diferente: reglas,

principios, enunciados etc., que nos permitan realizar inferencias en lugar de agregar información adicional. (Toulmin 1958).

Toulmin reafirma lo anteriormente expresando que el objetivo de dichos enunciados ya no es reforzar la base sobre la cual se ha elaborado el argumento, sino de:

Mostrar como a partir de esos datos hemos pasado a la afirmación original o conclusión y que el paso de los primeros a la segunda es apropiado y legítimo. Llegados a este punto, lo que se necesita son enunciados hipotéticos, de carácter general, que actúen como puente entre unos y otras, legitimando el tipo de paso que el argumento en particular que hemos enunciado nos obliga a dar (Toulmin 1958, 2007).

Es a este tipo de proposiciones o enunciados a los que el autor denomina *warrant (garantía Wo G)*. Pero también es importante hacer hincapié entre las diferencias de fondo que existen entre los datos y las garantías, Toulmin lo hace exponiendo dos afirmaciones de tipo matemático que dejan clara la distinción. Mientras que para un dato o serie de datos expuestos en un argumento se puede expresar el siguiente enunciado:

«Siempre que A, se ha hallado que B»

Para una garantía la expresión que se tendría que expresar sería la siguiente:

«Siempre que A, puede entenderse que B»

El autor da también la siguiente declaración que relaciona datos y garantías y al mismo tiempo marca la diferencia entre ambos:

Los datos que se aducen cuando se pone en duda una afirmación dependen de las garantías con que estemos dispuestos a funcionar en ese campo, y las garantías que aceptamos están implícitas en los pasos concretos, de los datos a las afirmaciones, que estamos dispuestos a dar y a admitir (Toulmin 1958, 2007).

Como se ha mencionado en los párrafos anteriores una garantía puede ser:

- Reglas
- Leyes
- Principios
- Enunciados, etc.

MODAL QUALIFIERS (CUALIFICADOR MODAL, M). El calificador o cualificador modal dentro del Modelo de Toulmin se establece a partir del tipo de garantía que se utiliza, ya que dependiendo de esta y del grado de fuerza o contundencia que tenga, se establece aquel. Toulmin lo menciona de la siguiente manera:

Las garantías son de diferente clase, por lo que confieren diversos grados de fuerza a las conclusiones que justifican. Algunas garantías permiten aceptar una afirmación de manera inequívoca, si se cuenta con los datos apropiados: son garantías que, en los casos adecuados, nos permiten matizar nuestra conclusión con el adverbio «*necesariamente*» (Toulmin 1958, 2007).

Toulmin también contempla los casos en que una garantía no tenga el grado de fuerza suficiente como para establecer un calificador tan contundente y se tenga que establecer uno que permita incluir o suponer algún tipo de ambigüedad:

Otras nos permiten dar el paso de los datos a las conclusiones, ya sea provisionalmente, ya sujetas a condiciones, excepciones o matizaciones: en estos casos hay que emplear otros términos modales, tales como «*probablemente*» o «*presumiblemente*» (Toulmin 1958, 2007).

Podemos concluir que el cualificador modal se enuncia con un adverbio que denota el grado de veracidad con que una garantía sustenta la relación que existe entre los datos que se presentan para argumentar una afirmación y esta.

Como lo hemos establecido en la tabla antes presentada las maneras de plantear un cualificador modal puede ser:

- Necesariamente
- Probablemente
- Presumiblemente
- Posiblemente
- Eventualmente
- Seguramente

REBUTTALS (RESERVA, EXCEPCION, E, R). Siguiendo el modelo planteado por Toulmin y la secuencia que proyecta, la siguiente fase o elemento es la *reserva*, ésta parte necesariamente del tipo de cualificador modal que utilicemos ya que implica aquellos casos en que el argumento planteado pueda circunscribir alguna reserva o excepción. Toulmin lo explica de la siguiente manera:

...las condiciones de refutación (E) apuntan las circunstancias en que la autoridad general de la garantía ha de dejarse a un lado...;...las condiciones

excepcionales que pueden hacer descartar o rechazar la conclusión justificada... (Toulmin 1958, 2007).

Esta fase del modelo habla directamente sobre la validez que puede tener una garantía cuando se le invoca para que sustente la relación que existe entre los datos y la aseveración.

Toulmin indica esto expresando lo siguiente:

... es importante en todos los casos donde la aplicación de una ley puede estar sujeta a excepciones o cuando una garantía pueda ser apoyada señalando solo a una correlación general y no a una correlación completamente invariable. (Toulmin 1958, 2007).

En este punto es importante señalar que una cosa es la validez que tiene un principio, teoría o ley en un caso particular y otra muy distinta la validez científica que ha alcanzado este mismo principio, dentro del modelo de Toulmin lo encontramos señalado de la siguiente manera:

... cuando al exponer un asunto de matemática aplicada en el que se utiliza algún sistema de relaciones matemáticas para arrojar luz sobre una cuestión, digamos, de física, la corrección de los cálculos es una cosa, mientras que su adecuación al problema de que se trata puede ser otra diferente. Por tanto, la cuestión « ¿Es este cálculo impecable desde la perspectiva de las matemáticas?» es muy diferente de esta otra: « ¿Es éste el cálculo pertinente?». (Toulmin 1958, 2007).

Por lo que podemos determinar que cuando integramos este elemento al modelo de Toulmin, podemos integrarlo iniciando con palabras como:

- A menos que
- A reserva de
- Exceptuando
- Con la excepción de
- Bajo la salvedad de

BACKING (RESPALDO, SUSTENTO, R). El respaldo es la última fase o elemento que Toulmin introduce en su modelo y al igual que todos los anteriores surge de la necesidad de defender una afirmación dada, de tal manera que permita el convencimiento de quien la escucha o lee.

El respaldo resulta de la validez de la garantía o de su autoridad, en palabras del autor del modelo se encuentra expresado de la siguiente manera:

..., se nos puede plantear por qué la autoridad de esa garantía debe ser aceptada en *general*. En otras palabras, al defender una afirmación podemos haber presentado los datos de los que disponemos, la garantía y las matizaciones y condiciones relevantes y, sin embargo, encontrarnos con que quien la ha puesto en duda no ha quedado satisfecho, porque pone en tela de juicio no solo un argumento en particular, sino la cuestión más general de la garantía (G) es aceptable en cualquier caso. (Toulmin 1958, 2007).

Toulmin se adentra en la posible reiteración de la refutación a la argumentación que se plantea una vez que se han presentado datos, garantía y excepciones, de tal manera que dice lo siguiente:

Pero ¿acaso la garantía no descansa a su vez en otra cosa?...otras certezas, sin las cuales las propias garantías carecerían de autoridad y vigencia: a estas nos referimos como el *respaldo* (R) de las garantías. (Toulmin 1958, 2007).

El respaldo debiera ser seleccionado con mucha prudencia ya que debe establecer de manera precisa su relación con los datos, de tal manera, que no se confunda con la garantía, con la aseveración que se está afirmando y con las situaciones de posibles reservas que se puedan presentar.

Toulmin menciona que:

... el tipo de respaldo alegado por las garantías varía de un campo de argumentación a otro. *La forma* de los argumentos que empleamos en campos diferentes no variara necesariamente mucho entre campos diversos. (Toulmin 1958, 2007).

De hecho, es el campo de argumentación ya sea matemáticas, física, humanidades, sociales, etc., lo que determina el tipo de respaldo que ostentemos en el argumento que estamos exponiendo.

Es conveniente puntualizar las diferencias que existen entre el respaldo y otros elementos del modelo de Toulmin, comencemos por mencionar las que existen con la garantía. Si bien la garantía y el respaldo son enunciados, la garantía los utiliza como enunciados hipotéticos, mientras que el respaldo utiliza enunciados concluyentes que se basan en hechos, o experimentos llevados a cabo. Toulmin lo menciona de la siguiente manera:

Mientras los enunciados reflejen esas diferencias explícitamente, no habrá peligro de confundir el respaldo (R) en favor de una garantía con la propia garantía (G); este tipo de confusiones surgen únicamente cuando estas diferencias quedan emborronadas por la forma en que nos expresamos. (Toulmin 1958, 2007).

Asimismo existen diferencias sustanciales entre los datos y el respaldo aunque en un momento dado pueden ser expresados de la misma manera, una de las divergencias que existen entre unos y otros, es que al proponer una argumentación inicialmente si es necesario establecer explícitamente los datos con los que contamos, mientras que el respaldo no necesariamente tiene que estar explícito, al menos al inicio, ya que se ostentara solo en caso necesario de que nuestra garantía sea cuestionada. En la obra de Toulmin lo encontramos expresado de la siguiente manera:

Sin embargo, no es necesario que el respaldo de las garantías a las que aludimos se haga explícito, por lo menos al comienzo; pueden que se admitan las garantías sin ponerlas en duda y el respaldo en que se apoyan se dé por sobreentendido. (Toulmin 1958, 2007).

Las diferencias que existen entre el respaldo, el cualificador modal y las excepciones son obvias, porque como menciona el autor del modelo una cosa es tener razones suficientes para proponer una garantía que realmente de validez a un argumento, otra muy diferente es la firmeza con que ésta logra dar esa validez y por ultimo están aquellas condiciones en que la misma garantía no se puede aplicar para validar un argumento. (Toulmin 1958, 2007)

El respaldo (R) se puede establecer comenzando con las siguientes palabras:

- Teniendo en cuenta que...
- Asumiendo que...
- Abarcando que...
- Ofreciendo que...

CAPITULO 3

METODOLOGÍA

3.1 Metodología aplicada acorde al tipo de investigación llevada a cabo.

Inicialmente la metodología bajo la cual se suscribe la presente investigación está encuadrada en un estudio de tipo exploratorio, esto debido a que el tema que se está tratando aunque ha sido exhaustivamente estudiado, criticado y aplicado en el ámbito social, en las ciencias exactas y dentro de la enseñanza de la física es apenas conocido y poco menos aplicado como herramienta de enseñanza-aprendizaje.

Así mismo también se está aplicando un enfoque metodológico de tipo descriptivo ya que se especifican las propiedades del modelo propuesto, sus características y la tendencia que da su aplicación en un grupo experimental para determinar si hay o no ganancia de aprendizaje.

Por último esta investigación también abarca un enfoque metodológico correlacional y explicativo ya que implicó la participación activa de todos los involucrados en el estudio y la relación entre variables que determinan la tendencia en ganancia de aprendizaje.

3.2 Contextualización de la Población.

La población con la que se trabajó en la presente investigación es de tipo heterogéneo, entre edades de 18 y 21 años, que cursan los primeros cursos de las carreras de Ingeniería Química,

Ingeniería de Materiales, Ingeniería Ambiental e Ingeniería en Alimentos. Todos distribuidos en dos grupos, haciendo un total de 55 alumnos. En el grupo de control se tuvieron 32 estudiantes, mientras que en el grupo experimental se contó con 23 estudiantes, los dos grupos fueron seleccionados de manera aleatoria.

Su nivel socioeconómico se puede determinar cómo medio, medio alto y medio bajo, principalmente viven en la ciudad, aunque existen varios de ellos que se trasladan de las zonas rurales hacia la ciudad para llevar a cabo sus estudios. Todos llegan con estudios previos a nivel medio superior en donde llevaron cursos de física en áreas de mecánica, electricidad y algunos conocimientos de física moderna. La gran mayoría de ellos está dentro del paradigma educativo del constructivismo y el desarrollo de competencias.

3.3 Método y recolección de Datos.

Se aplicó un pre-test que consta de 10 preguntas, con el fin de determinar las ideas que poseen los estudiantes acerca de los conceptos de campo eléctrico, líneas de campo eléctrico, dirección e intensidad del campo eléctrico y la relación que existe entre este y la carga eléctrica. El cuestionario se estructuró de acuerdo al test que viene en The Physics Classroom, (preguntas 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10) y el Conceptual Survey in Electricity (preguntas 1, 2 y 3) elaborado por Maloney, et al., en 2001, anexo 2.

Este cuestionario se aplicó antes de iniciar los temas antes mencionados. Posterior a la aplicación de la estrategia de enseñanza en donde se incluyó la aplicación de la Argumentación de Toulmin se aplicó el mismo cuestionario como Post-test.

Se establecieron dos grupos: uno de control y otro experimental, tanto en el grupo de control como, en el experimental se aplicó una enseñanza activa, solo en el grupo

experimental se agregó como estrategia la elaboración del modelo argumentativo de Toulmin. El periodo en que se llevó a cabo la investigación fue de enero-mayo del 2013, en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Para calcular el índice de dificultad de los ítems que se seleccionaron en el test se utilizó el propuesto por Doran (1980), el cual se obtiene de la siguiente manera:

$$Id=R/N$$

Dónde: Id representa el índice de dificultad, R el número de respuestas correctas, y N el número total de estudiantes de la muestra. La tabla I representa una manera de clasificarlo.

TABLA 1: Clasificación de índice de dificultad

Índice de dificultad	Evaluación
0.85 a 1.00	Muy fácil
0.60 a 0.85	Moderadamente fácil
0.35 a 0.60	Moderadamente difícil
0.00 a 0.35	Muy difícil

Para las preguntas de opción múltiple se utilizó las ideas de L. Bao y E. Redish (2006), en donde se puede definir el porcentaje de distribución de las respuestas mediante la siguiente fórmula:

$$PD = \text{No. de respuestas} / \text{No. de población}$$

Aquí se pueden utilizar las siguientes categorías:

- Un modelo: La mayor parte de las respuestas se concentran en una opción.
- Dos modelos: La mayor parte de las respuestas se concentran en dos opciones.
- Ningún modelo: Las respuestas están eventualmente distribuidas en tres o más respuestas.

Para las preguntas que no son de opción múltiple (que tienen menos de 5 opciones de solución) se utilizó las ideas de Peter W. Airasian (2002), acerca de los tipos de reactivos y las habilidades que evalúan.

De acuerdo a los resultados observados en la media de cada grupo se determina claramente que tanto el grupo experimental como el grupo de control tienen una media baja, lo cual se puede interpretar a partir de las ideas previas que poseen los estudiantes y los modelos mentales que manejan, como se denota ambos esquemas son diferentes o están muy lejos de una realidad científica. Lo anterior marca la pauta para la aplicación de la estrategia propuesta en esta investigación basada en el desarrollo del modelo de Toulmin combinado con trabajo colaborativo, para lograr un mayor rendimiento en los estudiantes del grupo experimental y una mejor comprensión de los conceptos de campo eléctrico.

3.4 Metodología de la instrucción.

El pre-test se aplicó en la segunda semana del mes de enero de 2014 anticipadamente a la impartición de los temas contenidos en el test, esto tuvo la finalidad de verificar los conocimientos previos que manejan los estudiantes con respecto al campo eléctrico.

Posteriormente durante la impartición del curso se utilizó el libro Física Vol. II cuyo autor es Serway, R. (2009).

Tanto en el grupo experimental como en el grupo de control, se utilizaron estrategias en donde la participación activa de los estudiantes fue determinante, de tal manera que los estudiantes tuvieron una participación directa en la construcción de sus conocimientos utilizando para ello el desarrollo de una práctica de laboratorio, una estrategia de enseñanza de “pensar en voz alta”, y el trabajo colaborativo. En el grupo experimental además de las estrategias comentadas se agregó la elaboración de la argumentación de S. Toulmin, con lo cual se pretendía una asimilación profunda y duradera de los conceptos relacionados con las líneas de campo eléctrico, la dirección e intensidad de campo eléctrico, así como la relación que existe entre éste y la carga eléctrica.

3.5 El modelo de Toulmin en el aprendizaje de cargas eléctricas y su relación con el campo eléctrico.

Para lograr la comprensión de los temas relacionados de campo eléctrico y su relación con la carga eléctrica aplicando el Modelo de Toulmin, con el grupo experimental, se prepararon varias herramientas previas para determinar con claridad la postura de los estudiantes ante conceptos científicos tales como los tratados en el curso.

Posteriormente se asignaron lecturas acerca de la construcción de esquemas argumentales bajo categorías específicas de análisis (Argumentación de Toulmin).

Se preparó una práctica de laboratorio con fines de contextualizar los términos en un ambiente real. Bajo este contexto se analizaron los siguientes subtemas:

- Propiedades de las cargas eléctricas

- Carga mediante conducción
- Carga mediante inducción
- Distribución de carga eléctrica.

La práctica de laboratorio se llevó a cabo por equipos de dos a tres estudiantes con materiales sencillos y bajo la supervisión del docente (anexo 3), el cual planteo una serie de preguntas durante el desarrollo de la misma, para determinar si los conceptos se comprendieron

3.6 El Modelo de Toulmin en el aprendizaje de las líneas de campo eléctrico su dirección e intensidad.

Para estos temas se siguió en primera instancia la misma metodología de aprendizaje, utilizando el modelo de Toulmin para desarrollar esquemas argumentativos. Con estos temas se llevó a cabo un análisis profundo de los siguientes subtemas:

- Campo eléctrico (1 hora de exposición por parte del maestro, 2 hora de practica por parte de los estudiantes , 2 horas resolución de ejercicios, 4 horas trabajo independiente)
- Líneas de Campo eléctrico (0.5 horas de exposición por parte del maestro, 2 horas de practica por parte de los estudiantes, 2 horas resolución de ejercicios, 3 horas trabajo independiente).
- Intensidad y dirección del campo eléctrico. (1 hora de exposición por parte del maestro, 2 hora de practica por parte de los estudiantes , 2 horas resolución de ejercicios, 4 horas trabajo independiente)

- Conductores en equilibrio electrostático (1 hora de exposición por parte del maestro, 2 hora de practica por parte de los estudiantes , 2 horas resolución de ejercicios, 4 horas trabajo independiente)

Se llevó a cabo un debate sobre los temas vistos en equipos de dos a tres estudiantes de acuerdo a preguntas planteadas por el docente, previa explicación de los conceptos y exhibición de videos ilustrativos de los temas.

Simultáneamente se llevó a cabo sesiones de resolución de ejercicios, primero la docente resolvió problemas ejemplo en voz alta de tal manera que los estudiantes captaran cada una de las fases de la resolución de los problemas y posteriormente por equipos de dos a 3 estudiantes se resolvieron problemas de los temas vistos. En ambos grupos tanto el de control como el experimental se aplicó esta metodología con excepción de que en el grupo de control no se utilizó la argumentación de Toulmin.

3.7 Secuencia de la enseñanza-aprendizaje.

El programa que se encuentra dentro del currículo marca 6 unidades de las cuales nos centraremos en los temas de la primera unidad que es donde se encuentra el contenido del tema de estudio del presente trabajo:

1. Propiedades de las cargas eléctricas.
 - a. Aislantes y conductores
 - b. Ley de Coulomb
2. Campo eléctrico
3. Campo Eléctrico en una distribución continua de carga.
 - a. Líneas de campo eléctrico.

b. Movimiento de partículas cargadas en un campo eléctrico uniforme.

Aunque en los dos primeros subtemas se pueden incluir prácticas de laboratorio, también es cierto que se necesitan construir modelos mentales de los procesos que representan, lo cual suele ser muy complicado en los estudiantes, esto debido a que ellos ya traen construidos ciertos modelos mentales que construyeron para darle sentido al mundo que los rodeaba y la mayoría de las veces estos modelos son erróneos, ya que carecen de una base matemática y lógica para sustentarlos y tiene más un sustento cualitativo (Greca y Moreira, (1996)).[2]. La detección de los modelos erróneos que los estudiantes presentaron se llevó a cabo a través de un examen diagnóstico o pre-test.

Así mismo con las respuestas dadas en el pre-test por parte de los estudiantes se confirmó que en los temas de campo eléctrico la problemática es aún mayor ya que en la mayoría de los casos los estudiantes no han tenido puntos de referencia para construir los modelos mentales necesarios de estos temas y debido a que son conceptos muy abstractos aumenta la dificultad de construcción. Aunado a esto en la mayoría de los textos este tema se presenta como funciones matemáticas de la posición y del tiempo y dar una imagen vectorial del campo, con propiedades como el flujo y la circulación Alzugaray de la Iglesia, G, (2009).[14]

3.8 La Enseñanza-Aprendizaje en los Grupos de Estudio.

La implementación de la estrategia propuesta tuvo una duración de 4 semanas de trabajo (mayo del 2014), donde se llevaron a cabo las lecturas sobre el modelo de Toulmin, las practicas de laboratorio, el analisis de conceptos, la resolución de problemas y la elaboracion de las argumentaciones con base al modelo de Toulmin.

A. El grupo experimental.

1. Se entrego una lectura sobre el Modelo Argumentativo de Toulmin , con la finalidad de que los estudiantes conocieran, comprendieran y aplicaran la misma. Se les pidio a los estudiantes elaboraran de manera individual un reporte de lectura sobre el mismo, resaltando los puntos mas relevantes de la lectura y que ofrecieran ejemplos sobre una argumentacion basada en el modelo (estos ejemplos podian no ser de los temas que se iban a ver en el curso). Se les pidio que respondieran a las siguientes preguntas, se les asigno una semana para concluir este trabajo, ya que era exploratorio por parte de los estudiantes y para que se tuviera un primer acercamiento con la estrategia a aplicar.:

- a. ¿Qué es Argumentación?
- b. ¿Qué es el Modelo de Toulmin?
- c. ¿Cuáles son las características del modelo de Toulmin?
- d. Describe cada caracteristia del modelo.
- e. Has una propuesta de aplicación del Modelo aplicado a uno de los temas de Física I.

2. Se llevo a cabo una práctica de laboratorio, la cual tuvo una duración de 2 horas, en donde se contextualizo con materiales sencillos (anexo 3) los temas de la primera fase haciendo hincapie en la comprensión de los temas tratados y dejando un cuestionario para que de manera conjunta se respondiera y se debatiera las respuestas mas idoneas.
3. Se pidio de manera individual el desarrollo del Modelo de Toulmin para cada uno de los conceptos vistos, Esta actividad se calendarizo para una semana, ya que formaba parte del trabajo independiente de los estudiantes.
4. En la segunda fase se dio una clase frente a grupo por parte de la docente acerca de los temas, se respondió a preguntas específicas de los estudiantes y se aplico la estrategia de “pensar en voz alta”, referida por John Biggs para la resolvieron ejercicios de tal manera que se describiera paso a paso el procedimiento de solución para cada ejemplo, luego se pidio a los estudiantes que en equipos de 2 a 3 maximo debatieran sobre el tema y dieran solución a ejercicios planteados por la docente. Durante la solución de los problemas por parte de los equipos la docente superviso la participación de todos los estudiantes, aclaro dudas y constrasto las respuestas de los equipos, poniendo especial atención en aquellos que tuvieron mas dificultad en encontrar solucion a los problemas planteados, esto se llevo a cabo en cada tema especifico que se planteo en la estrategia, y tuvo una duración de 2 horas aproximadamente para cada tema visto.
5. Se pidio a los estudiantes que de manera individual desarrollaran el Modelo de Toulmin para cada uno de los temas vistos

La estrategia planteada involucra la participación activa tanto del docente como de los estudiantes, así como el trabajo colaborativo e individual. En la primera fase se dio tiempo para que los estudiantes analizaran detenidamente el Modelo de Toulmin, hicieran preguntas acerca de la construcción del mismo y elaboraran ejemplos que no necesariamente fueron sobre los temas del curso, esto con el fin de que construyeran modelos mentales que les permitieran entender de manera profunda el modelo. En las dos fases siempre se trabajó en equipos máximo de 3 personas, esto con el fin de fomentar la participación activa de todos los estudiantes. Para la construcción del Modelo se solicitó fuera de manera individual ya que se pretendía una construcción del conocimiento profunda y de larga duración.

El grupo de Control.

En este grupo se siguió también una enseñanza activa, se llevaron a cabo la práctica de laboratorio incentivando el trabajo colaborativo y las preguntas para aclaración de dudas. En la segunda fase se aplicó la estrategia de “pensar en voz alta”, y trabajo colaborativo para la resolución de ejercicios. Lo único que no se incluyó en este grupo fue el desarrollo de la argumentación de Toulmin.

1. Se llevó a cabo una práctica de laboratorio, la cual tuvo una duración de 2 horas, en donde se contextualizó con materiales sencillos anexo 3, los temas de la primera fase haciendo hincapié en la comprensión de los temas tratados y dejando un cuestionario para que de manera conjunta se respondiera y se debatiera las respuestas más idóneas.
2. En la segunda fase se dio una clase frente a grupo por parte del docente acerca de los temas, se respondió a preguntas específicas de los estudiantes y se aplicó la estrategia de “pensar en voz alta”, referida por John Biggs para la resolvieron

ejercicios de tal manera que se describiera paso a paso el procedimiento de solución para cada ejemplo, luego se pidió a los estudiantes que en equipos de 2 a 3 máximo debatieran sobre el tema y dieran solución a ejercicios planteados por la docente. Durante la solución de los problemas por parte de los equipos la docente supervisó la participación de todos los estudiantes, aclaró dudas y contrastó las respuestas de los equipos, poniendo especial atención en aquellos que tuvieron más dificultad en encontrar solución a los problemas planteados, esto se llevó a cabo en cada tema específico que se planteó en la estrategia, y tuvo una duración de 2 horas aproximadamente para cada tema visto.

CAPITULO 4

INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Interpretación y Análisis

En esta sección se analizan los resultados obtenidos tanto en el pre-test como en el post-test aplicado al grupo experimental y al grupo de control. También se incluyen la elección de modelos que los estudiantes establecieron en resolución de los test (Vázquez, Manassero y Acevedo 2005).

4.2 Ideas sobre la relación entre cargas eléctricas y campo eléctrico

En los resultados encontrados en el pre-test (TABLA 3) se denota que los estudiantes tanto del grupo experimental como del grupo de control tienen dificultades para hacer un análisis cualitativo. Por ejemplo, en la pregunta referente a la distribución de carga en un plano infinito (pregunta 1) solo el 15.62% del grupo control (17.39% del grupo experimental) pudieron determinar la distribución de la misma. La tabla 3 muestra la distribución de las opciones tomadas por los estudiantes con respecto a la pregunta 3, en donde se cuestiona la existencia de un campo eléctrico dentro de una esfera hueca y en donde interactúan cargas del mismo signo. Las repuestas de los estudiantes, tal y como lo muestra la tabla, se centran en un solo modelo conceptual (incorrecto), principalmente en la respuesta “a” en donde refieren que el campo eléctrico tiene una dirección hacia la izquierda, ya que infieren rechazo de cargas del mismo signo, pero no toman en cuenta que la esfera es hueca y que por lo tanto hay cero campo eléctrico dentro de ella (en condiciones estáticas). Sin embargo, en la

pregunta 2, que hace referencia a la distribución de carga en una esfera hueca, responden correctamente con un solo modelo conceptual centrado en la respuesta “b”, aquí el 46.87% del grupo control (47.82% del grupo experimental) contestan correctamente y sienten la pregunta moderadamente difícil.

Se debe hacer notar que en la pregunta 11, referente a la interacción de cargas y el vector de campo eléctrico, solo el 15.65% del grupo control (13.04% del grupo experimental) pudieron determinar la dirección del mismo, ya que vuelven a mostrar confusión entre las relaciones del campo eléctrico y cargas eléctricas. Es evidente que en los dos grupos, tanto el de control como el experimental, hay problemas en la construcción de modelos mentales que les permitan comprender las relaciones que existen entre las cargas eléctricas y el campo eléctrico.

GE %	Id	GC %	Id
56,62	Mod. Difícil	53.12	Mod. difícil
17.39		21.87	
4.34		3.12	
0		0	
17.39		18.75	

TABLA 3. Distribución porcentual de las opciones de los estudiantes.

4.3 Ideas sobre líneas, dirección e intensidad de campo eléctrico

En las preguntas referentes a las líneas de campo eléctrico, se observó que las respuestas de los estudiantes, tanto del grupo control como el experimental, denotan algunas dificultades para establecer la dirección e interacción de las mismas, de tal manera que en la pregunta 4 en lo referente a la elección de esquemas que muestran líneas de campo correctas e incorrectas, los estudiantes del grupo control solo pudieron seleccionar los esquemas correctos en un porcentaje del 21.87% y en el grupo experimental solo el 39.13% lo logró. De lo anterior y de acuerdo a Peter Airasian (2002), se puede determinar que los estudiantes no pueden discernir, clasificar y seleccionar líneas de campo eléctrico. En lo referente a la pregunta 5 y 7, los estudiantes muestran dificultades para analizar y aplicar el concepto de líneas de campo eléctrico. Por su parte, en la pregunta 9 se puede apreciar que los estudiantes construyeron dos modelos mentales. El primer modelo de manera incorrecta se encuentra centrado en la opción “c”, en donde el 31.25% del grupo control (34.78% del grupo experimental) creen que las líneas de campo eléctrico de una carga positiva se representan entrando hacia ella y las líneas de campo eléctrico en una carga negativa se representan saliendo de ella, en este contexto la pregunta se les hizo muy difícil. En el segundo modelo conceptual el 40.62% del grupo control (47,82% del grupo experimental) tienen construido el modelo adecuadamente centrado en la opción “d” que es la respuesta correcta a la pregunta, la cual sintieron moderadamente difícil. Esto se puede apreciar en la siguiente figura:

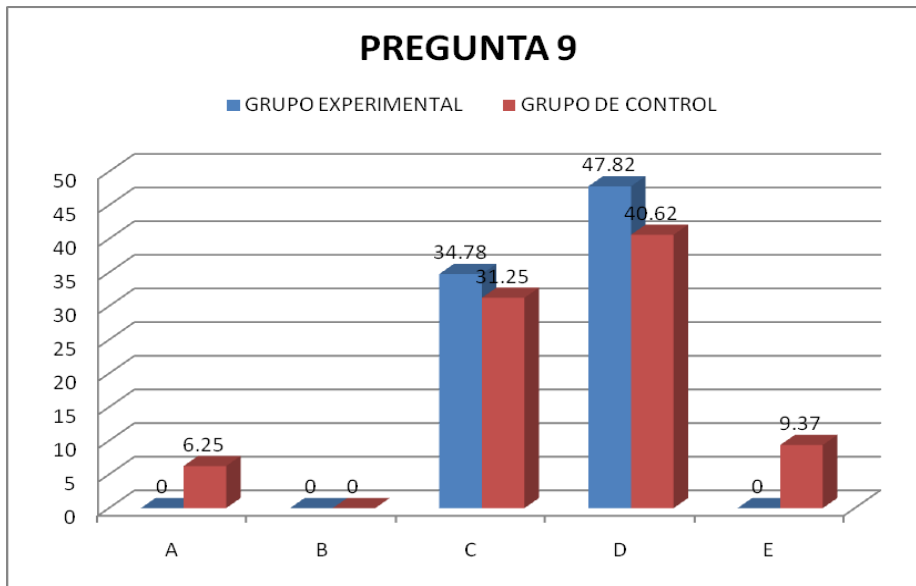


FIGURA 1. Distribución de las respuestas de los grupos de control y experimental para la pregunta 9. Se muestran dos modelos conceptuales uno correcto y uno incorrecto.

4.4 Resultados del Post-test.

Al término de la aplicación de la estrategia propuesta, se volvió a aplicar el cuestionario con el objetivo de determinar las nuevas ideas de los estudiantes con respecto a los temas objeto de estudio de esta investigación y establecer si la aplicación del Modelo Argumentativo de Toulmin mejoró la construcción de los modelos conceptuales de los estudiantes y si éstos son correctos. Esto se llevó a cabo haciendo comparaciones entre los dos grupos.

En cuanto a los datos obtenidos para los conceptos que relacionan la carga eléctrica y el campo eléctrico en los dos grupos, se observó que hubo un aumento significativo en las respuestas correctas, pero también es evidente que en el grupo experimental se obtuvo aún un mayor número de preguntas contestadas correctamente. Para la pregunta 1, en el grupo control hubo un incremento de 3.13% solamente, mientras que en el grupo experimental hubo un incremento de 30.43%. En la pregunta 2, en el grupo control se puede notar un incremento

de 9.38%, mientras que en el grupo experimental se registró el 30.44% de incremento. La pregunta 3 registra incrementos de 31.25% en el grupo control y 17.39% en el experimental. Por último, en la pregunta 11 se observan incrementos de 18.75% en el grupo control y 8.69% en el experimental, lo cual se puede advertir en la figura 2:

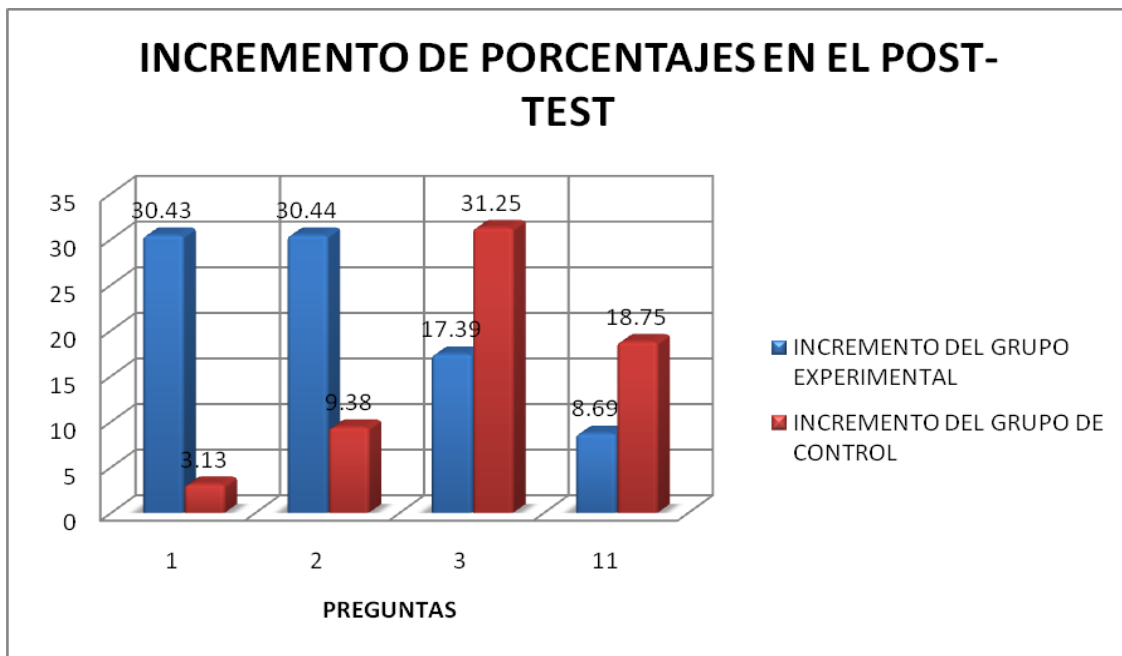


FIGURA 2. Incremento de porcentajes en las preguntas de relación de cargas con campo eléctrico.

En cuanto a la construcción de modelos conceptuales, en la pregunta 1 se construyó un modelo correcto, el cual fue el que mayor porcentaje tuvo (47.82% para el grupo experimental y 18.75% para el grupo de control) y que estaba centrado en la opción “d”. Para el grupo experimental la pregunta resultó moderadamente difícil y para el grupo control fue muy difícil.

En cuanto a la pregunta 2, se registró la construcción de un modelo conceptual correcto centrado en la respuesta “b”, donde el grupo experimental registró un 78.26% de respuestas correctas y el grupo control un 56.25%, por lo que la mayoría de los estudiantes tienen una idea clara de la distribución de carga. El grupo experimental sintió la pregunta muy fácil y el de control moderadamente difícil. Esto se puede ver en la figura 3.

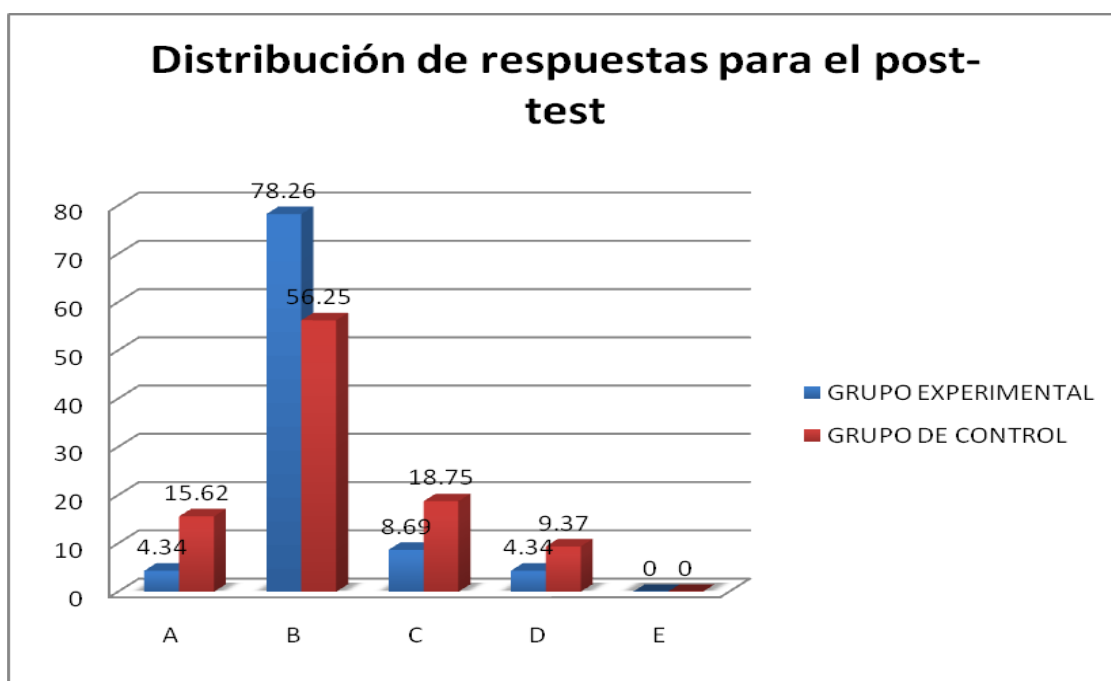


Figura 3. Distribución de respuestas para los grupos de control y experimental de la pregunta 2. Se exhibe un modelo conceptual centrado en la opción b.

En cuanto a la segunda fase, con respecto a la conceptualización de las líneas de campo eléctrico, su intensidad y el manejo de unidades, también se pudieron notar incrementos considerables en las respuestas correctas de los estudiantes. La figura 4 muestra estos incrementos:

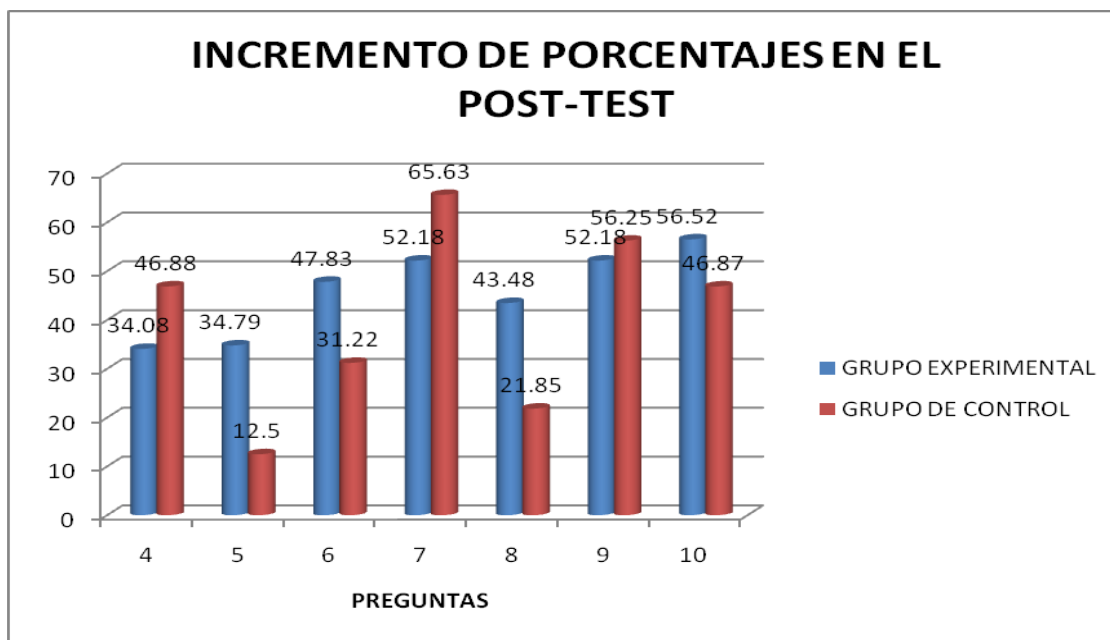


FIGURA 4. Incremento de porcentajes en las preguntas de líneas, intensidad y manejo de unidades del campo eléctrico.

Como se puede observar en la gráfica, en la pregunta 4 hubo un incremento del 46.88% para el grupo control, mientras que para el grupo experimental se puede apreciar un 34.08%. Para la pregunta 5 el incremento del grupo control fue de un 12.5% y para el grupo experimental de un 34.79%. En la pregunta 6 el incremento en el grupo control fue de 31.22% y en el experimental de 47.83%. Para la pregunta 7 el incremento en el grupo control fue de 65.63% y para el experimental de 52.18%. En la pregunta 8 el incremento del grupo control es de 21.85% y en el experimental de 43.48%. En la pregunta 9 el incremento del grupo control fue de 56.25% y en el experimental de 52.18%. Por último, en la pregunta 10 el incremento en el grupo control fue de 46.87% y en el experimental fue de 56.52%.

En cuanto al análisis de cada una de las respuestas, con base a lo planteado por Bao y Redish (2001) y Airasian (2002), se puede inferir que en la pregunta 4 los estudiantes tanto del grupo control como del experimental lograron seleccionar y discernir con mayor

precisión las líneas de campo eléctrico. En la pregunta 5, que es de tipo restringida, los estudiantes del grupo experimental aumentaron considerablemente las habilidades de contrastar y explicar las interacciones del campo eléctrico en cargas positivas y negativas, mientras que en el grupo control estas habilidades tuvieron un ligero incremento. Para la pregunta 6, que fue del tipo jerarquización, los estudiantes del grupo experimental tuvieron un incremento en las habilidades de comprensión y aplicación de la intensidad del campo eléctrico, mientras que en el grupo control también hubo un incremento en estas habilidades pero de menor magnitud. Para la pregunta 7, que también es del tipo restringida, los estudiantes del grupo control aumentaron su capacidad de contrastar y explicar cómo son las líneas de campo eléctrico entre superficies geométricas determinadas, lo cual sucedió también con el grupo experimental, pero en menor medida. Para la pregunta 8, que es de jerarquización, los estudiantes del grupo control lograron aumentar su capacidad de comprensión y aplicación de la intensidad del campo eléctrico, aunque el grupo experimental logró hacerlo mejor. En la pregunta 10, la cual es una pregunta de ejecución, los estudiantes del grupo control lograron aumentar su capacidad de análisis y ejecución en el manejo dimensional de las unidades del campo eléctrico, pero los del grupo experimental lograron un incremento aún mayor en estas habilidades.

Para la pregunta 9 se presenta la tabla 4 en donde podemos observar que la construcción del modelo conceptual referente a la interacción que existe en las líneas de campo eléctrico y las cargas eléctricas en el grupo experimental es hecha por el total (100%) de los estudiantes que representan a la muestra. Además, la pregunta en este contexto se les hizo muy fácil. Para el grupo control también hubo una construcción casi total del modelo conceptual, llegando a un total de 96.87% de respuestas correctas y la pregunta les pareció muy fácil.

Interesante notar que en el pre-test la pregunta a los dos grupos se les hizo de moderadamente difícil a muy difícil.

Es importante destacar que aunque en la figura que muestra el incremento de porcentajes para esta pregunta, el grupo de control obtuvo un mayor incremento, es en el grupo experimental donde se logró un 100% de respuestas correctas.

GE %	Id	GC %	Id
0		0	
0		0	
0		3.12	
100	Muy fácil	96.87	Muy fácil
0		0	

TABLA 4. Distribución porcentual de las respuestas de los estudiantes, la pregunta se les hizo muy fácil.

4.5 Ganancia Normalizada

El cálculo para la ganancia normalizada se llevó a cabo según la propuesta de Doran (1980):

$$G = (\text{postS} - \text{preS}) / (\text{MPS} - \text{preS})$$

En donde:

PostS = score del post-test

PreS= score del pre-test

MPS = máximo score posible

Por medio de esta fórmula se obtiene la ganancia normalizada para ambos grupos, misma que se muestra en la tabla 5. Se puede observar que hay una diferencia de 6 puntos porcentuales favorables al grupo experimental. Si bien es cierto que esta diferencia no es muy grande, nos proporciona un indicio de las ventajas que se pueden obtener al aplicar el modelo argumentativo de Toulmin en la enseñanza activa.

GRUPO	GANANCIA NORMALIZADA
CONTROL	49%
EXPERIMENTAL	55%

TABLA 5. Comparación de la ganancia normalizada entre los grupos de estudio.

En cuanto al número de aciertos logrados por el grupo experimental con respecto al de control, se observó que sí hay un mayor número de estos en el grupo experimental. En este sentido, la media aritmética muestra un incremento favorable para el grupo experimental. En la tabla 6 se muestran estos resultados.

GRUPO	MEDIA	D. Estándar
CONTROL	6.11	1.37174391
EXPERIMENTAL	6.89	1.62494889

TABLA 6. Resultados del Post-test para ambos grupos.

Se puede ver que la media de los dos grupos se incrementó en 4 puntos para ambos a partir de la aplicación de una enseñanza activa. Sin embargo, se muestra un ligero incremento en el grupo experimental que sin ser significativo nos indica el beneficio de incluir en la enseñanza activa el modelo argumentativo de S. Toulmin.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES

A partir de todo lo expuesto en el presente trabajo, del desarrollo del marco teórico, de la metodología propuesta, de la aplicación y del análisis del modelo propuesto en la enseñanza-aprendizaje del campo eléctrico, se pueden tener las siguientes conclusiones:

1. Se observa que aún prevalecen algunos modelos mentales erróneos referentes a algunas características y conceptos relacionados con el campo eléctrico, aún incluso cuando la aplicación del Modelo Argumentativo de Toulmin se llevó a cabo conjuntamente con otras estrategias de enseñanza- aprendizaje tales como: Pensar en voz alta; Resolución de Problemas Colaborativamente; Experimentación activa. Lo anterior se puede deber a varios factores, pero la autora del presente trabajo sustenta que los principales pueden ser:
 - a. Falta de conocimientos previos congruentes con el concepto de campo eléctrico y su relación con otros conceptos relacionados con éste.
 - b. Falta del conocimiento pertinente en el área de matemáticas para el manejo del concepto del campo eléctrico.
 - c. Falta de interés por la materia, ya que muchos estudiantes todavía sostienen la idea de que no tiene gran relación con la carrera que están estudiando.
 - d. Apatía por el estudio en general.

2. Se hace evidente que, después de la aplicación de una enseñanza activa en los dos grupos, hay un aumento considerable de aciertos en ambos, aunque en el grupo experimental este aumento es todavía mayor. Sin embargo, es importante notar que prevalecen las ideas erróneas de la relación que existe entre una carga puntual y un plano infinito, en donde es imprescindible tomar en cuenta el campo eléctrico. En este contexto es necesario decir que para contestar adecuadamente esta pregunta es necesario tener conocimientos matemáticos de cálculo avanzado, cosa que muchos estudiantes carecen en el curso donde se imparte este concepto.
3. Se nota, sin embargo, que un gran número de estudiantes, tanto del grupo control como del grupo experimental, refieren una construcción de modelos conceptuales acertados cuando tienen que determinar cómo es la distribución de carga en una esfera hueca, donde el campo eléctrico en el interior se anula, y se confirma cuando se inserta la interacción de otra carga, en donde el incremento de respuestas correctas es también alto.
4. Cuando se introduce el concepto de vector para determinar la dirección del campo eléctrico en el momento en el que actúan dos cargas entre sí, se observa un incremento en el número de respuestas correctas tanto en el grupo control como en el grupo experimental. No obstante persisten algunos modelos conceptuales erróneos donde se confunde la dirección del vector campo con las líneas de campo eléctrico.
5. En cuanto a la representación gráfica de las líneas de campo eléctrico, en cargas de signo positivo y negativo se registró un considerable incremento en las respuestas correctas tanto en el grupo experimental como en el de control. Esto

nos lleva a concluir que hay una construcción más acertada acerca de estas representaciones gráficas.

6. La cuestión de determinar si las líneas de campo eléctrico se pueden o no cruzar es algo que a los estudiantes tanto del grupo control como experimental les ha quedado muy clara.
7. En cuanto a determinar la intensidad del campo eléctrico, ya sea por interacción de cargas o en superficies irregulares, los estudiantes de los dos grupos denotaron un considerable incremento en la construcción de modelos conceptuales correctos y el aumento en las habilidades de analizar, comparar, deducir y aplicar.
8. En el manejo de unidades dimensionales también se observó un incremento en la aplicación de procesos que lleven a inferir el uso correcto de unidades para el campo eléctrico.
9. En cuanto al número de aciertos logrados por el grupo experimental con respecto al de control, se pudo ver que si hay un mayor número de éstos en el grupo experimental. En este sentido, la media aritmética muestra un incremento favorable para el grupo experimental.
10. Se puede concluir, a partir de estos datos y los obtenidos de la ganancia normalizada, que tenemos una pauta positiva para seguir aplicando y mejorando esta estrategia de enseñanza, basada en el desarrollo del Modelo Argumentativo de Toulmin.

BIBLIOGRAFIA

Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers&Education*, 33(2-3), pp. 131-152.

Alba, J. y Hasher, L. (1983). Is memory schematic? *Psychological Bulletin*, 93, pp. 203-231.

Airasian, P. (2002). *La evaluación en el salón de clases*. México: Mc Graw Hill.

Alzugaray, G, Capelari, M., Carreri, R.(2008). La evaluación de Software en la enseñanza de la Física: Criterios y perspectivas teóricas. *Revista Cognición*, 11. Recuperado de http://www.cognicion.net/index.php?option=com_content&task=view&id=66&Itemid086.

Alzugaray, G. (2009). Variables que afectan la comprensión del concepto de campo eléctrico. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 1942-1945. Recuperado en <http://ensciencias.uab.es/congreso08/numeroextra/art-1942-1945.pdf>

Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1989) *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo* . México: Editorial Trillas.

Bao, L., y Redish, E. (2001) Concentration analysis: A quantitative assessment of student state, *Am. J. Phys.* 69, pp. 45-53.

Bao, L. y Redish, E. (2006). Model analysis: Representing and assessing the dynamics of student learning. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 2(1), 010103.

Bao L. y Reddy, E. (2006) Modelo de Análisis: Evaluación de la Dinámica de Aprendizaje de los Estudiantes, *Phys.. Rev. ST Phys.. Educ. Res..* 2, 010 103.

Berkson, W. (1981). *Las teorías de los campos de fuerza desde Faraday hasta Einstein*. Madrid: Alianza.

Biggs, J. (2006). *Calidad del Aprendizaje Universitario* (2da. Edición). España: Narcea.

Borges, A. y Gilbert, J. (1998). Models of Magnetism. *International Journal of Science Education*, 20(3), pp. 361-378.

Braet, A. (1987). The classical doctrine of status and the rhetorical theory of argumentation. *Philosophy and Rhetoric*, 20, pp. 79-93.

Campos, M. (2003). La relación teoría-experiencia en la epistemología de Thomas S. Kuhn. Tesis Doctoral. Pontificia Universitas.

Cano, J., Gómez, J. y Cely, I. (2009). *La enseñanza del concepto de corriente eléctrica desde un enfoque histórico-epistemológico*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Antioquía.

Carretero, M. (1996). *Introducción a la Psicología Cognitiva*. Buenos Aires: Aique.

Carretero, M. et al (1997). *CONSTRUIR Y ENSEÑAR. Las Ciencias Experimentales* (2da. Edición). Argentina: Aique.

Chang, R. (1999). *Química* (6ta. edición). México: McGraw Hill Companies, Inc.

Chi, M. (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *The Journal of the Learning Sciences*, 14(2), pp. 161-199.

Chiou, G. (2013). Reappraising the relationships between physics students' mental models and predictions: An example of heat convection. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 9, pp 1-15.

Church, W, Gravel, B. y Rogers, C. (2007). Teaching parabolic motion with stop-action animation. *International Journal of Engineering Education*, 23(5), pp. 861-867.

Clark, D. (2006). Longitudinal conceptual change in students' understanding of thermal equilibrium: An examination of the process of conceptual restructuring. *Cognition and Instruction*, 24(4), pp. 467-563.

Craik, K. (1943). *The Nature of Explanation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Crespo, C. (2006). *Aplicación del Modelo Argumentativo de Stephen Toulmin en una Institución Educativa*. Trabajo de investigación para Magister. Universidad del Norte.

Dega, B., Kriek, J. y Mogese, T.(2012). Categorization of alternative conceptions in electricity and magnetism: The case of Ethiopian undergraduate students. *Research in Science Education*. Doi: 10.1007/s11165-012-9332-z

DiSessa, A., Gillespie, N. y Esterly, J. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science*, 28(6), pp. 843-900.

Doran, R. (1980). *Basic measurement and evaluation of science instruction*. Washington, D. C.: National Science Teacher Association.

Driver, R. (1989) Student's conceptions and the learning of Science. *International Journal of Science Education*, 11, pp. 481-490.

Duschl, R. (1994). *Research on the history and philosophy of science*. En D.L. Gabel (eds) Handbook of Research on Science Teaching and Learning. New York: Mcmillan Pub. Co, pp. 443-465.

Einstein, A. (1995). *Sobre la teoría de la relatividad especial y general* (M. Paredes Larrucedá, Trad.). Madrid: Alianza.(Trabajo original publicado en 1916).

Eylon, B. y Ganiel, U. (1990). Macro-micro relationships: the missing link between electrostatics and electrodynamics in students' reasoning. *International Journal of Science Education*, 12,(1), pp. 79-94.

Fensham, P. (1983). *Conceptions, Misconceptions, and Alternative Frameworks in Chemical Education*. Conferencia dictada en una reunión del “Education Division of the Royal Society of Chemistry” el 26 de abril.

Faraday, M. (1832). *Faraday's Diary*. Sep. 1820 – June 11, 1832. Vol. 1. London. G. Bell and Sons, LTD. Pág. 425.

Faraday, M. (1851). *Experimental researches in electricity by Faraday*. Great Books. Pág. 666. Ref. 3071.

Feynman, R. (1985). *Electrodinámica cuántica*. Madrid: Alianza.

Furió, C. y Guisasola, J. (1993). ¿Puede ayudar la historia de la ciencia a entender por qué los estudiantes no comprenden los conceptos de carga y potencial eléctricos? *Revista Española de Física*, 7(3), pp. 46-50.

Furió, C y Guisasola, J. (1997). Deficiencias epistemológicas en la enseñanza habitual de los conceptos de campo y potencial eléctrico. *Enseñanza de las Ciencias*. 16(1), pp. 131-146.

Furió, C. y Guisasola, J. (1998a). Dificultades de aprendizaje de los conceptos de carga y de campo eléctrico en estudiantes de bachillerato y universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), pp. 131-146.

Furió, C. y Guisasola, J. (1998b). Difficulties in learning the concept of electric field, *Science Education*, 82, pp. 511-526.

Furió, C. y Guisasola, J., (2001). La enseñanza del concepto de campo eléctrico basado en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), pp. 319-334.

Furió, C.; Guisasola, A y Zubimendi, J. (1998). Problemas históricos y dificultades de aprendizaje en la interpretación newtoniana de fenómenos electrostáticos considerados elementales. *Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias*, 3(3), pp. 165-188.

Furió, C., Guisasola, J., Almudi, J.M., & Ceberio, M.J. (2003). Learning the electric field concept as oriented research activity. *Science Education*, 87(5), 640-662

Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), pp. 291-296.

Galili, I. (1995). Mechanics background influences student' conceptions in electromagnetism. *International Journal of Science Education*, 17 (3), pp. 371-387.

García Borrás, F. (2011). Las escenas cinematográficas: una herramienta para el estudio de las concepciones alternativas de Física y Química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(3), pp. 291-311.

García Quijas, P. y Arévalo, M. (2007). Overcoming misconceptions in quantum mechanics with the time evolution operator. *European Journal of Physics*, 28, pp. 147-159.

Gentner, D. y Stevens, A. (eds.) (1983). *Mental models*. Hillsdale, N.J.:LEA.

Gianneto, E., Tarsitani, C. y Vicentini, M. (1992). The relations between Epistemology. History of Science and Science Teaching from the point of view of the Research on Mental Representations. *Proceedings of the International Conference <<History & Philosophy of Science Education>>*, pp. 359-374. Kingston: Queen's University.

Gil, D. y Carrascosa, J. (1985). Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, 7 (3), pp. 231-236.

Gobet, F (2005). Chunking models of expertise: Implications for Education. *Applied Cognitive Psychology*, 19, pp. 183-204.

Greca, I. (1995). *Tipos de representações mentais-modelos, proposições e imagens – utilizadas por estudantes de física geral sobre o conceito de campo electromagnético*. Disertación de Maestría. Porto Alegre: IFUFRGS.

Greca, I. Y Moreira, M. (1996). Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes y proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo eletromagnético en alumnos de Física General, estudiantes de posgrado y físicos profesionales. *Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), pp. 95-108.

Greca, I. y Moreira, M. (1997). The kinds of mental representation - models, propositions and images- used by college physics students regarding the concept of field. *International Journal of Science Education*, 19 (6), pp. 711-724.

Greca, I. y Moreira, M. (1998). Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), pp. 289-303.

Greca, I. y Moreira, M. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22 (1), pp. 1-11.

Greca, I. y Moreira, M. (2002) Além da detecção de modelos mentais dos estudantes. Uma proposta representacional integradora. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(1), pp 25-53.

Greca, I y Moreira, M. (2004). *Sobre cambio conceptual, obstáculos representacionales, modelos mentales, esquemas de asimilación y campos conceptuales*. Porto Alegre: Instituto de Física de UFRGS,

Guisasola, J., Almudi, J. y Zuza, K. (2010). University student's difficulties in learning electromagnetic phenomena. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 32(1). DOI: 10.1590/S1806-11172010000100011.

Harman, P. (1990). *Energía, fuerza y materia. El desarrollo conceptual de la física del siglo XIX*. Madrid: Alianza Univerdidad.

Harrison, A., Grayson, D. y Treagust, D. (1999). Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), pp. 55-87.

Hegarty, M. (2004). Mechanical reasoning as mental simulation. *TRENDS in Cognitive Science*, 8, pp. 280-285.

Henao, B. (2010). *Hacia la construcción de una ecología representacional: Aproximación al aprendizaje como argumentación desde la Perspectiva de Stephen Toulmin*. Tesis Doctoral. Universidad de Burgos.

Henao, B. y Stipcich, M. (2008). Educación en ciencias y argumentación: La perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las ciencias experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), pp. 47-62.

Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), pp. 541-566.

Horton, C. (2007). Student Alternative Conceptions in Chemistry. *California Journal of Science Education*, 7(2),

Ioannides, C., y Vosniadou, S. (2002). The changing meaning of force. *Cognitive Science*

Quarterly, 2(1), pp. 5-61.

Jackson, S. y Jacobs, S. (1980). Conversational argument: Pragmatic bases for the enthymeme. *Quarterly Journal of Speech*, 66, pp. 251-265.

Jiménez, G., Solano, M. y Marín, M. (1994). Problemas de Terminología en Estudios Realizados Acerca de <<Lo que el Alumno Sabe>> sobre Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 235-245.

Johnson-Laird, P. (1983). *Mental Models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Johnson-Laird, P. (2001). Reasoning with Mental Models. En *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, pp 12821-12824. Recuperado en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B0080430767016004>

Johnson-Laird, P. (2013). Mental models and cognitive change. *Journal of Cognitive Psychology*. 25(2), pp. 131-138.

Keiny, S. (2008). Conceptual change as both revolutionary and evolutionary process. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 14(1), pp. 61-72.

Khemlani, S., y Johnson-Laird, P. (2012a). Theories of the syllogism: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 138, 427-457.

Khemlani, S., y Johnson-Laird, P. (2012b). Hidden conflicts: Explanations make inconsistencies harder to detect. *Acta Psychologica*, 139, 486-491.

Krapas, S., Queiroz, G., Colinvaux, D. y Frando, C. (1997). Modelo: Terminología e Sentidos na Literatura de pesquisa em Ensino de Ciências. Trabajo presentado en *Encontro Linguagem, Cultura e Cognição: Reflexões para o Ensino de Ciências*. (Belo Horizonte, 5-7 de marzo de 1997).

- Landau, L. y Lifshitz, E. (1992). *Teoría clásica de los campos*. Barcelona: Reverté.
- Leeman, A. (1992). *Rhetoric versus argumentation theory*. En F.H. Van Eemeren, R. Grootendorst, J.A. Blair y Ch. A. Willard (eds), *Argumentation Illuminated*. Amsterdam: SicSat, pp. 12-22.
- Leppävirta, J., Kettunen, H. y Sihvola, A. (2011). Complex Problem Exercises in Developing Engineering Students' Conceptual and Procedural Knowledge of Electromagnetics. *IEE Transactions on education*, 54 (1).
- Li, S.(2011). Cognitive perturbation and conceptual change in learning about marine ecology with dynamic modeling. *International Journal of Instructional Media*, 38(4), pp. 359-367.
- Li, S., Law, N. y Lui, K. (2006). Cognitive perturbation through dynamic modeling: A pedagogical approach to conceptual change in science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(6), pp. 405-422.
- Linder, C. (1993). A challenge to conceptual change. *Science Education*, 77, pp. 293-300.
- Llancaqueo, A.; Caballero, C. y Moreira, M. (2003a). El concepto de campo en el aprendizaje de la física y en la investigación en educación en ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (3), Artículo 3. En <http://www.saum.uvigo.es/reec> .
- Llancaqueo, A.; Caballero, C. y Moreira, M. (2003b). El aprendizaje del concepto de campo en física: una investigación exploratoria a la luz de la teoría de Vergnaud. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25 (4), pp. 399-417.
- Llancaqueo, A. (2006). *El Aprendizaje del Concepto de campo en física conceptualización, progresividad y Dominio* . Tesis doctoral. Universidad de Burgos.
- Luxford, C. y Lowery, S. (2013). Moving beyond definitions: what student-generated models

reveal about their understanding of covalent bonding and ionic bonding. *Chem. Educ. Res. Pract*, 14, pp. 214-222.

Maloney, D., Van Heuvelen, A., O'Kuma, T. y Heiggelke, C. (2001) Conceptual Survey in Electricity, *Am. J. Phys., Education Research*, 69, pp. 12-23

Martín, J. (1999). *La introducción del concepto de campo en física*. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.

Martín, J. y Solbes, J. (1999). La enseñanza del concepto de campo en secundaria y bachillerato. Actas de la XXVII Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física. Valencia.

Martín, J. y Solbes, J. (2001). Diseño y evaluación de una propuesta para la enseñanza del concepto de campo en física. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), pp. 393-403.

Marton, F. (1981). Phenomenography: Describing conceptions of the world around us. *Instructional Science*, 10, pp. 177-200.

Matthews, M. (1990). History, Philosophy and Science Teaching: A rapprochement. *Studies in Science Education*, 18, pp. 25-51.

Maxwell, J., C. (2005). *An Elementary Treatise On Electricity*. Dover Publications, Inc. New York. Segunda Edición. Pág 36

McDermott. L. (1993) How we teach and how students learn: A mismatch? *American Journal of Physics*, 59, pp. 301-315.

McNamara, T. (1994). *Knowledge Representation*. En R. Sternberg (ed.) *Thinking and Problem Solving*. Academic Press.

McKagan, S., Perkins, K., Dubson, M., Malley, C., Reid, S., LeMaster, R. y Wieman C. (2008). Developing and researching PhET simulations for Teaching Quantum Mechanics. *Am. J. Phys*, 76 (4 y 5), pp. 406-417.

Moreira, M. (1996). Modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*. Recuperado de <http://www.if.ufrgs.br/ienci>.

Moreira, M. (1997). “Aprendizaje significativo: un concepto subyacente”. En Moreira, M.A., Caballero, C. y Rodríguez, M.L. (orgs). *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo*, Burgos, España.

Moreira, M. (2000). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: Visor.

Moreira, M. (2002). A teoria dos campos conceituais de Vergnaud. *Investigacoes em Ensino de Ciências*, 7(1): 7-30.

Moreira, M. (2003). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. (2a edición). Madrid: Editorial Machado libros, S.A.

Moreira, M. (2011). Meaningful learning: from the classical to the critical view. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1(1), pp 1-15.

Moreira, M. (2012). ¿Al final, qué es aprendizaje significativo? *Revista Quirriculum*, La Laguna, 25, pp 29-56.

Moreira, M. y Greca, I. (1996). Concept mapping and mental models. *Meaningful Learning Forum*, 1(1).

Morin, E. (1999). *Los siete sabers necesarios para la educación del futuro*. Francia: UNESCO.

Nava M, Arrieta X, Flores M.. (2008). Ideas previas sobre carga, fuerza y campo eléctrico en estudiantes universitarios. Consideraciones para su superación. *TELOS*, Volumen 10 (2), 308 - 323.

Nersessian, N. (1989). Conceptual change in science and in science education. *Synthese*, 80, pp. 163-183.

Nersessian, N. (1992). How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in Science. En *Cognitive Models of Science* Vol XV. Minneapolis: University of Minnesota Press. pp. 3-44.

O'keefe, D. (1997). Standpoint explicitness and persuasive effect: A meta analytic review of the effects of varying conclusion articulation in persuasive messages. *Argumentation and Advocacy*, 34, pp. 1-12.

Ong, W. (1987). *Oralidad y escritura*. México: Fondo de Cultura Económica.

Özdemir, G. y Clark, D. (2007). An overview of conceptual change theories. *Eurasia Journal of Mathematics Science & Technology Education*, 3(4), pp. 351-361.

Pauli, W. (1996). *Escritos sobre física y filosofía*. Madrid: Debate.

Perelman, Ch. y Olbrechts-Tyteca, L. (1989). *Tratado de la Argumentación*. Madrid: Gredos.

Pinarbasi, T., Canpolat, N. y Bayrakceken, S. (2006). An investigation of effectiveness of conceptual change text-oriented instruction on students' understanding of solution concepts. *Research in Science Education*, 36, pp. 313-335.

Pintó, R., Aliberas, J. y Gómez, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), pp. 221-232.

- Pozo, J. (1999). Más allá del cambio conceptual: El aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), pp. 513- 520
- Pozo, J. (2006). *Teorías Cognitivas del aprendizaje*. España: Morata.
- Pozo, J. y Gómez, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.
- Regehr, G y Norman, G. (1996). Issues in cognitive psychology: Implications for professional practice. *Academic Medicine*, 71, pp. 988-1001.
- Reiner, M.(1997). A learning environment for mental visualization in electromagnetism, *International Journal of Computers for Mathematical Learning* 2, pp.125-154.
- Resnick,R., Halliday, D. y Krane, K. (2009). *Física. Tomos 1 y 2*. Editorial. Patria
- Reyes, D. y Vargas, M. (2010). “Concepciones sobre el campo eléctrico en estudiantes de Licenciatura en Física”. *Memorias, II congreso Nacional de investigación en educación en ciencias y tecnología*. Cali, 1-14.
- Rodríguez, L. (1994). *Argumentos por ethos, logos y pathos*. En César Villegas (Comp.), *Estudios de lingüística aplicada a la enseñanza de la lengua materna*. Caracas: ASOVELE.
- Rodríguez, L (2004). El modelo argumentativo de Toulmin en la escritura de Artículos de Investigación Educativa. *Revista Digital Universitaria*, 5(1). ISSN: 1067-6079.
- Rodríguez, M. (1999). *Conocimiento previo y cambio conceptual*. Buenos Aires : Aique.
- Sánchez, M. (2003). *La relación teoría-experiencia en la epistemología de Thomas S. Kuhn*. Tesis de Doctorado. Pontificia Universitas Sanctae Crucis.

Sandoval M y Mora C. (2009). Modelos erróneos sobre la comprensión del campo eléctrico en estudiantes universitarios. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, Vol. 3, 647-648.

Saltiel, E. y Viennot, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), pp. 137-144.

Sears, W., Zemansky, M., Young, H y Freedman, R (2009). *Física Universitaria* (Decimosegunda edición). México: Pearson Educación.

Seroglou, F., Panagiotis, K. y Vassilis, T. (1998). History of Science and instructional desing: the case of electromagnetism. *Science and Education*, 7, pp. 261-280.

Serway, R. (2009). *Física, Vol. II*. México: Mc.Graw-Hill.

Slater, J. y Frank, N. (1947). *Electromagnetism*. New York: Mc Graw-Hill Company, Inc.

Solbes J. y Martin, J. (1991). Análisis de la introducción del concepto de campo. *Revista Española de Física*, 5(3), pp. 34-39.

Solbes, J. y Traver (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la Física y Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), pp. 103-112.

Sternberg, R. (1996). *Cognitive psychology*. Forth Worth, TX: Harcourt Brace College Publishers.

Strickland, A., Kraft, A. y Bhattacharyya, G. (2010). What happens when representations fail to represent? Graduate students' mental models of organic chemistry diagrams. *The Royal Society of Chemistry*, 11, pp. 293-301.

The Physics Classroom Topics. Recuperado de: <http://www.physicsclassroom.com/Class/>

- Tipler, P. (2007). *Física para la ciencia y tecnología*. Barcelona: Reverté.
- Toulmin, S. (1958). *The Uses of Argument*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- Toulmin, S. (1961). *Foresight and understanding: An inquiry into the aims of science*. Blomington: Indiana University Press.
- Toulmin, S. (1970). "Does the distinction between normal and revolutionary science hold water?" En I. Lakatos y A. Musgrave (eds.) *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press, pp 39-47.
- Toulmin, S. (1972). *Human understanding, vol. 1. The collective use and evolution of concepts*. Oxford: Oxford University Press.
- Toulmin, S. (1990). *Cosmopolis: The hidden agenda of modernity*. Nueva York: Free Press.
- Toulmin, S. (2003). *Return to Reason*. EUA: Harvard University Press.
- Toulmin, S (2006). *The Uses of Argument*. Nueva York: Cambridge.
- Toulmin, S. (2007). *Los usos de la Argumentación* (M. Morrás y V. Pineda, Trad.). Barcelona: Ediciones Península. (Trabajo original publicado en 2003).
- Van Eemeren, F. y Grootendorst, R. (1982). The speech acts of arguing and convincing in externalize discussions. *Journal of Pragmatics*, 6(1), pp. 1-24.
- Vázquez, A. (1990). Concepciones Alternativas en Física y Química de Bachillerato: Una metodología diagnóstica. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), pp. 251-258.
- Vázquez, A., Manassero, M. y Acevedo, J. (2005). Análisis cuantitativo de ítems complejos

de opción múltiple en ciencia, tecnología y sociedad: Escalamiento de ítems. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 7(1). Recuperado en: <http://redie.uabc.mx/vol7no1/contenido-vazquez.html>.

Viennot, L. (1992). Raisonement à plusieurs variables: tendances de la pensée commune. *Aster*, 14, pp. 127-141.

Viennot, L. (1996). *Raisonnement en physique. La part du sens commun*, (De Boeck Université París).

Viennot, L. y Rainson, R. (1992). Students' reasoning about the superposition of electric fields. *International Journal of Science Education*, 14(4), pp. 475-487.

Wandersee, J. (1992). The Historicity of cognition: implications for Science Education Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (4), pp. 423-434.

Wandersee, J., Mintzes, J. y Novak, J. (1994). *Research on Alternative Conceptions in Science*. En D.L. Gabel (ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: Mcmillan Pub. Co. , pp. 177-210

Wellman, H. y Gelman, S. (1992). Cognitive development: Foundational theories of core domains. *Annual Review of Psychology*, 43, pp. 337-375.

Wenzel, J. (1980). Perspectives on argument. *Three perspectives on argument. Rhetoric, dialectic, logic*. Recuperado de <http://www.springerlink.com/index/M12index/>

Wenzel, J. (1990). "Three perspectives on argument rhetoric, dialectic, logic". En R. Trapp y J. Shuetz (eds.). *Perspectives on Argumentation. Essays in the Honor of Wayne Brockriede*. Illinois: Waveland Press, pp. 9-26.

Wittgenstein, L. (1922). *Tractatus Logico-Philosophicus*. London: Routledge & Kegan.

Wood, V. N. (1997). *Perspectives on Argument*. Guía de estudios on-line. Recuperado de:
<http://cwx.prenhall.com/bookbind/pubbooks/wood2/>

Zhongzhou, C. y Gladding, G. (2014). How to make a good animation: A grounded cognition model of how visual representation design affects the construction of abstract physics knowledge. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 10, 010111.

Zulick, M. (1997). Generative Rhetoric and Public Argument: A Classical Approach. *Argumentation and Advocacy*, 33 (3), pp 109-119.

ANEXO 1 ANTECEDENTES DEL CONCEPTO DE CAMPO ELÉCTRICO

Dentro de la enseñanza de la física uno de los temas fundamentales a tratar es el de campo eléctrico, ya que es uno de los conceptos que más áreas de la disciplina abarca. Por ejemplo dentro de la Física clásica se utiliza para describir, ejemplificar y explicar fenómenos de electromagnetismo, de gravitación, de fluidos y de transporte. En la física contemporánea se utiliza en teorías de partículas elementales que buscan la elaboración de modelos que expliquen una teoría unificada las fuerzas básicas de la naturaleza (Feynman, 1985). También dentro de la teoría de la relatividad general (Einstein, 1995) se utiliza este concepto como elemento básico para describir las relaciones que existen entre el espacio y el tiempo (Pauli, 1996). Otra utilidad substancial del concepto la tenemos cuando se utiliza para hacer una descripción matemática tomándolo como función de tal manera que sirva para describir una cantidad medible y variable definida en cada punto de una región.

Haciendo una retrospectiva histórica en la Física, encontramos que el concepto de campo surge en el siglo XIX, en ese momento histórico se llevaba a cabo una búsqueda para explicar los fenómenos electromagnéticos. Laplace y Poisson, a fines del siglo XVIII elaboraron una formulación de la teoría gravitacional en función del campo gravitacional y potencial, sin embargo esta formulación tendía más bien a tomarse como una herramienta matemática que una enunciación que permitiese profundizar en conceptos físicos (Slater y Frank, 1947). Es indudable que es Faraday quien planteo por primera vez una teoría sobre el concepto de campo que no tomaba en cuenta la idea de acción a distancia para estudiar las fuerzas electromagnéticas. A partir de los planteamientos de Faraday, Maxwell en 1865 estableció un planteamiento matemático a lo desarrollado por Faraday, para lo cual estableció

un programa de investigación que tomaba como base la teoría de que una acción física, en particular electromagnética, se transmite continuamente por el espacio y tiempo mediatizada por el campo, y no se ejerce a distancia según la teoría de la mecánica de Newton que dominaba el concepto que se tenía de la naturaleza en ese tiempo (Berkson, 1981; Harman, 1990).

Maxwell desarrolla y fundamenta su teoría a partir de una metodología que tiene un fundamento epistemológico de investigación sobre la Física y que se encuentra sustentado en tres métodos principalmente, el método hipotético deductivo, el método analítico y el uso de analogías entre dominios de la Física.

La culminación de estos trabajos toma forma a partir de la teoría de los campos eléctricos y magnéticos sintetizada en cuatro ecuaciones para dichos campos en el año de 1868, se puede decir que esta es la primera teoría donde el tema sobre el campo tiene una significación física. En esta teoría se plantea que una carga eléctrica está rodeada por un campo eléctrico que se extiende hasta el infinito, y que el movimiento de la carga da origen a un campo magnético, mismo que también posee un alcance infinito. Una característica muy importante de los dos campos es que ambos son vectoriales en su magnitud en cada punto del espacio y el tiempo.

Maxwell construye su teoría sobre la base de la mecánica clásica en donde se describe la interacción entre partículas materiales en donde se aplica el concepto de fuerza o a través de energía potencial de interacción que se toma como una función de las coordenadas espaciales de las partículas que interactúan y que supone una propagación de las mismas. Un cambio en la posición de las partículas afecta inmediatamente a las que la rodean ya que las fuerzas que interactúan entre ellas dependen solo de las posiciones que estas tienen en un

instante de tiempo determinado. En el caso de las interacciones electromagnéticas existe un límite para la propagación y es la velocidad de la luz, este hecho fue reconocido por el propio Maxwell.

En la teoría de la relatividad se establece que si en un cuerpo que se encuentra en interacción ocurre un cambio, éste cuerpo influirá sobre otros después de transcurrido un intervalo de tiempo, lo cual implica que hay una *velocidad de propagación de la interacción*, la cual hace posible la determinación del tiempo que transcurre desde el momento de que un cuerpo experimenta un cambio y este comienza a manifestarse en otro (Landau y Lifshitz, 1992; Slater y Frank, 1947), en los estudios que se llevaron a cabo se determinó que esta velocidad de propagación es la misma que la velocidad de la luz.

Einstein en su teoría de la relatividad mantiene la idea que tiene Maxwell acerca de la interacción que existe entre partículas, y donde sostiene que esta interacción se puede describir mediante el concepto de campos *de fuerzas*, esto es, se maneja que la acción que ejerce una partícula sobre otra es porque crea un campo alrededor de ella y esto da origen a que una fuerza determinada actúe sobre cada una de las partículas situadas en ese campo.

Dentro de la mecánica clásica, el campo sirve para describir un fenómeno físico, mientras que en la teoría de la relatividad debido al límite que tiene la velocidad de propagación de las interacciones da como resultado que las fuerzas que actúan sobre una partícula en un instante dado no están determinadas por las posiciones de las demás en el mismo instante. Un cambio en la posición de una de las partículas afecta a las otras partículas después de que transcurre un cierto tiempo.

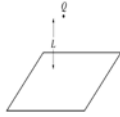
Esto es de gran importancia porque hace que el campo adquiera una realidad física. En consecuencia, no se puede hablar de una interacción directa entre partículas colocadas las

unas de las otras a cierta distancia, sino se debe hablar en cambio, de la interacción de una partícula con el campo y de la posterior interacción del campo con otra partícula (Landau y Lifshitz, 1992; Einstein, 1995).

Alzugaray, G (2009), hace mención que estas dificultades en cuanto a concepciones y razonamiento se hacen más evidentes cuando los docentes ponen a los estudiantes a aplicar el concepto frente a situaciones problemáticas. En dichas situaciones se ha percibido que se deben principalmente a los deficientes conocimientos y fundamentos que poseen del álgebra vectorial, las representaciones tanto gráficas como simbólicas y los diferentes niveles de pensamiento alcanzado por los estudiantes.

ANEXO 2 CUESTIONARIO APLICADO EN LA INVESTIGACIÓN

1.



Una carga positiva Q está situado a una distancia L por encima de un plano infinito de tierra, como se muestra en la figura anterior. ¿Cuál es el total de carga inducida en el plano?

- (A) $2Q$
- (B) Q
- (C) 0
- (D) $-Q$
- (E) $-2Q$

2. Una esfera de metal hueca es eléctricamente neutra (sin exceso de carga). Una pequeña cantidad de carga negativa de repente se puso en un punto P de esta esfera de metal. Si revisamos este exceso de carga negativa a los pocos segundos nos encontraremos con una de las siguientes posibilidades:

- (A) Todo el exceso de carga se mantiene alrededor del punto P .
- (B) El exceso de carga se ha distribuido de manera uniforme sobre la superficie exterior de la esfera.
- (C) El exceso de carga se distribuye uniformemente sobre la superficie interior y exterior.

(D) La mayoría de la carga no está en el punto P, pero algunos electrones se han extendido sobre la esfera.

(E) No habrá exceso de carga a la izquierda.



3. La siguiente figura muestra una esfera de metal hueca en la que inicialmente se distribuyó una carga positiva (+) en su superficie. A continuación, una carga positiva + Q se ubicó cerca de la esfera ¿Cuál es la dirección del campo eléctrico en el centro de la esfera después de que la carga positiva +Q se coloca cerca de ella?

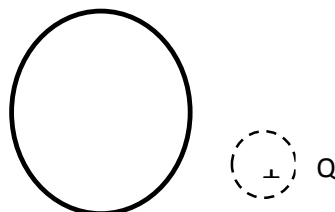
(A) Izquierda

(B) Derecha

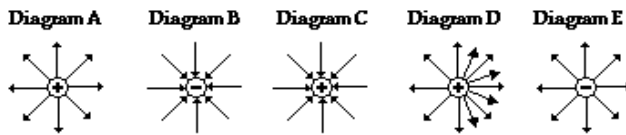
(C) Arriba

(D) Abajo

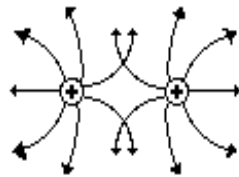
(E) Cero campo eléctrico



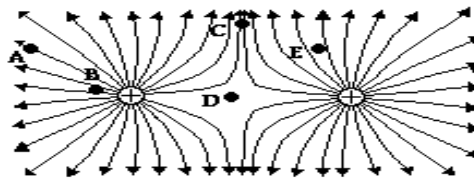
4. Varios modelos de líneas de campo eléctrico se muestran en los diagramas de abajo. ¿Cuáles de estos patrones son incorrectos? Explicar lo que está mal con todos los diagramas que son incorrectos



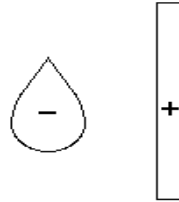
5. Se señalaron las siguientes líneas del campo eléctrico para una configuración de dos cargas. ¿Qué está mal en el diagrama que se dibujó? Explique.



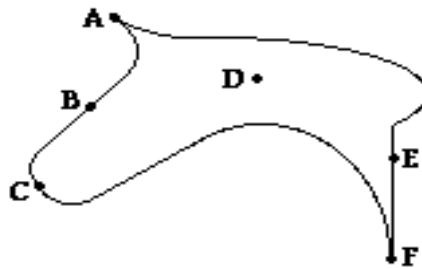
6. Tenga en cuenta las líneas de campo eléctrico establecido en la siguiente figura para una configuración de dos cargas. Varios lugares están marcados en el diagrama. Clasifique estos lugares con el fin de establecer la intensidad de campo eléctrico - de menor a mayor



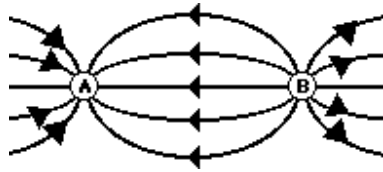
7. Dibuje las líneas de campo eléctrico para la siguiente configuración de dos objetos. Coloque flechas en las líneas de campo.



8. Describa la intensidad de campo eléctrico en las seis ubicaciones de la figura en forma irregular que representa un objeto cargado. Utilice las frases "cero", "relativamente débil", "moderado", y "relativamente fuerte", para hacer sus descripciones.



9. Tenga en cuenta las líneas de campo eléctrico que se muestran en el siguiente diagrama. A partir del diagrama, se desprende que el objeto A es ____ y el objeto B es ____



- a) ++ b) -, - c) +, - d) -, + e) Información insuficiente

10. La siguiente unidad no es la unidad estándar para expresar la cantidad de fuerza del campo eléctrico: $\text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2 / \text{C}$. Sin embargo, podría ser aceptable para una unidad de \mathbf{E} . Haga un análisis de las unidades para identificar si el conjunto es una unidad aceptable para la intensidad de campo eléctrico.

11. Se tienen dos globos y se observa que un globo está cargado negativamente. El globo B ejerce un efecto de repulsión en globo A. ¿El vector del campo eléctrico creado por el globo B se encaminará a B o fuera de B? _____ Explique su razonamiento

CAMPO ELECTRICO

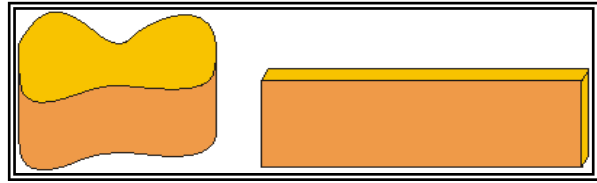
I. OBJETIVOS

- Graficar las líneas equipotenciales en la vecindad de dos configuraciones de cargas (electrodos).
- Calcular la diferencia de potencial entre dos puntos.
- Calcular la intensidad media del campo eléctrico.
- Estudiar las características principales del campo eléctrico.
- Entender el concepto y las características principales del campo eléctrico.
- Aprender como calcular el campo eléctrico asociado con las cargas que se distribuyen a través de un objeto.
- Entender como las líneas de campo eléctrico pueden usarse para describir la magnitud y dirección del campo eléctrico en una pequeña región del espacio.

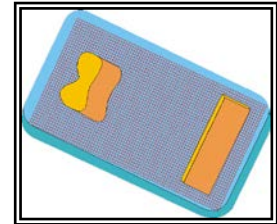
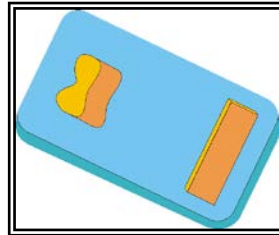
II. MATERIALES

Fuente de voltaje de 6 V.C.D.





Juego de electrodos de cobre



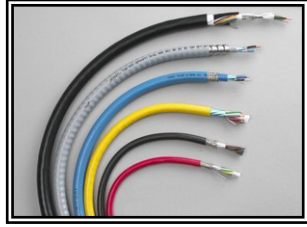
Cubeta de vidrio, cucharadita de sal común y agua
(A ras de la superficie)



Voltímetro



Electrodo móvil explorador



Alambres conectadores

III. FUNDAMENTO TEÓRICO

Un cuerpo cargado eléctricamente causa alrededor de él un campo electrostático. Para determinar y medir dicho campo en un punto cualquiera es necesario introducir en dicho medio otro cuerpo cargado, que llamaremos carga de prueba q_0 , y medir la fuerza F que actúa sobre él. La carga de prueba q_0 se considera lo suficientemente pequeña de manera que la distorsión que su presencia causa en el campo de interés sea despreciable.

La fuerza que experimenta la carga q_0 en reposo en el punto P en un campo eléctrico es:

$$F = Q_0 \cdot E$$

y el campo eléctrico en dicho punto es:

$$E = F / Q_0$$

La magnitud o intensidad de campo eléctrico en P se toma como

$$E = | E | = | F | / Q_0$$

DIFERENCIA DE POTENCIAL ELÉCTRICO

La diferencia de potencial o tensión eléctrica, entre dos puntos de un campo, se define como el trabajo efectuado por la unidad de cantidad de electricidad al ser transportada entre dichos puntos.

Si queremos transportar la carga q de B hasta A, la diferencia de potencial entre A y B será:

$$V_{AB} = V_B - V_A = W_{AB} / q^+ \quad . . . (1)$$

Donde:

- V_{AB} = Diferencia de potencial entre los puntos A y B.
- W_{AB} = Trabajo realizado por el agente externo.
- q^+ = Carga que se mueve entre el punto A y B.

En el sistema internacional, el trabajo se da en joule, la carga eléctrica en coulomb y la diferencia de potencial en voltios.

Si el punto A es tomado muy lejos, la fuerza sobre la carga q^+ en ese punto será prácticamente cero, entonces la diferencia de potencial en el punto B es llamado potencial absoluto del punto B.

El potencial absoluto de un punto en un campo eléctrico es el trabajo realizado para traer la carga q^+ desde el infinito al punto en consideración.

Es posible encontrar un gran número de puntos todos con el mismo potencial en un campo eléctrico. La línea o superficie que incluye todos estos puntos es llamada línea o superficie equipotencial.

Sabemos que:

$$W_{AB} = \int_A^B \mathbf{F} \cdot d\mathbf{l} = -q \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -q \int_A^B E dl \cos 180^\circ = q \int_A^B E dl \quad (2)$$

Combinando las ecuaciones (1) y (2) podemos obtener una relación para la intensidad de campo eléctrico, en función de la diferencia de potencial entre los puntos A y B y la distancia que los separa “d”:

$$E = (V_B - V_A) / d$$

Para poder visualizar la intensidad y dirección del campo eléctrico se introduce el concepto de líneas de fuerza. Las líneas de fuerza son líneas imaginarias que son trazadas de tal manera que su dirección y sentido en cualquier punto, serán las del campo eléctrico en dicho punto. Estas líneas de fuerza deben dibujarse de tal forma que la densidad de ellas sea proporcional a la magnitud de E.

Dos puntos de un campo electrostático tienen una diferencia de potencial V si se realiza trabajo para mover una carga de un lugar a otro, este trabajo realizado es independiente de la trayectoria o recorrido escogido entre los dos puntos A y B.

Consideremos el campo eléctrico E debido a la carga $+Q$ una carga $+q$ en cualquier parte del punto soportara una fuerza $F = +qE$.

Por eso es necesario realizar un trabajo (para mover la carga $+q$ del punto A al punto B que están a diferentes distancias de la carga $+Q$).

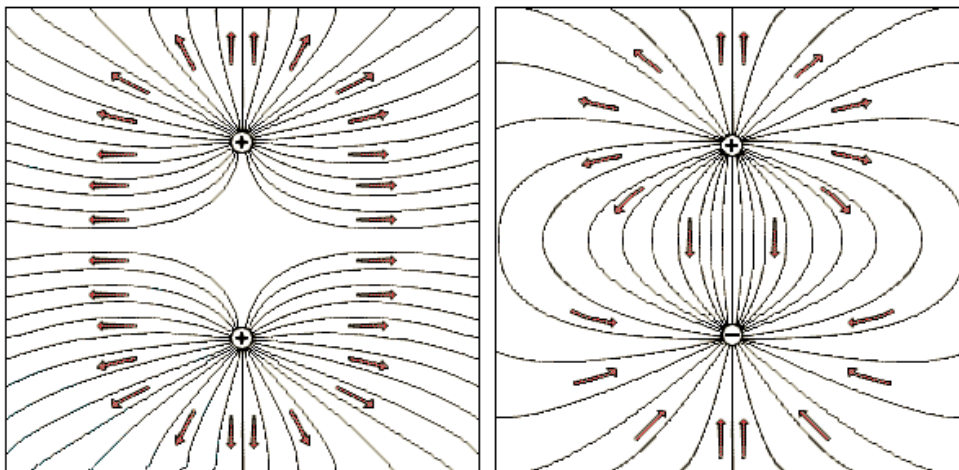
Líneas de Fuerza Eléctricas

Las líneas de fuerza eléctrica indican la dirección y el sentido en que se movería una carga de prueba positiva si se situara en un campo eléctrico.

El diagrama de la izquierda muestra las líneas de fuerza de dos cargas positivas. Una carga de prueba positiva sería repelida por ambas.

El diagrama de la derecha muestra las líneas de fuerza de dos cargas de signo opuesto. Una carga de prueba positiva sería atraída por la carga negativa y repelida por la positiva.

IV. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

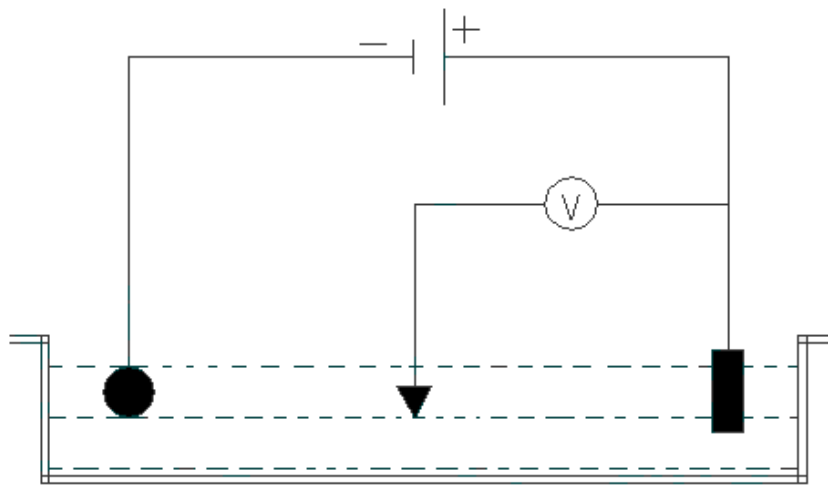


En esta parte del laboratorio seguimos exactamente lo pedido en la guía puesto que contábamos con todos los instrumentos necesarios para implementar totalmente el laboratorio.

El procedimiento fue el siguiente:

1. Arme el circuito del esquema. El voltímetro mide la diferencia de potencial entre un punto del electrodo y el punto que se encuentra en la punta de prueba.
2. Ubique en forma definitiva los electrodos sobre el fondo de la cubeta de vidrio, antes de echar la solución electrolítica, preparada previamente en un recipiente común.
3. Con el voltímetro mida la diferencia de potencial entre un punto del electrodo y el punto extremo inferior del electrodo de prueba.

4. En cada una de las dos hojas de papel milimetrado trace un sistema de coordenadas XY, ubicando el origen en la parte central de la hoja. Dibuje el contorno de cada electrodo en las posiciones que quedarán definitivamente en la cubeta.
5. Sitúe una de las hojas de papel milimetrado debajo de la cubeta de vidrio. Esta servirá para hacer las lecturas de los puntos de igual potencial que irá anotando en otro papel.



6. Eche la solución electrolítica en el recipiente fuente de vidrio.
7. Sin hacer contacto con los electrodos mida la diferencia de potencial entre ellos acercando el electrodo de prueba a cada uno de los otros dos casi por contacto y tomando notas de las lecturas del voltímetro.

$$\Delta V \text{ electrodos} = V \text{ electrodo anillo} - V \text{ electrodo placa}$$

8. Seleccione un número de líneas equipotenciales por construir no menor de diez.
9. Entonces el salto potencial entre línea y línea será, en el caso de seleccionar diez líneas por ejemplo:

$$\Delta V = \Delta V \text{ electrodos} / 10;$$

Y en general:

$$\Delta V = \Delta V \text{ electrodos} / N$$

Donde N es el número de líneas.

En el caso de tener un número incómodo, redondee por el exceso o por defecto a un valor cercano cómodo.

10. Desplace la punta de prueba en la cubeta y determine puntos para los cuales en la lectura del voltímetro permanece invariante. Anote lo observado y represente estos puntos en su hoja de papel milimetrado auxiliar.

Una los puntos de igual potencial mediante trazo continuo, habrá usted determinado cada una de las superficies equipotenciales: $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, \dots$

V. CUESTIONARIO

1.- Determine la magnitud del campo eléctrico entre las líneas equipotenciales.

¿El campo eléctrico es uniforme? ¿Por qué?

Para determinar la magnitud del campo eléctrico entre las líneas equipotenciales, se utilizará una fórmula que esté en función de la diferencia de potencial entre dos puntos y la distancia que los separa. Esta fórmula es: $E = (V_B - V_A) / d$

Para los diferentes puntos se tiene:

- $E_1 = (4.8 - 4.2) / 0.015 = 40$
- $E_2 = (4.2 - 3.6) / 0.015 = 40$
- $E_3 = (3.6 - 3.1) / 0.015 = 33.3$
- $E_4 = (3.1 - 2.6) / 0.015 = 33.3$
- $E_5 = (2.6 - 2.2) / 0.015 = 26.7$
- $E_6 = (2.2 - 1.9) / 0.015 = 20$

- $E7 = (1.9 - 1.4) / 0.015 = 33.3$
- $E8 = (1.4 - 1) / 0.015 = 26.7$
- $E9 = (1 - 0.1) / 0.015 = 60$

2.- En su gráfica dibuje algunas líneas equipotenciales para el sistema de electrodos que utilizó.

Ver Gráfico en Papel Milimetrado.

3.- ¿Cómo serían las líneas equipotenciales si los electrodos son de diferentes formas?

La existencia del campo eléctrico se propone para explicar la interacción entre cargas eléctricas, aun cuando no hay contacto físico entre ellas. En este modelo se asume que la carga positiva es la fuente de campo eléctrico, mientras que la carga negativa es el “descargue” de campo eléctrico. Las líneas de campo empiezan en la carga positiva y se dirigen y terminan en la carga negativa. La existencia y propiedades básicas del campo eléctrico fueron propuestas por el físico y químico inglés Michael Faraday (1791-1867), quien llamó líneas de fuerza a su representación gráfica. Según Faraday, la intensidad del campo eléctrico se visualiza a través del acercamiento relativo entre las líneas de fuerza: a mayor densidad de líneas, mayor intensidad de campo eléctrico. Las líneas de fuerza, o líneas de campo, muestran la trayectoria que seguiría una pequeña carga puntiforme positiva, sin masa, si se colocara en el seno de un campo eléctrico.

Por otro lado, puede decirse que las cargas eléctricas producen “desniveles eléctricos” en el espacio: cargas positivas dan lugar a elevaciones mientras cargas negativas, a depresiones. El “desnivel eléctrico” se puede representar gráficamente gracias a las llamadas líneas equipotenciales, similares a las curvas de nivel. La intersección entre las líneas

equipotenciales y las líneas de fuerza ocurre a ángulos rectos. Un sitio en el WEB donde puede verse algunos ejemplos de líneas de fuerza, líneas de campo y líneas equipotenciales de cargas puntiformes, con animación y recursos para modificar la distribución de cargas es el siguiente:

En la figura 1 tenemos un ejemplo de representación de las líneas de fuerza y las equipotenciales correspondientes a una distribución de carga.

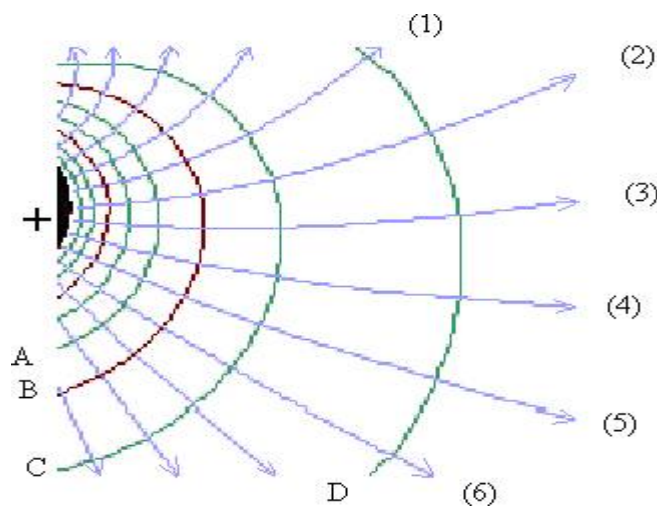


Figura. Líneas de fuerza y líneas equipotenciales de una carga

La distribución de carga está representada a la izquierda con el signo + y una región negra. Las líneas de fuerza empiezan en la carga positiva y se dirigen hacia la carga negativa, que en este caso estaría a la derecha del dibujo, aunque no se muestra en él. Observamos que las líneas de fuerza terminan con flechas. Hemos identificado algunas de ellas con los números (1), (2),... (6). Las líneas equipotenciales aparecen como arcos haciendo ángulos de 90° con las líneas de fuerza. Hemos representado algunas de estas equipotenciales con las letras A, B, C y D. Podemos notar que las líneas de fuerza están más cercanas entre sí en el área donde

empiezan, y luego van separándose cada vez más a medida que se alejan de la carga positiva, es decir, hacia el lado derecho de la figura. Esto significa que el campo eléctrico es más intenso del lado izquierdo, y disminuye su intensidad cuando nos movemos hacia la derecha. La línea equipotencial A está a un potencial más alto que la B y esta está a un potencial más alto que la C y así, sucesivamente. La carga positiva produce “elevaciones” de nivel eléctrico.

4.- ¿Porque nunca se cruzan las líneas de fuerza?

Nunca se cruzan, pues si lo hicieran, no podría determinarse la dirección que tendría la fuerza sobre una carga en el punto de intersección. Como la fuerza en cualquier punto solo puede tener una sola dirección, es evidente que las líneas de campo jamás se cortan.

Tampoco es posible que dos líneas equipotenciales diferentes se crucen ya que éstas siempre son perpendiculares a las líneas de fuerza, en consecuencia, son paralelas entre sí.

Por otro lado normalmente un electrodo produce líneas de fuerza dirigidas desde una carga positiva a una negativa, todo ello representa el campo eléctrico, su dirección, su densidad y comúnmente no se altera su estado normal ya que hay otras cargas que pueden originar un total desequilibrio en este sistema.

Consideremos que las líneas de fuerza se cruzan; entonces como son líneas diferentes

$$(V_1 \text{ distinto de } V_2); \text{ y } W_{12} = (V_2 - V_1) q$$

Se sabe que para trasladar un punto a su mismo punto el trabajo es cero porque en sí no se mueve la partícula de prueba; entonces $W = 0$.

$$0 = (V_2 - V_1) q \text{ entonces } V_2 - V_1 = 0 \text{ y } V_2 = V_1 \text{ (contradicción)}$$

Las líneas equipotenciales no se cruzan, ya que tendríamos en un punto, dos valores diferentes de potencial eléctricos. Es decir tendríamos dos valores diferentes de campo eléctrico para un mismo punto y eso es imposible.

5.- Si Ud. imaginariamente coloca una carga de prueba en una corriente electrolítica ¿cuál será su camino de recorrido?

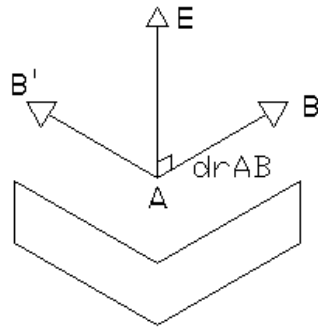
Las corrientes electrolíticas se mueven a lo largo de las líneas de fuerza o líneas de campo, ya que estas líneas representan la trayectoria que siguen las partículas (en este caso, sal ionizada) que se encuentran cargadas positivamente y que están disueltas en el agua.

6.- ¿Por qué las líneas de fuerza deben formar un ángulo recto con las líneas equipotenciales cuando las cruzan?

Al igual que es imposible tener líneas de fuerza que se intersequen, también será imposible que dos superficies equipotenciales distintas, que correspondan a distintos valores de potencial se corten entre sí.

Esto se puede explicar mejor; mediante un ejemplo:

Relación de los Vectores de Campo y las Superficies Equipotenciales



Como se muestra en la figura, A y B son dos puntos de una superficie equipotencial dada. Supóngase que A es fijo pero que la posición de B varía, aunque está infinitesimalmente próximo a A. Entonces, como A y B están al mismo potencial, se da:

—

$$dV_{AB} = - E \cdot dr_{AB} = 0$$

En que dr_{AB} es el vector que va de A a B. Pero si se anula el producto escalar, los vectores E y dr_{AB} deben ser mutuamente perpendiculares.

Entonces la ecuación dada es válida para todo punto B de la superficie equipotencial en la vecindad ó de A, lo que quiere decir que el vector E es perpendicular a cualquier vector r_{AB} que se halle en la superficie equipotencial.

En consecuencia, se sigue que E debe ser perpendicular a la propia superficie.

Como el campo eléctrico es siempre perpendicular a la superficie de cualquier objeto conductor, se deduce que la superficie de cualquier cuerpo conductor en equilibrio electrostático es una superficie equipotencial.

En esas circunstancias, todo punto de la superficie de un conductor debe estar al mismo potencial.

7.- El trabajo realizado para transportar la unidad de carga de un electrodo a otro es:

Para hallarlo utilizamos los datos obtenidos de la gráfica

Electrodo lineal: $V_A = 1$

Electrodo anular: $V_B = 6$

-19

Carga del e-: $q = 1.6 \times 10^{-19}$

$$V_{AB} = V_B - V_A = W_{AB} / q$$

-19

$$W_{AB} = (6-1) 1.6 \times 10^{-19}$$

-19

$$W_{AB} = 3.125 \times 10^{-19} \text{ JOULES}$$

8.- Siendo $E = (VB - VA) / d$; el error absoluto es:

Error absoluto: Se obtiene de la suma de los errores del instrumento y el aleatorio.

$$E_A = E_i + E_a$$

$$E_i = 0$$

En este caso no vamos a considerar el error de lectura mínima pues se obtuvo el campo eléctrico por método indirecto. Por lo tanto:

$$E_A = E_a$$

$$E_a = \frac{3\theta}{\sqrt{n-1}}$$

D (m)	Va	Vb	E= (Va-Vb)/d
0.155	6	1	32.26
0.033	2	1	30.30
0.017	2.5	2	29.41
0.016	3	2.5	31.25
0.029	4	3	34.48
0.03	5	4	33.35
0.0295	6	5	33.39

Tenemos:

$$X_m = \Sigma E / n = 224.44 / 7 = 32.06285714$$

$$\theta = \sqrt{\frac{(X_m - X_1)^2 + (X_m - X_2)^2 + (X_m - X_3)^2 + (X_m - X_4)^2 + \dots + (X_m - X_7)^2}{7}}$$

$$\theta = \sqrt{\frac{(32.06 - 32.26)^2 + (32.06 - 30.30)^2 + (32.03 - 29.41)^2 + \dots + (32.06 - 33.39)^2}{7}}$$

$$\theta = \sqrt{\frac{10.95467}{7}}$$

$$\theta = \sqrt{1.564952}$$

$$\theta = 1.250950758$$

$$E_a = \frac{3(1.250950758)}{\sqrt{7}-1} = 1.532132268$$

$$E_A = E_i + E_a = 0 + 1.532132268 = 1.532132268$$

9.- El error relativo de la medida de E es:

Error relativo: Es la razón del error absoluto y el valor promedio de la medida.

$$E_R = E_A / X_m$$

$$E_R = 1.532132268/32.06285714 = 0.04778526946$$

En porcentaje será

$$E_R \% = E_R \times 100 = 4.778526946$$

10.- Que semejanza y diferencia existe entre un campo eléctrico y un campo gravitatorio

SEMEJANZAS

-Ambos son campos centrales y conservativos; por tanto, llevan asociados una función potencial.

- Los campos creados en un punto por una masa o por una carga puntual disminuyen con el cuadrado de la distancia entre la masa o carga que lo crea y el punto.

DIFERENCIAS

Para una mejor comprensión, sobre las diferencias de estos dos campos, hemos plasmado estas diferencias en el siguiente cuadro:

CAMPO ELECTRICO	CAMPO GRAVITATORIO
1. Están creados por cargas eléctricas y su intensidad en un punto es la fuerza que ejercería sobre la carga unidad positiva situada en él.	1. Está creado por una masa y su intensidad en un punto es la fuerza que ejercería sobre una masa unidad situada en él.
2. Cuando la carga eléctrica que lo crea es una carga puntual, el campo dirigido radialmente hacia el infinito si la carga es positiva o hacia ella si la carga es negativa.	2. Cuando la masa que lo crea es una masa puntual, el campo va dirigido radialmente hacia ella.

<p>3. El campo que crea una carga depende del medio donde esté inmersa.</p>	<p>3. El campo que crea una masa no depende del medio donde ésta se encuentra.</p>
<p>4. El signo del potencial asociado depende del signo de la carga eléctrica que lo origina</p>	<p>4. El potencial asociado es siempre negativo.</p>
<p>5. En los campos eléctricos, las cargas eléctricas constituyen la fuente del campo. Una vez conocido este se puede determinar fuerza sobre un objeto electrizado. Las cargas eléctricas móviles también pueden establecer campos magnéticos, pero, solo se consideraran campos eléctricos creados por cargas en reposo.</p>	<p>5. En el campo gravitatorio, una distribución de masa como la de la tierra establece un campo $g(x,y,z)$ en el espacio circundante. Si desea luego evaluar la fuerza gravitatoria que experimenta un objeto de masa m ubicado en el punto (x,y,z), tal fuerza sera $mg(x,y,z)$. Una masa distinta experimentara una fuerza diferente. Por tanto, si tiene un caso en que hay una distribución de masa que origina que una fuerza de gravedad actúe sobre una masa m. Al estudiar esta interacción, es sumamente útil considerar la distribución de masa en el interior de la Tierra como una fuente que es estable un campo gravitacional, que luego interactúa con el objeto aplicándole una fuerza $mg(x,y,z)$.</p>

11.- Si el potencial eléctrico es constante a través de una determinada región del espacio. ¿Qué puede decirse acerca del campo eléctrico en la misma? Explique

Se ha establecido que la intensidad de campo eléctrico E nos sirve de característica vectorial (FUERZA) de un campo eléctrico, y también sabemos que el Potencial eléctrico es una característica escalar (ENERGETICA) asociada a cada punto de una región donde se establece el campo eléctrico.

Ahora según el caso preguntado si es que Si el potencial eléctrico es constante a través de una determinada región del espacio. ¿Qué puede decirse acerca del campo eléctrico en la misma?

Si el potencial eléctrico es constante, entonces no necesariamente el campo eléctrico puede ser también constante, ya que el potencial es una magnitud escalar y el campo es un vector, es decir una magnitud vectorial, pudiendo tener este campo infinitas direcciones.

VI. CONCLUSIONES

- Se aprendió a graficar las líneas equipotenciales en la vecindad de dos configuraciones de cargas (electrodos).
- Se lo logró aprender a calcular la diferencia de potencial entre dos puntos.
- Se pudo aprender a calcular la intensidad media del campo eléctrico.
- Se pudo obtener características principales del campo eléctrico.
- Se logró Entender el concepto y las características principales del campo eléctrico.
- Se logró aprender como calcular el campo eléctrico asociado con las cargas que se distribuyen a través de un objeto.
- Se logró entender como las líneas de campo eléctrico pueden usarse para describir la magnitud y dirección del campo eléctrico en una pequeña región del espacio.

VII. BIBLIOGRAFIA

Electricidad y Magnetismo, SEARS FRANCIS. SEXTA EDICIÓN. MADRID., Editorial Aguilar S.A. 1967.

Fundamentos de Electricidad y Magnetismo., Arthur F. Kip, Mc Graw – Hill Book Company.

Física., Resnick Holliday, *Volumen II. Editorial Cecs.*

Campos y Ondas., Marcelo Alonso Finn, Volumen II, Editorial Feisa.