



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y  
Tecnología Avanzada  
Unidad Legaria

---

**“ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE CAMPO  
MAGNÉTICO A ESTUDIANTES DE PREPARATORIA  
UTILIZANDO INVESTIGACIÓN DIRIGIDA”**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL GRADO**  
**DE DOCTORA EN CIENCIAS**  
**EN FÍSICA EDUCATIVA**

**P R E S E N T A :**  
**IRMA DE JESÚS MIGUEL GARZÓN**

*Director: Dr. Daniel Sánchez Guzmán*



México, D. F., Marzo de 2012



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 16:30 horas del día 10 del mes de Octubre del 2011 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-LEG. para examinar la tesis titulada:

ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE CAMPO MAGNÉTICO A ESTUDIANTES DE PREPARATORIA UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN DIRIGIDA

Presentada por la alumna:

MIGUEL  
Apellido paterno

GARZÓN  
Apellido materno

IRMA DE JESÚS  
Nombre(s)

Con registro: 

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

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

Director(a) de tesis

Dr. Daniel Sánchez Guzmán

Dr. César Eduardo Mora Ley

Dr. Ricardo García Salcedo

Dr. Mario Humberto Ramírez Díaz

Dr. José Guzmán Martínez

### PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. José Antonio Irán Díaz Góngora



CICATA IPN  
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*CARTA CESIÓN DE DERECHOS*

En la Ciudad de México, D.F. el día 10 del mes octubre del año 2012, el (la) que suscribe Irma de Jesús Miguel Garzón alumno (a) del Programa de Doctorado en Ciencias en Física Educativa con número de registro A080678, adscrito a CICATA Legaria, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Daniel Sánchez Guzmán y cede los derechos del trabajo intitulado "Enseñanza del Concepto de Campo Magnético a estudiantes de preparatoria utilizando la Metodología de Investigación Dirigida", 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 del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección irmamiguel@gmail, dsanchezzm@gmail.com., Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Nombre y firma

## DEDICATORIAS

Es para mí un placer dedicar este humilde tributo a tanta gente maravillosa que me acompañó y ayudó a través del largo camino:

A mi madre “Goyita” mi primera maestra y quien sembró en mi, el gusto por aprender.

A la memoria de mi padre “Pedrito” (D.e.P.) quien me inculcó el valor de la responsabilidad y de la tenacidad y gracias a eso he podido avanzar a pesar de las dificultades.

A mis hijos “Ernesto, Irma Patricia y Pablo Alberto” quienes han sido mis mejores maestros, mi motor de avance y principal proyecto de vida.

A mi maestra Rosita del kínder sin cuyo apoyo incondicional no hubiera podido siquiera terminar la secundaria y quien me ayudó a obtener mi primera credencial de biblioteca.

A mi maestro Luis Raúl Berriel por su amistad, confianza y apoyo en todo momento desde que nos impartió cursos en la Universidad, luego como jefe en el INAOE, director de tesis de licenciatura, y hasta el día de hoy.

A mi jefe y amigo David López Castillo por brindarme su amistad y apoyo desde el primer día de trabajo en la División de Ingeniería del ITESO.

A mis estudiantes de Preparatoria y Universidad, quienes me han enseñado cómo enseñarles.

A la memoria del Dr. Augusto Moreno y Moreno (D.e.P.), pionero de la dosimetría nuclear en nuestro país, quien fue siempre una fuente de inspiración científica y bellísima persona.

Al Maestro Horacio García Fernández porque es un ejemplo a seguir en la tarea de la Enseñanza de las Ciencias, iniciando su gran labor desde 1957, en el área rural y urbana de nuestro país.

A mis amigas Emma Lilia, Tere, Irma, Maricarmen y Gina porque son las hermanas que me brindó la vida.

A mis hermanas y hermanos

## AGRADECIMIENTOS

Primero y ante todo, doy gracias a Dios, porque me permite editar esta tesis, además de todas las bendiciones que me da, empezando por la existencia. Enseguida agradezco a las siguientes personas:

A mi Profesor, Dr. César Mora por brindarme la gran oportunidad de estudiar, participar y contribuir a la ciencia de enseñar Física. Contando desde el principio con su invaluable apoyo, fue posible estudiar el doctorado en física educativa.

A mi asesor, Dr. Daniel Sánchez Guzmán por su acertada dirección, amistad y apoyo en todo momento durante la realización de esta tesis.

A las autoridades educativas de CICATA Legaria del IPN, por hacer posible el postgrado en Física Educativa y de esa manera darnos la oportunidad de prepararnos mejor.

A la Dra. Eugenia Etkina de la Universidad de Rutgers por su amistad y valiosa ayuda durante la realización de esta tesis.

Al Profesor Dykstra de la Universidad de Boise y a la Profesora Raluca Teodorescu del MIT por sus valiosos comentarios a esta investigación.

Al Profesor Manuel Sandoval de la Universidad Politécnica de Tabasco, quien siempre tuvo palabras de ánimo además de ayuda valiosa.

A los directivos y profesores de las instituciones en que se aplicó esta propuesta. Preparatoria Alfonso Calderón Moreno de la BUAP, Instituto del Bosque y Preparatoria del Centro Escolar “Coronel Raúl Velasco de Santiago” de Canoa Puebla. En especial a los profesores Moisés Avendaño Cruz, Ángel Miranda franco, Irma Merchand Arroyo, Ángel Soto Limón y Norberto Pérez Olivares, sin cuya determinante colaboración y apoyo no hubiera sido posible realizar esta investigación.

A los estudiantes de las instituciones educativas que participaron en este trabajo de investigación, por su constancia, responsabilidad y gran trabajo de equipo, valores que hicieron posible la obtención de resultados tan satisfactorios. En especial a los estudiantes de los grupos 3BV y 3AV de la Preparatoria Alfonso Calderón Moreno de la BUAP; a los estudiantes de los grupos del 4oA y 4oC de la Preparatoria del Centro Escolar “Coronel Raúl Velasco de Santiago” de Canoa Puebla. A los estudiantes del grupo de 4º A de la preparatoria del Instituto del Bosque Puebla.

A mis maestros de la Maestría de Educación en Ciencias de la BUAP. En especial a los Profesores: Esther Zapata, Horacio García Fernández, Ana Rosa Méndez Aguilar, Honorina Ruíz Estrada, Miguel Ángel Zenteno, Edmundo Macip, Adrián Corona y Josip Slisko. Por sus valiosas contribuciones, que enriquecieron mi formación docente.

## RESUMEN

Se presenta una propuesta educativa para la enseñanza del concepto de campo magnético, usando el modelo denominado *investigación dirigida* y usando imagen como recurso didáctico de apoyo durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. El objetivo de esta propuesta es promover en los estudiantes, el aprendizaje activo de la ciencia a través de trabajo colaborativo.

Las actividades para el laboratorio y para el aula, que se usaron en esta propuesta educativa, para enseñar el concepto de campo magnético a estudiantes de un curso de física de preparatoria, se administraron a estudiantes de dos preparatorias públicas y a estudiantes de una preparatoria privada del estado de Puebla. El primer grupo experimental pertenecía a una preparatoria pública, mientras que el segundo pertenecía a una escuela privada, ambas ubicadas en la ciudad de Puebla. Los estudiantes de los grupos de control asistían a preparatorias públicas, una de ellas ubicada en la ciudad de Puebla y la otra en San Miguel Canoa, Puebla.

Los estudiantes realizaron las actividades usando trabajo colaborativo en un ambiente de aprendizaje activo. Las actividades para el laboratorio se diseñaron siguiendo el modelo de Investigación Dirigida (Gil, 1993) y tomando en cuenta la clasificación de experimentos propuesto por Etkina (2001). El uso de imagen como recurso didáctico de apoyo en el aula, se hizo con un material basado en el multimedia llamado *Supercomet*, disponible en línea en internet, que se ha usado tanto para enseñanza de la física (Fernández, M. L. y col., 2010), como para entrenamiento de maestros de física (Aileen Earle, et al., 2004).

Cabe señalar que la estrategia propuesta solo se aplicó durante las sesiones de aula y de laboratorio correspondientes al tema de campo magnético. Por lo tanto, los estudiantes realizaron trabajo colaborativo solamente durante estas sesiones, que fueron tres en total.

Para revisar los resultados obtenidos, se usó un esquema como el presentado por Lara-Barragán (2008), es decir, *Oi X Of* donde *Oi* es el pre-test, *X* la aplicación de la secuencia didáctica y *Of* el post-test. En la sección de resultados se muestran las distribuciones de respuestas para el pre-test y post-test. A partir de los resultados calculamos la ganancia normalizada (Hake, 2007) y encontramos que los grupos experimentales dieron un valor grande comparado con los grupos de control.

Concluimos en base al estadístico *t* de Student (Mendenhall, 2008), que esta propuesta es efectiva para la enseñanza del concepto de campo magnético y podría ser útil para la enseñanza de un curso completo de física introductoria. Se propone, que las actividades para el laboratorio y el material audiovisual interactivo realizado para esta propuesta, se ponga a disposición de los profesores de bachillerato y de esta manera se contribuya a una mejor enseñanza de la física en ese nivel educativo.

## ABSTRACT

We present an educational proposal for magnetic field concept teaching, which uses the model known as *Oriented Research* and using image as a supporting educational resource. The proposal intention is to promote on students, the active science learning through collaborative work.

Laboratory and classroom activities used for magnetic field concept teaching to students attending a high school physics course, were administered to the students from two public high schools and to the students from a private high school, from Puebla, México. Students in the first experimental group belonged to a public high school and students in the second experimental group belonged to a private high school, both located at Puebla City. Students in the control groups attended the public high schools, one of them located at Puebla City and the other one at San Miguel Canoa, Puebla.

Students performed those activities using collaborative work in an active learning environment. The laboratory activities were designed according to oriented research model and considering the experiment classification proposed by Etkina (2001). In order to use image at the classroom, we designed a material based on the multimedia *Supercomet* which is available through the internet and has been used for physics teaching (Luisa Ma. Fernández y col., 2010), as well as for physics teacher's training.

We would like to point out that proposal was applied only during classroom and laboratory sessions corresponding to magnetic field concept. Therefore, only during three sessions the students performed collaborative work.

We revised obtained results using the method presented by Lara Barragán (2008), namely  $O_i - X - O_f$ , where  $O_i$  is the pre-test,  $X$  is didactic sequence application and  $O_f$  is post-test. We show pre-test and post- test answer distribution in the results section. From results we calculated the normalized gain (Hake, 2007) finding that experimental groups yielded a big value compared to the value obtained for control groups.

Based on the statistic Student's  $t$  (Mendenhall, 2008) we concluded that this proposal is effective for magnetic field concept teaching and could be useful for the teaching of a whole introductory physics course. We also intend that, laboratory activities and interactive audiovisual material made for this proposal be available for high school teachers in order to improve physics teaching in this educational level.

# Contenido

<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>12</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>12</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	15
1.2 PREGUNTAS, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.2.1 Preguntas de investigación .....	16
1.2.2 Hipótesis de investigación .....	17
1.2.3 Objetivo general de investigación .....	17
1.2.4 Objetivos particulares.....	18
1.4 DIAGRAMA DE DISEÑO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA .....	18
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	19
1.5 ESTRUCTURA DE LA TESIS .....	20
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>22</b>
2.1 PIAGET Y EL CURRÍCULO DE CIENCIAS .....	22
2.1.1 Instrucción Concreta e Instrucción formal .....	24
2.1.2 El Aprendizaje de Conceptos Concretos y Formales.....	25
2.1.3 Posibilidades y Limitaciones del Proceso de Instrucción Concreta .....	26
2.2 ZONA DE DESARROLLO PRÓXIMO .....	26
2.3 TRABAJO COLABORATIVO EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA .....	27
2.4 EL PAPEL DE LOS EXPERIMENTOS EN EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA .....	29
2.5 FACTORES QUE CONDICIONAN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE .....	32
2.5.1 Dificultades de Aprendizaje del Concepto de Campo Magnético.....	33
2.5.2 La motivación y su papel en el aprendizaje .....	34
2.6 ANTECEDENTES – ESTADO DEL ARTE .....	35
2.7 APRENDIZAJE ACTIVO.....	36
2.8 ENFOQUES DE APRENDIZAJE ACTIVO .....	37
2.8.1 Revisión de Estudios de Caso en Física (Overview Case Study Physics-OCSP).....	38
2.8.2 Grupos Cooperativos (Cooperative Groups).....	38
2.8.3 Laboratorios de Inducción con Diálogos Socráticos (SDIL-Socratic Dialog Induction Laboratories. ....	40
2.8.4 Laboratorios basados en microcomputadoras (Micocomputer Based Labs- MBL).....	41
Demostraciones Interactivas en el aula.....	42
2.8.6 Instrucción por pares o parejas (Peer Instruction) .....	44
2.8.7 Tareas de clasificación (Ranking Tasks) .....	45
2.8.8 Tutoriales (Tutorials).....	45
2.8.9 Talleres para Física (Workshop Physics).....	46
2.8.10 Estudio para Física (Studio Physics).....	47
2.8.11 Ambiente Investigativo para aprendizaje de la ciencia (Investigative Science Learning Environment-ISLE).....	47
2.8.12 Investigación dirigida.....	48
2.9 MODELO DE INVESTIGACIÓN DIRIGIDA.....	50
2.9.1 Naturaleza tridimensional de la enseñanza como investigación dirigida .....	50
2.9.2 Características fundamentales del modelo de Investigación Dirigida .....	52
2.9.3 Enseñanza de las Ciencias usando Investigación Dirigida .....	53



2.10 INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN CSEM .....	58
2.10.1 <i>Análisis del instrumento de evaluación CSEM</i> .....	58
2.10.2 <i>Uso de CSEM en la investigación actual</i> .....	61
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>62</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>62</b>
3.1 CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN .....	62
3.2 APLICACIÓN DE LA EVALUACIÓN PRE-TEST A GRUPOS EXPERIMENTALES Y DE CONTROL.....	64
3.2.1 <i>Pre-test del grupo experimental PC</i> .....	64
3.2.2 <i>Pre-test del grupo experimental IBP</i> .....	65
3.3 PRE-TEST CON EL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN CSEM-MAG .....	65
3.4 OBJETIVOS DE APRENDIZAJE .....	75
3.5 EPISTEMOLOGÍA Y SECUENCIACIÓN DE CONTENIDOS. ....	76
3.6 ACTIVIDADES DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA .....	78
3.6.1 <i>Actividades para el laboratorio</i> .....	78
3.6.2 <i>Actividades para el aula</i> .....	82
3.6.2.1 <i>Construcción de la presentación Power Point</i> .....	82
3.7 INTRODUCCIÓN A LA SECUENCIA DE ACTIVIDADES .....	91
3.7.1 <i>Introducción a la secuencia para el grupo experimental PC</i> .....	91
3.7.2 <i>Introducción a la secuencia para el grupo experimental IBP</i> .....	92
3.8 FORMACIÓN DE EQUIPOS .....	92
3.9 TRABAJO EN EL LABORATORIO.....	92
3.10 APLICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES EXPERIMENTALES PARA APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE CAMPO MAGNÉTICO .....	94
3.10.1. <i>Aplicación de la primera actividad experimental</i> .....	94
3.10.2 <i>Aplicación de la segunda actividad experimental</i> .....	99
3.11 APLICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PARA EL AULA .....	101
3.12 EVALUACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA .....	102
3.12.1 <i>Evaluación Post – Test</i> .....	102
3.12.2 <i>Evaluación de la retención</i> .....	102
3.12.3 <i>Evaluación de la aceptación de la aceptación de los estudiantes para la secuencia didáctica diseñada siguiendo el modelo de investigación dirigida</i> .....	103
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>104</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>104</b>
4.1 MEDICIONES PARA EL GRUPO EXPERIMENTAL PC. ....	104
4.2 MEDICIONES PARA EL PRIMER GRUPO DE CONTROL. ....	106
4.3 MEDICIONES PARA EL GRUPO EXPERIMENTAL IBP.....	108
4.4 MEDICIONES PARA EL GRUPO DE CONTROL CANOA .....	110
4.5 GANANCIA NORMALIZADA OBTENIDA.....	112
4.6 PRUEBA DE LAS HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	112
4.7 ACEPTACIÓN DE LOS ESTUDIANTES PARA LA SECUENCIA DIDÁCTICA.....	115
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>119</b>
<b>CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS .....</b>	<b>119</b>

5.1 CONCLUSIONES ACERCA DE LA SECUENCIA DE ENSEÑANZA.....	119
5.2 DIFICULTADES Y LÍMITES DEL ESTUDIO REALIZADO.....	120
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>127</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>132</b>
<b>INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN CSEM-MAG.....</b>	<b>132</b>
<b>ANEXO B.....</b>	<b>138</b>
<b>HOJAS DE TRABAJO PARA PRÁCTICAS.....</b>	<b>138</b>
<b>ANEXO C.....</b>	<b>146</b>
<b>TEMARIOS DE MAGNETISMO.....</b>	<b>146</b>
<b>ANEXO D.....</b>	<b>147</b>
<b><i>SUPERCOMET</i>.....</b>	<b>147</b>
<b>ANEXO E.....</b>	<b>154</b>
<b>TABLA DEL ESTADÍSTICO <i>T</i> DE STUDENT.....</b>	<b>154</b>
<b>ANEXO F.....</b>	<b>155</b>
<b>ENCUESTA A ESTUDIANTES.....</b>	<b>155</b>

### **Lista de figuras**

Figura 3. 1 Materiales usados en la primera actividad.....	79
Figura 3. 2 Brújula afectada por el campo magnético de un imán.....	80
Figura 3. 3 a) Brújula inmóvil y b) brújula afectada por el campo magnético del conductor rectilíneo. ....	80
Figura 3. 4 a) brújula inmóvil; b) brújula afectada por el campo magnético de la espira.....	81
Figura 3. 5 Experimento de Oersted, pantalla 5 de Supercomet.....	83
Figura 3. 6 Experimento de Oersted, pantalla 6 de supercomet. ....	83
Figura 3. 7 Experimento de Oersted con pantalla 5 adaptada.....	84
Figura 3. 8 Experimento de Oersted con pantalla 6 adaptada.....	84
Figura 3. 9 Líneas de Campo Magnético en el experimento de Oersted. ....	85
Figura 3. 10 Regla de la mano derecha. ....	85
Figura 3. 11 Explicación de la regla de la mano derecha.....	86
Figura 3. 12 Espira con corriente y su campo magnético.....	87
Figura 3. 13 Dirección del campo magnético en una espira. ....	87
Figura 3. 14 Fuerza magnética sobre una partícula cargada.....	88
Figura 3. 15 Intensidad de la fuerza magnética.....	89
Figura 3. 16 Fuerza sobre una partícula que se mueve en dirección paralela al campo.....	89
Figura 3. 17 La partícula se mueve en dirección distinta a la del campo.....	90
Figura 3. 18 La partícula se mueve en un ángulo de 90° respecto al campo.....	90
Figura 3. 19 Estudiantes del grupo experimental PC realizando la actividad 1.....	95
Figura 3. 20 Esquema de las líneas de campo magnético que obtuvieron los estudiantes con la limadura de hierro y: a) un imán (parte superior); b) dos imanes con polos diferentes frente a frente. ....	96
Figura 3. 21 Esquema del experimento con un imán y clips, realizado por un estudiante del grupo experimental PC. ....	96
Figura 3. 22 Esquemas del experimento con un imán y distintos materiales.....	97
Figura 3. 23 Estudiantes del grupo experimental PC realizando la actividad experimental 1. ....	97

Figura 3. 24 Esquema de las líneas de campo magnético que obtuvieron los estudiantes del grupo IBP con la limadura de hierro y: a) un imán (parte superior); b) dos imanes con polos diferentes frente a frente.....	98
Figura 3. 25 Esquema realizado por los estudiantes del grupo IBP con un imán y objetos metálicos (clips) . .	98
Figura 3. 26 Estudiantes del grupo experimental PC durante la actividad experimental 2.....	99
Figura 3. 27 Esquemas realizados por los estudiantes del grupo experimental IBP durante la realización del experimento 2 de la segunda actividad. Usaron una brújula y un conductor rectilíneo.....	100
Figura 3. 28 Esquemas realizados por los estudiantes del grupo experimental IBP durante la realización de la segunda actividad experimental.....	100
Figura 3. 29 Estudiantes del grupo experimental PC durante la sesión en el aula.....	101
Figura 3. 30 Estudiantes del grupo experimental IBP durante la sesión en el aula .....	101
Figura D- 1 Menú del multimedia Supercomet .....	148
Figura D- 2 Primera pantalla del tema de magnetismo en Supercomet.....	148
Figura D- 3 Pantalla 20 del multimedia Supercomet.....	149
Figura D- 5 Imanes con el mismo polo frente a frente .....	150
Figura D- 8 Dipolo magnético encontrado en las porciones de imanes.....	152
Figura D- 9 Causas de pérdida de magnetismo en un imán.....	153

### **Lista de gráficas**

Gráfica 5. 1 Resultados del pre-test del grupo experimental PC .....	104
Gráfica 5. 2 Resultados del post-test del grupo experimental PC.....	104
Gráfica 5. 3 Resultados de la evaluación de retención del grupo PC .....	105
Gráfica 5. 4 Gráfica comparativa de las evaluaciones pre-test, post-test y retención del grupo PC.....	105
Gráfica 5. 5 Resultados del pre-test del primer grupo de control .....	106
Gráfica 5. 6 Resultados del post-test del primer grupo de control.....	107
Gráfica 5. 7 Gráfica comparativa de respuestas correctas del primer grupo de control .....	107
Gráfica 5. 8 Resultados del pre-test del grupo experimental IBP.....	108
Gráfica 5. 9 Resultados del post-test del grupo experimental IBP .....	109
Gráfica 5. 10 Gráfica comparativa de respuestas correctas del grupo IBP.....	109
Gráfica 5. 11 Resultados del pre-test del grupo de control Canoa.....	110
Gráfica 5. 12 Resultados del Post-test del grupo de control Canoa.....	111
Gráfica 5. 13 Gráfica comparativa de respuestas correctas del grupo Canoa .....	111

### **Lista de tablas**

Tabla I Mediciones del Pre-test, Post-test and Retención del grupo experimental PC.....	106
Tabla II Mediciones del Pretest y Posttest del primer grupo de control. ....	108
Tabla III Mediciones del pre-test y post-test para el grupo experimental IBP .....	110
Tabla IV Mediciones del Pre-test and Post-test el grupo de control Canoa.....	112

# Capítulo I

## Introducción

*“Los hombres demuestran su racionalidad, no ordenando sus conceptos y creencias en rígidas estructuras formales, sino por su disposición a responder a situaciones nuevas con espíritu abierto, reconociendo los defectos de sus procedimientos anteriores y superándolos” (Toulmin, 1972).*

---

En los diferentes niveles educativos de nuestro país, Se tiene la necesidad de mejorar la enseñanza de la Física, para que los estudiantes comprendan los conceptos fundamentales y sepan aplicarlos a situaciones problemáticas cotidianas. También se requiere que los estudiantes mejoren su actitud hacia el estudio de la física y que se involucren en la construcción de sus conocimientos.

En la *Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI*, auspiciada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la Ciencia, se dijo que: *“para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico”* (Declaración de Budapest, 1999).

Por la razón mencionada anteriormente, es imperativo que en las aulas de nuestro país se trabaje al respecto. Mora (2009), señala dos puntos básicos clave:1) Centrar el proceso educativo en el alumno y 2) Aprovechar los resultados de la investigación educativa sobre cómo se aprende en los entornos escolares. Estos dos puntos constituyen la base principal para este estudio.

Al día de hoy, han sido muchos los esfuerzos realizados por varios investigadores, a través de varias décadas en diferentes países, para mejorar la situación mencionada anteriormente. Gracias a estos esfuerzos, se dispone actualmente de un número considerable de estrategias efectivas de enseñanza de la física, así como de diversos materiales educativos, que sirven de apoyo a los estudiantes durante su aprendizaje.

Entre estas estrategias se encuentra el aprendizaje activo, el cual consiste en involucrar al alumno dentro del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje (PEA), para que de manera constructiva se apropie de los conocimientos que va adquiriendo y asimilando como ser humano, a través de la interacción con ideas y materiales en lugar de recibir conocimiento en forma pasiva.

En cada situación educativa, una estrategia determinada resulta más adecuada que otra y la mayoría de las veces, la decisión de aplicar una estrategia está en función de los resultados derivados de las investigaciones respecto a la misma, o bien, el docente considera oportuno innovar aplicando una variante o combinación de estrategias propuestas. Por otro lado, algunas de estas metodologías, requieren de recursos tecnológicos específicos, pero no siempre se dispone de estos.

La carencia de recursos en las instituciones educativas en países de Latinoamérica y particularmente en México, ocasiona que no se puedan usar algunas metodologías de enseñanza. Sin embargo, en este estudio, se demuestra que hay alternativas que hacen posible implementar estrategias de enseñanza activas eficientes, a pesar de contar con una infraestructura de recursos tecnológicos limitados.

En el presente trabajo de tesis, se implementa una secuencia didáctica siguiendo el modelo de *investigación dirigida* (Gil, 1993) y usando *imagen* como recurso didáctico de apoyo, para la enseñanza del concepto de campo magnético a estudiantes de preparatoria. El uso de la *imagen*, se realiza después de haber estudiado experimentalmente el concepto de campo magnético en el laboratorio. Para ello, se usa un material audiovisual que ayuda a visualizar las características del campo magnético. Esto permite aclarar dudas y profundizar en el tema, ayudando de manera visual a una mejor comprensión y aprendizaje por parte de los estudiantes.

La aplicación de la secuencia didáctica requiere de recursos tecnológicos sencillos, ya que para las actividades experimentales incluidas, se usan materiales económicos y de fácil adquisición. Por otro lado, el material audiovisual interactivo que proporciona la imagen de apoyo, solo requiere para su uso en el aula de un cañón, una laptop y un pizarrón. Es muy importante señalar que, tanto en el laboratorio como en el aula el protagonista es el

estudiante y el papel del profesor consiste en dirigir y apoyar las actividades de aprendizaje realizadas. Tal como corresponde a la implementación del aprendizaje activo de las ciencias.

Este documento describe en detalle la propuesta, diseño e implementación de la secuencia didáctica para la enseñanza activa del concepto de Campo Magnético, que se usó con estudiantes de cuarto y sexto semestre a nivel de preparatoria de dos escuelas públicas y una privada con la característica de que todos los grupos no disponen de internet en el aula.

De las escuelas públicas participantes, una es rural y la otra es urbana. Cabe señalar, que en las tres instituciones se usa el modelo de enseñanza tradicional, donde se usa la clase para exponer la teoría y el laboratorio para comprobar la teoría vista en clase. Además, en las escuelas participantes en esta investigación, las prácticas de laboratorio siguen una estructura rígida donde se indica a los estudiantes todo lo que deben hacer, sin permitir que realicen predicciones ni construyan hipótesis previas a la realización de los experimentos.

Por otro lado, es importante resaltar el hecho de que los estudiantes no estaban familiarizados con la metodología de trabajo correspondiente al modelo de *investigación dirigida*, ya que solo la usaron durante el estudio del concepto de campo magnético. Sin embargo, este hecho motivó a los estudiantes a participar en la construcción de sus conocimientos, ya que esta nueva estrategia les permitió verificar si sus ideas eran acertadas, al momento de confrontar sus hipótesis con los resultados del experimento. Esto promovió mejores resultados de aprendizaje como se verá en el capítulo 4 de esta tesis.

La secuencia didáctica comienza con la realización de experimentos en el laboratorio siguiendo el modelo de *investigación dirigida* y posteriormente, se usa un material audiovisual, que está basado en contenidos del software multimedia llamado *Supercomet*, disponible en línea a través de internet. Este material audiovisual proporciona la *imagen* que ayuda a visualizar las características del campo magnético. La visualización mencionada se hace de manera local, por lo cual no es necesario tener una conexión a internet para realizarla. Al final de la secuencia didáctica, los estudiantes investigaron como se usa el concepto en la vida cotidiana y realizaron un motor sencillo, con el fin de ilustrar una aplicación práctica del concepto estudiado.

Para medir cuantitativamente, la efectividad de la secuencia didáctica implementada, se aplicó un pre-test al inicio y un post-test al final de dicha secuencia. El instrumento de evaluación usado tanto en el pre-test como en el post-test es un subconjunto de preguntas tomadas del CSEM (*Conceptual Survey on Electricity and Magnetism – Examen Conceptual sobre Electricidad y Magnetismo*); realizado y validado por Maloney *et al.* (2001). Se realizó la traducción al español de esta parte seleccionada de CSEM, para poder ser aplicada dentro de las escuelas preparatorias consideradas en este estudio.

A partir de los resultados obtenidos a través del pre-test y post-test, se determinó un valor cuantitativo conocido como ganancia normalizada, propuesta por Hake (2002a, 2007); y que sirve para cuantificar la efectividad de la estrategia de enseñanza empleada, para finalmente contrastar nuestra hipótesis con la *t* de Student (Mendenhall, 1968), con el fin de validar la investigación realizada.

## **1.1 Planteamiento del problema de investigación**

En nuestro país como en otros países, es importante que los estudiantes del nivel bachillerato o medio superior, comprendan bien los fundamentos de electromagnetismo debido a la aplicación que tienen en la vida cotidiana, ya sea en la generación de energía, en diagnóstico médico o en la industria, por citar algunas áreas de aplicación. En principio, es primordial que los estudiantes de preparatoria comprendan el concepto de campo magnético. Como lo señala Guisasola (2003), el concepto de *campo magnético y su fuente* constituyen cuestiones básicas sin las que no se puede construir una teoría científica de los fenómenos electromagnéticos.

Por su parte, Guisasola, Almudí y Ceberio (1999), resaltan la existencia de dificultades de los estudiantes para identificar las fuentes del campo magnético, así como para relacionar las diversas fuentes del campo magnético como imanes y corrientes, además de la gran importancia que el concepto científico de *campo magnético* tiene en aplicaciones tecnológicas. En un número considerable de escuelas preparatorias, se emplean métodos de

enseñanza tradicional, en donde los estudiantes solo son participantes pasivos y terminan fracasando en la comprensión de los conceptos básicos mencionados anteriormente, provocando una sensación de frustración y una actitud de rechazo hacia el estudio de la física.

Por otro lado, los temas incluidos en el temario de electromagnetismo, que corresponde a la unidad V del curso de física (Anexo C), incluyen conceptos abstractos o formales, que resultan muy difíciles para los estudiantes de nivel preparatoria, ya que la mayoría de ellos se encuentran en un nivel de desarrollo cognitivo concreto. De acuerdo a la teoría de desarrollo cognitivo Piagetiana, el nivel de desarrollo cognitivo presente en los estudiantes de preparatoria, solo les permite comprender conceptos concretos, tales como los incluidos en los temas de mecánica. Por ejemplo, el concepto de caída libre.

En el presente trabajo, se investigó de manera experimental (Marqués Graells, P., 1996), si mediante el uso de estrategias de enseñanza-aprendizaje adecuadas, como puede ser el caso de la *investigación dirigida* y usando *imagen*; es posible ayudar a los estudiantes a comprender los conceptos abstractos y formales relacionados con el campo magnético a pesar de que se encuentren en la etapa concreta de su desarrollo cognitivo. Para poder hacer esta investigación, se diseñó y aplicó una secuencia didáctica a una muestra de estudiantes. A continuación, se plantean las preguntas e hipótesis de investigación correspondientes.

## **1.2 Preguntas, hipótesis y objetivos de investigación**

### **1.2.1 Preguntas de investigación**

A partir de lo anteriormente expuesto, se tienen las preguntas de investigación siguientes:

1.- ¿En qué medida la enseñanza activa basada en el modelo de investigación dirigida, usando imagen, promueve un mejor aprendizaje del concepto de Campo Magnético en los estudiantes del nivel de preparatoria?



2.- ¿Cómo es la aceptación por parte de los estudiantes de la enseñanza activa basada en el modelo de investigación dirigida, usando imagen, durante el estudio del concepto de campo magnético?

### 1.2.2 Hipótesis de investigación

Se plantearon las siguientes hipótesis de investigación considerando las preguntas anteriores y usando la notación siguiente: Se denota por  $\mu_E$  al puntaje promedio del grupo experimental y se denota por  $\mu_C$  el puntaje promedio del grupo de control.

Las hipótesis alternativa y nula, son las siguientes:

Hipótesis alternativa  $H_1$ : La enseñanza activa basada en el modelo denominado *investigación dirigida*, usando *imagen*, favorece considerablemente la comprensión del concepto de campo magnético de los estudiantes de preparatoria. Es decir,

$$H_1: \mu_E > \mu_C$$

Hipótesis nula  $H_0$ : La enseñanza activa basada en el modelo denominado *investigación dirigida*, usando *imagen*, no tiene efecto alguno en la comprensión del concepto de campo magnético de los estudiantes de preparatoria. Es decir,

$$H_0: \mu_E = \mu_C$$

### 1.2.3 Objetivo general de investigación

De acuerdo a lo descrito anteriormente, en el presente trabajo se generó el siguiente objetivo de investigación:

*Investigar si la enseñanza activa basada en el modelo de Investigación Dirigida, usando imagen, es efectiva para ayudar a los estudiantes de preparatorias con recursos limitados y ubicadas en el estado de Puebla, a comprender el concepto de campo magnético.*

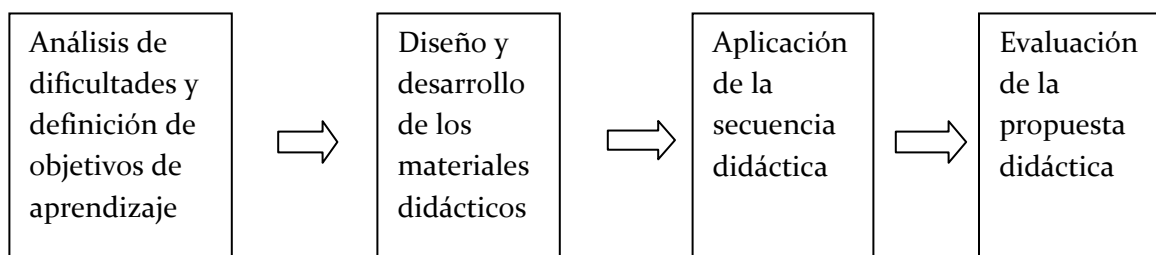
### 1.2.4 Objetivos particulares

Los objetivos particulares derivados del objetivo general son los siguientes:

- Diseñar una secuencia didáctica con características de instrucción concreta, basada en el modelo de Investigación Dirigida, apoyada con imagen, que ayude a los estudiantes de preparatoria a comprender el concepto de campo magnético, superando las dificultades de aprendizaje detectadas.
- Aplicar la secuencia didáctica a estudiantes de dos preparatorias urbanas y una rural del estado de Puebla, considerando el contexto de aprendizaje de cada escuela.
- Evaluar por medio del instrumento de evaluación CSEM-MAG, la ganancia en el aprendizaje logrado por los estudiantes de estas preparatorias, con ayuda de la secuencia didáctica diseñada de acuerdo al modelo de Investigación Dirigida.
- Evaluar por medio de una encuesta, la aceptación de los estudiantes de la metodología de aprendizaje, siguiendo el modelo de investigación dirigida y usando imagen en el aula.

### 1.4 Diagrama de diseño de la propuesta didáctica

El diseño de la propuesta didáctica actual es secuencial, y la planificación de la misma, considera las etapas que se muestran en el diagrama siguiente.



Cada bloque del diagrama anterior, indica las tareas a realizar en cada fase del diseño.

### 1.3 Justificación

El temario de Electromagnetismo incluye conceptos formales (Guisasola, 2001) lo cual discrepa del tipo de desarrollo cognitivo concreto que presentan los estudiantes (Gutiérrez, 1986). Derivado de lo anterior es necesario desarrollar estrategias que ayuden a los estudiantes a comprender conceptos formales aún cuando se encuentren en la etapa concreta

La investigación educativa ha encontrado que, las estrategias más eficientes para enseñanza de la Física, usan ambientes de aprendizaje activo, en donde los estudiantes tienen una participación interactiva, en la construcción de su conocimiento (Knight, 2007). En particular, las estrategias que ven el proceso de enseñanza-aprendizaje como un proceso investigativo, como es el caso de las estrategias basadas en el modelo de *investigación dirigida*, poseen las características de la instrucción concreta y en consecuencia facilitan el aprendizaje de conceptos formales a los estudiantes (Gutiérrez, 1986).

Para la investigación actual, el enfoque de Daniel Gil (1993), Guisasola *et al.* (2001, 2003, 2005, 2007), de enseñanza-aprendizaje denominado *Investigación Dirigida* y que usa la metáfora de *investigadores noveles* para los estudiantes y de *experto* para el profesor, es de gran interés al aportar una perspectiva diferente e integrante del alumno dentro de su construcción del aprendizaje.

El modelo de investigación dirigida ilustra el papel de la historia y filosofía de las ciencias en el desarrollo de un cuerpo específico de conocimientos didácticos (Gil P., 1993) y que conduce a una creciente aproximación de las situaciones de aprendizaje a las de una actividad científica (Gil, 1993).

Por lo tanto, la secuencia didáctica diseñada en este trabajo de investigación, se basa en este modelo. Sin embargo, en el siguiente capítulo se hace un resumen de las estrategias activas de enseñanza de la física más usadas, con el fin de enmarcar esta investigación y presentar el estado del arte en la enseñanza de la física.

## 1.5 Estructura de la tesis

Esta tesis está organizada de la manera siguiente:

**Capítulo I. Introducción.** En este capítulo, se describe el contexto en que se desarrolla la investigación y la problemática actual que le da origen, los objetivos generados, las preguntas e hipótesis de investigación correspondientes y la justificación de la investigación. Muestra el diagrama de diseño de la propuesta didáctica actual y la última parte del capítulo I, contiene la estructura y organización de esta tesis.

**Capítulo II. Marco teórico.** Presenta el marco que fundamenta la propuesta actual, iniciando con la perspectiva Piagetiana sobre enseñanza de las ciencias y el concepto de Zona de Desarrollo Potencial (ZDP) de Vigotsky. Luego resalta el papel del trabajo colaborativo y de los experimentos en la enseñanza de la física, así como de los factores que condicionan el proceso de enseñanza-aprendizaje. Lista las dificultades de aprendizaje sobre el concepto de campo magnético, que han sido detectadas por varios investigadores. Por último, considera aspectos de la motivación, tales como el interés individual y el interés situacional de los estudiantes, así como su repercusión durante el aprendizaje de las ciencias.

Se describen las características del modelo de Investigación Dirigida, justificando su empleo en el diseño de la secuencia didáctica actual, así como algunas de sus aplicaciones en la enseñanza de la física. Por último, se describe el instrumento de evaluación CSEM (Conceptual Survey on Electricity and Magnetism) y las herramientas estadísticas que darán validez al experimento realizado.

**Capítulo III. Metodología.** Contiene la descripción metodológica del diseño e implementación de la secuencia didáctica utilizando Investigación Dirigida y usando imagen, para la enseñanza del concepto de campo magnético. Se describe a detalle la forma en que se llevó a cabo tanto el diseño como la aplicación de la secuencia didáctica, desde la aplicación del pre-test, hasta la aplicación del post-test en los grupos de estudiantes experimentales y de control. La descripción del diseño de la secuencia didáctica, se hace con ayuda de un diagrama, que muestra todas las fases del diseño. Al final de este capítulo,

se hacen observaciones y comentarios, que resultaron de la aplicación de la secuencia didáctica diseñada.

**Capítulo IV. Análisis de resultados.** Se evalúa la efectividad del experimento mediante el análisis estadístico de los resultados obtenidos en el pre-test y post-test con el instrumento de evaluación. Se presentan las gráficas correspondientes, así como la descripción de la interpretación de las mediciones obtenidas para la secuencia didáctica aplicada. Por último, las hipótesis de investigación correspondientes, son contrastadas mediante la  $t$  de Student.

**Capítulo V. Conclusiones.** Se presentan las conclusiones sobre la investigación realizada, así como nuevas propuestas de investigación. Se presenta la opinión personal, así como los puntos positivos y negativos que presentó la aplicación del experimento, para concluir con recomendaciones futuras a otros investigadores.

# Capítulo II

## Marco Teórico

*"La meta principal de la educación es crear hombres que sean capaces de hacer cosas nuevas no simplemente de repetir lo que otras generaciones han hecho; hombres que sean creativos, inventores y descubridores. La segunda meta de la educación es la de formar mentes que sean críticas, que puedan verificar y no aceptar todo lo que se les ofrece". JEAN PIAGET*

---

### 2.1 Piaget y el Currículo de Ciencias

Desde el punto de vista Piagetiano, las variables fundamentales que condicionan el aprendizaje de los conceptos no son las que dependen de la estructura o del método de una disciplina, ni de la explicación lógica de los conceptos particulares que se quieren enseñar, sino las que dependen de las estructuras mentales que posee el estudiante, que son los instrumentos de asimilación y de interpretación del mundo exterior (Piaget, 1964, 1981).

Gutiérrez, R. (1986) señala que la postura de conceder al estudiante un papel intrínseco y fundamental en el aprendizaje, en la teoría de Piaget es una postura epistemológica, no psicológica o metodológica. Así mismo, indica que la reforma del currículo de ciencias emprendido desde 1956, dada la preocupación por la estructura en el diseño curricular y que tuvo tres modelos para las secuencias de contenidos, no dio los resultados esperados y el rendimiento académico global de los estudiantes no mejoró en los niveles deseados.

Analizando los contenidos producidos por la reforma del currículo desde la perspectiva Piagetiana, puede explicarse gran parte del fracaso escolar: *los estudiantes no podían superar los programas porque el nivel de los contenidos estaba más allá de las capacidades intelectuales cognitivas de los sujetos para los que estaban elaboradas.*

Por tanto, la tarea realizada por los reformadores del currículo, produjo excelentes proyectos desde el punto de vista de la metodología y estructura de la ciencia y de los conceptos científicos. Pero no ocurrió lo mismo para el aprendizaje de tal reestructuración

de contenidos. Las secuencias lógicas conceptuales no siempre coinciden con las secuencias psicológicas que se siguen en el aprendizaje de los contenidos.

Durante la reforma curricular, no se modificó el nivel de los contenidos y solamente se consideraron los dictados por la escuela tradicional. Esto sucedió porque no se realizó una investigación paralela acerca del desarrollo mental de los sujetos y del modo en que éstos acceden a la comprensión de la realidad. Es decir, la investigación se centró en variables externas al sujeto y se olvidaron de las variables internas del mismo, que podrían determinar el éxito o fracaso en el dominio de un programa (Gutiérrez, R., 1986). En la opinión de esta autora, los conceptos científicos pueden agruparse de acuerdo a la demanda intelectual cognitiva, que presentan los conceptos científicos y clasificó estos en dos grandes categorías.

**-Conceptos concretos**, son los que tienen significados para los sujetos en razón de *sus referencias a propiedades de los objetos total o parcialmente percibidas por los sentidos*. Por ejemplo, el concepto <<mesa>>.

**-Conceptos abstractos o formales**, son los que se definen en términos abstractos, sin relación a la experiencia directa. Los conceptos formales son significativos para los sujetos en razón de *ser deducidos de los modelos teóricos científicos* (sistemas hipotético-deductivos). Por ejemplo, el concepto <<electrón>>.

Las fórmulas operativas anteriores, permiten clasificar los conceptos según el nivel de demanda intelectual en sentido Piagetiano.

Lo cierto es, que los cursos de ciencias incluyen conceptos concretos y abstractos. El problema es que en ocasiones los estudiantes deben tratar con conceptos abstractos, cuando aún se encuentran en la etapa concreta.

Se han realizado diversas investigaciones para averiguar, si los alumnos situados en la etapa concreta son capaces de entender solo conceptos concretos, mientras que los situados en la etapa formal, son capaces de entender conceptos concretos y formales. Se encontró que, los sujetos en la etapa concreta no comprenden o comprenden mal los conceptos formales,

mientras que los sujetos en la etapa formal, son capaces de comprender conceptos concretos y conceptos formales (Lawson, A. E. y Renner, J. W,1975).

Por lo anterior, es importante considerar la diferencia entre la instrucción concreta y la instrucción formal, así como su pertinencia para aplicarlas en el aprendizaje de conceptos concretos y formales. A continuación, se comparan ambos tipos de instrucción, en base a los roles de los estudiantes y del profesor en cada una de ellas.

### 2.1.1 Instrucción Concreta e Instrucción formal

Las tablas siguientes, muestran los roles del estudiante y del profesor tanto en la instrucción concreta como en la instrucción formal.

En la <b>instrucción concreta</b> , el profesor:	En la <b>instrucción formal</b> , el profesor
1.- Introduce el concepto haciendo que los estudiantes realicen actividades exploratorias que incluyen: observaciones, predicciones, realización de experimentos, interpretaciones y manipulación directa de materiales.	1.- Informa a los estudiantes acerca del concepto que deben aprender.
2.- Ayuda a los estudiantes a comprender el concepto nuevo, contestando a las preguntas que hacen y que surgen en el momento de realizar las actividades exploratorias	2.- Presenta a los estudiantes los conceptos que deben aprender de la manera más amplia y completa posible.
3.- Proporciona tanto los símbolos, como el vocabulario científico necesario para <i>establecer</i> el concepto nuevo.	3.- Usa diversos recursos y técnicas tales como la explicación oral, recursos audiovisuales, libros de texto, supervisión individual o grupal y ejemplos ilustrativos del concepto estudiado
4.- Guía al estudiante en la realización de actividades que le lleven a la invención conceptual mediante experiencias concretas	4.- verifica con algún ejemplo ilustrativo que la información proporcionada sea correcta y permite que los estudiantes practiquen con el concepto nuevo recién aprendido

En la <b>instrucción concreta</b> , el estudiante:	En la <b>instrucción formal</b> el estudiante:
1) Realiza actividades exploratorias que incluyen la manipulación de materiales. En base a los datos obtenidos en estas actividades y de los experimentos realizados, siente la necesidad de asimilar el concepto nuevo para dar sentido a los datos obtenidos (Piaget, 1972).	1) Sabe lo que está estudiando porque el profesor se lo dice.
2) Adquiere el lenguaje necesario correspondiente al concepto nuevo, en ocasiones lo hace creando símbolos para expresar la idea recién inventada y en otras ocasiones, por medio de la lectura o directamente por el intercambio de ideas o diálogo con el profesor.	2) Verifica con el profesor, si ha entendido correctamente o no el concepto.



<p>3) Aplica el concepto nuevo a situaciones nuevas, realizando actividades nuevas tales como la lectura, la discusión y experimentos, entre otras. Estas actividades le permiten corroborar la coherencia del conocimiento adquirido por medio del concepto recién adquirido, con la totalidad de los datos que ya conocía (Piaget, 1972).</p>	<p>3) Sabe lo que se le preguntará en los exámenes, ya que el profesor le indicó lo que debe aprender.</p>
---	--

En resumen, en la ***instrucción concreta***, se tiene la convicción de que *el estudiante aprende interaccionando directa y activamente con el mundo que le rodea*. Por otro lado, en la ***instrucción formal***, se tiene la convicción de que *el estudiante es capaz de desarrollar actividades intelectuales de tipo formal, tales como el pensamiento hipotético deductivo* (Gutiérrez, R., 1986).

### **2.1.2 El Aprendizaje de Conceptos Concretos y Formales**

Ante lo expuesto anteriormente, surge la pregunta ¿Existen caminos para ayudar a los estudiantes a comprender conceptos abstractos, aunque se encuentren en la etapa concreta?. La respuesta es proporcionada por Cantu y Herron, 1978; Schneider y Renner, 1980, quienes a partir de sus investigaciones concluyen que:

- Para el aprendizaje de conceptos concretos, la instrucción concreta es más efectiva que la instrucción formal, ya sea que los estudiantes estén en la etapa concreta o en la formal o transitando de una a la otra.
- Para el aprendizaje de conceptos formales, la instrucción concreta es más efectiva que la instrucción formal para los estudiantes situados entre la etapa concreta y la formal.

Dado que la mayoría de los adolescentes están en la etapa concreta y la mayoría de los conceptos incluidos en los contenidos curriculares son abstractos y agregando a lo anterior, el hecho de que los sujetos en la etapa concreta no aprenden o aprenden mal estos conceptos, surge la pregunta: ¿se puede conseguir que los estudiantes en la etapa concreta, comprendan conceptos abstractos o formales? Para responder a esta pregunta, se requiere analizar tanto las posibilidades como las limitaciones de la instrucción concreta.

### **2.1.3 Posibilidades y Limitaciones del Proceso de Instrucción Concreta**

#### **Posibilidades de la instrucción concreta**

- Favorece a los estudiantes que se encuentran en la etapa concreta en la comprensión de conceptos abstractos o formales.
- No perjudica a los que se encuentran en la etapa formal, que también se benefician con este método de instrucción en la comprensión de conceptos formales.
- Parece contribuir a que la diferencia en cuanto a la adquisición de contenidos entre ambos sea menor.

#### **Limitaciones de la instrucción concreta**

- No llega a ser un medio que iguale la adquisición de contenidos por parte de los estudiantes concretos y formales.

A partir de lo anterior y observando que tiene más posibilidades que limitaciones, se podría concluir que la instrucción concreta es más efectiva que la instrucción formal para lograr la comprensión de los conceptos formales por parte de los estudiantes, ya sea que se trate de estudiantes que se encuentren en la etapa concreta o en la etapa formal de su desarrollo cognitivo.

## **2.2 Zona de Desarrollo Próximo**

Vygotsky (1988) consideró de gran importancia la influencia del entorno en el desarrollo del niño, criticando así a Piaget por no darle la suficiente importancia al mismo. Para él los procesos psicológicos son cambiantes, nunca fijos y dependen en gran medida del entorno vital. Creía que la asimilación de las actividades sociales y culturales, son la clave del desarrollo humano y que esta asimilación era lo que distingue a los hombres de los animales.

Uno de los conceptos más importantes sobre los que Vigotsky trabajó, es el conocido como *Zona de Desarrollo Próximo (ZDP)*. Esta zona, se entiende como la distancia entre el nivel actual de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema y el nivel de desarrollo potencial, determinado por la capacidad de resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero más capaz (Vigotsky, 1988), es decir, es la distancia que existe entre lo que un estudiante puede hacer por sí mismo y lo que es capaz de lograr bajo mediación (Ameneiro, 2010).

Considerando el concepto de la ZDP, las experiencias de aprendizaje incluyen además del nivel de desarrollo alcanzado por el estudiante, también experiencias de aprendizaje que el estudiante pueda resolver con ayuda de otro. De ser una experiencia individual, el aprendizaje se convierte en un proceso social, donde los otros (compañeros o maestro), pueden ser agentes de desarrollo.

El razonar juntos tanto el monitoreo en la ejecución de una tarea como la estrategia de avance, implica que aquellas funciones, como pensamiento y lenguaje, que se pensaban como internas, ahora tienen un origen social, en donde no sólo los contenidos sino las estructuras mismas siguen una ley de formación, en este sentido se puede comentar que: *en el desarrollo cultural del estudiante, toda función aparece dos veces, primero a nivel social, y después a nivel individual; primero entre personas y después en el interior del propio estudiante* (Ameneiro, 2010). Todas las funciones superiores se originan como relaciones entre seres humanos (Vigotsky, 1988).

El concepto de ZDP es importante para explicar los progresos en la construcción del conocimiento que las personas van realizando a partir de las interacciones con otras personas que poseen mayor experiencia y de la ayuda adecuada de los profesores con relación a dichos progresos (Ameneiro, 2010). El trabajo colaborativo realizado en una estrategia de enseñanza usando el modelo de investigación dirigida, permite poner en práctica este concepto de ZDP, como se verá en el capítulo siguiente.

### **2.3 Trabajo Colaborativo en la Enseñanza de la Física**

El trabajo colaborativo permite llevar a cabo la idea de Vigotsky de potenciar el aprendizaje de los estudiantes, al socializarlo interactuando con sus compañeros y con el profesor (Vigotsky, 1988). Para que el aprendizaje colaborativo reditúe beneficios tangibles, deben tomarse en cuenta un mínimo de factores y características que se describen a continuación. Como señalan Morantes y Suárez (2011), el trabajo grupal o colaborativo queda establecido a partir de las relaciones que se dan entre los miembros, siendo estas de tipo formal o informal.

Las relaciones formales se definen previamente al trabajo grupal, con el fin de asegurar el cumplimiento de los objetivos perseguidos. Son cuatro las formas de relaciones formales que mencionan estos autores:

- 1) Condiciones iniciales.
- 2) Roles a los participantes del equipo.
- 3) Estructura de interacciones productivas durante el desarrollo del trabajo.
- 4) Presencia de un monitor que regule las interacciones.

Respecto a las *condiciones iniciales*, puede decirse que sirven para establecer el punto de partida del trabajo grupal y pueden tratar por ejemplo, del número de integrantes del equipo así como de las características de los integrantes.

Respecto al número de integrantes, Heller, Keith, comenta que para su estrategia de grupos cooperativos, prefiere que los equipos estén integrados por un máximo de 3 alumnos del mismo sexo o bien dos varones y una mujer. Además, deben ser de diferente nivel de habilidad. Es decir, uno de nivel bajo, otro de nivel medio y otro de nivel alto (citado por Randall D. Knight, 2002). Otros autores, permiten que los estudiantes se organicen de acuerdo a su elección y que puedan ser hasta cuatro o cinco integrantes por equipo. Entonces, la definición de las condiciones iniciales varía de acuerdo a la situación específica particular. Se ha observado que los grupos que se comportan con menor disciplina, es conveniente trabajar con equipos de dos estudiantes o de manera individual.

En la *asignación de roles* a los integrantes del equipo, aquí la idea es que los participantes asuman papeles tales que aseguren el cumplimiento de los objetivos perseguidos por el trabajo grupal.

Mediante la *estructura de interacciones*, se asegura que todos los miembros del equipo participen y no dejen todo el trabajo a los otros miembros.

El papel del *monitor* (que generalmente es el profesor) puede ir desde supervisar la participación de todos los miembros del equipo, orientar la actividad del equipo hacia puntos de interés, que den pie a nuevas discusiones o aclaren las dudas o puntos confusos para que el equipo pueda avanzar en su aprendizaje.

Como bien lo señalan Morantes y Suárez (2011), es muy importante definir los parámetros para el trabajo grupal, de otro modo resulta contraproducente usarlo para el proceso de enseñanza-aprendizaje, al haber confusiones en su aplicación y adaptación a los requerimientos particulares de cada contexto considerado.

## **2.4 El papel de los experimentos en el aprendizaje de la física**

De acuerdo a la investigación educativa Barbera y Valdez (2007), Dykstra (2008), Etkina *et al.* (2007), Carrascosa, J. *et al.* (2008), Garzón I. M. y Slisko, J.(2009), se hace patente la necesidad de que el estudiante realice experimentos y haga física, para asegurar que comprenda y aprenda los conceptos asociados a los fenómenos. Y no sólo eso, es muy importante y determinante, el momento y la forma en que los estudiantes realizan los experimentos (Etkina *et al.*, 2007). En la enseñanza tradicional, los estudiantes observan un experimento y luego el maestro explica lo que sucedió y porqué. Mientras que en la enseñanza activa, los estudiantes predicen lo que sucederá, antes de realizar el experimento y luego compaginan sus predicciones con las observaciones subsecuentes. Es decir, los estudiantes hacen predicciones de acuerdo a sus conocimientos anteriores y luego modifican estos basados en los resultados de los experimentos (Etkina, Brooks, 2007).

Este señalamiento de Etkina (2007), coincide con el de la investigación educativa que recomienda para el aprendizaje de los estudiantes, actividades para “mente activa” (minds on) y “manos activas” (hands on). El enfoque ISLE (Investigative Science Learning Environment – Ambiente Investigativo para el Aprendizaje de la Ciencia) propuesto por Etkina *et al.* (2007), por sus características operativas puede considerarse una instrucción de tipo concreto, la cual como se señaló anteriormente, ayuda a los estudiantes concretos a comprender los conceptos abstractos o formales.

Según Dykstra (2008) y Piaget (1958), los experimentos facilitan a los estudiantes la realización de actividades exploratorias y les proporcionan experiencias guiadas que les dan oportunidad de manipular materiales, hacer preguntas y describir sus observaciones con sus propias palabras. De esta manera los estudiantes son conducidos a la asimilación del nuevo concepto. Por su parte, Carrascosa, J. *et al.* (2006), quienes hacen un estudio acerca del papel de la actividad experimental en la educación científica, coinciden con este punto de vista sobre los experimentos.

Osborne y Freyberg (1995) indican que los aspectos a considerar para la selección y planeación de las actividades experimentales, son los tres puntos clave siguientes:

- 1) Asegurarse de que el objetivo previsto para las actividades, se convierta en el objetivo del estudiante.
- 2) Asegurarse de que la actividad diseñada para conseguir ese objetivo, sea clara y aceptada por los estudiantes.
- 3) Asegurarse de que las conclusiones de los estudiantes sean tomadas en cuenta, discutidas, valoradas y relacionadas con la conclusión que se esperaba obtener.

Estos investigadores señalan que existen varias formas para asegurar estos tres puntos clave y el docente investigador es quien organiza las actividades de acuerdo al contexto o entorno escolar particular.

Por ejemplo, recomiendan realizar las acciones siguientes:

1.- Una vez que el grupo de estudiantes está organizado en equipos, se puede pedir al relator de cada equipo que lea un párrafo de la actividad a realizar. Después de cada párrafo, se pide al jefe de cada equipo que conteste a preguntas como: ¿Qué estamos tratando de hacer? ¿Por qué se necesita dibujar un esquema antes y un esquema después del experimento?

Comentario del estudiante: *“este experimento nos ayuda a ver si es cierto lo que creemos acerca del campo magnético”*

Comentario del profesor: *“pienso que los estudiantes pueden tener una visión clara de este fenómeno al momento de realizar la experiencia”*.

2.- Se revisan nuevamente todas las instrucciones para asegurarse de que no haya ambigüedades.

El uso de frases cortas, el subrayado de palabras clave y las preguntas intercaladas resultan ser de gran ayuda para que los estudiantes comprendan el significado de las instrucciones.

Por ejemplo, donde dice:

*“conecte la pila al alambre rectilíneo”*,

Se puede decir:

*“conecte la pila al alambre rectilíneo. ¿Hay algún falso contacto en la conexión?”*

3.- Se ofrece a los estudiantes la oportunidad de considerar lo que significan sus hallazgos para ellos mismos, lo que significan para otros miembros del equipo y cómo los hallazgos de su equipo, quedan en comparación con los de otros equipos. Para esto:

- a) Cada estudiante registra sus propios resultados y luego contrasta sus ideas con los resultados obtenidos.
- b) Cada estudiante compara sus ideas con las de los otros miembros de su equipo.
- c) Durante esta comparación, se discute y se llega a una opinión o conclusión de equipo.
- d) El profesor contrasta las conclusiones de cada equipo y dirige la discusión, hasta alcanzar una conclusión general razonada y aceptable por la comunidad científica, o bien, decidir actividades posteriores para dar seguimiento a la actividad actual.

Como se verá en el capítulo 3, estos tres aspectos que mencionan Osborne y Freyberg (1995), para seleccionar y planificar actividades experimentales, así como los puntos clave para asegurar su cumplimiento, pueden incluirse en una secuencia didáctica diseñada siguiendo el modelo de Investigación Dirigida. Por tanto, si se aplica todo lo anterior al concepto de campo magnético, este tipo de actividad experimental puede facilitar la comprensión de las características del mismo, siendo esto el objetivo principal de aprendizaje en esta investigación.

## **2.5 Factores que condicionan el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje**

De acuerdo a Kalhil (2009), se tienen factores internos y externos que condicionan el Proceso de Enseñanza Aprendizaje (PEA). Entre los factores internos, se consideran los conocimientos previos de los estudiantes acerca del tema. Por otro lado, los medios para implementar una estrategia de enseñanza determinada para enseñar un tema en particular, forman parte de los factores externos que condicionan el PEA.

Respecto a los factores externos, se consideran aspectos que incluyen: horarios disponibles para las sesiones correspondientes al tema; espacios y materiales para la realización de experimentos y discusión de los resultados de estos; explicaciones teóricas y realización de



ejercicios. Así mismo, es muy importante saber si será el profesor investigador, quien administre la secuencia personalmente o lo harán otros profesores. En caso de que sean otros maestros quienes administren la secuencia, es necesario saber si están o no están entrenados en la aplicación de secuencias didácticas. Y entrenarlos en caso necesario.

### **2.5.1 Dificultades de Aprendizaje del Concepto de Campo Magnético**

Los conocimientos previos de los estudiantes acerca del campo magnético, están directamente relacionados con las dificultades que tienen para comprender las características de este concepto, que han sido encontradas por varios investigadores y coinciden con las dificultades detectadas en la muestra de estudiantes elegida para esta investigación. Entre los investigadores, podemos citar a: Gil (2003), Guisasola, Almudí y Zubimendi (2003), Tanner y Erol (2008), entre otros. Las principales dificultades que se pueden mencionar son:

- i) Los estudiantes no diferencian la actuación de un campo magnético de la actuación de un campo eléctrico sobre una partícula cargada.
- ii) No logran asociar la existencia de un campo magnético a una partícula cargada en movimiento.
- iii) Dificultades de los estudiantes para identificar las fuentes del campo magnético, así como para relacionar las diversas fuentes del campo magnético, por ejemplo, imanes y corrientes (Guisasola, Almudí y Ceberio, 1999).
- iv) Otra dificultad consiste en que los estudiantes piensan que la fuerza de un imán depende de su tamaño (Tanel, Z., Erol, M. 2008).

- v) En un estudio con 214 estudiantes (edades de 19-20 años) Maloney (1985) encontró que muchos estudiantes creían que los polos magnéticos estaban cargados, y que el polo norte tenía carga positiva. También reportó que la instrucción en el aula tenía poco efecto para cambiar estas ideas.
- vi) Maloney, O’Kuma, Hieggelke y Van Heuvelen (2001) reportaron que algunos estudiantes de colegios y universidades, usan los efectos de las cargas eléctricas cuando razonan acerca de los efectos magnéticos de las corrientes.
- vii) Los mismos autores encontraron que los estudiantes piensan que cuando tienen dos alambres largos, rectos y paralelos portando corriente, el alambre que tiene una corriente mayor que el otro, ejerce una fuerza mayor sobre el que tiene una corriente menor fluyendo en la misma dirección.

Las dificultades listadas son parte de los factores internos del proceso de enseñanza-aprendizaje y junto con el temario de magnetismo, constituyen el punto de partida para establecer los objetivos de aprendizaje a lograr por medio de una secuencia de enseñanza como una investigación dirigida apoyada con imagen en la propuesta educativa de esta tesis.

### **2.5.2 La motivación y su papel en el aprendizaje**

Hay mucha investigación respecto al papel que desempeña la motivación e interés del estudiante, en su aprendizaje (Hidi, S. y Harackiewicz, J.M., 2000), estos autores hablan del interés individual o personal y del interés situacional. Tanto el interés individual como el situacional, consisten de dos fases.

Para el interés individual, estas fases incluyen: el surgimiento del interés individual y la definición del interés individual.

Para el interés situacional, se incluyen una fase de activación y una fase de mantenimiento de dicho interés.

Entendiendo el interés situacional como un estado psicológico generado por estímulos ambientales que podrían tener efectos de corta duración. Mientras que el interés individual, se refiere a una predisposición psicológica (preferencia) para ocuparse de ciertas clases de objetos, conceptos e ideas. Tanto en interés individual como el situacional, forman parte de los factores internos del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por último, los recursos disponibles para implementar una secuencia didáctica y que incluyen los espacios que se ocupan, materiales para las actividades en el laboratorio y el trabajo en el aula, tiempo y horario disponible para aplicación de las actividades, y los recursos humanos, forman parte de los factores externos que condicionan el proceso de enseñanza-aprendizaje. Donde los recursos humanos se refieren a los profesores investigadores y a los profesores que administran la secuencia. También se refieren al bibliotecario en caso que las actividades para el aula, se realicen en una sala de la biblioteca que disponga de cañón y computadora. En este caso, el bibliotecario deberá programar la asignación de la sala al profesor que aplicará las actividades y apoyará en lo necesario.

## **2.6 Antecedentes – Estado del Arte**

En un estudio realizado por Richard Hake (2002b y 2007), se encontró que los métodos de enseñanza tradicional permiten obtener un avance en el aprendizaje de a lo más un 22%. En contraste, los métodos de enseñanza activa permiten que los estudiantes avancen en su aprendizaje hasta un 52 %, considerando los temas de mecánica. O sea, más del doble que usando los métodos tradicionales. Respecto a las clases en la enseñanza tradicional, Alan Van Heuvelen afirma que: *“las clases son un método eficiente para transmisión de información pero no así para la recepción”*.

Los puntos débiles que menciona Van Heuvelen para las clases en la enseñanza tradicional, son los siguientes (citado por Hake, 2007):

1.- Poner atención y escuchar información seria, sólo sucede durante un lapso de duración de entre 10 a 15 minutos. Y esto puede comprobarse en un aula de 20 o 50 alumnos, enseguida se distraen. Y permanecen en el aula sin estar realmente en ella, además de distraer la atención del grupo completo.

2.- La información de la clase se proporciona tan rápido que no hay tiempo para analizarla y comprenderla. Y sin esa reflexión analítica, la mayoría de la información se pierde en extravagancias de la memoria de corto plazo.

3.- La mayoría de los estudiantes no saben cómo escuchar una clase. La anotación de apuntes, puede ayudar a memorizar puntos importantes, pero si se revisan los apuntes de clase de un estudiante, generalmente tienen unas cuantas ecuaciones que se escribieron en el pizarrón, pero no hay relaciones o conexiones de ideas y en la mayoría de los casos, ni siquiera especifican el contexto o la notación.

4.- La mayoría de las clases solo repiten lo que viene en los libros de texto. Respecto a este punto, el profesor Gerhart (1986), opinaba: *“Al principio, no es muy claro que por el hecho de que, el período de clase se llama así, el instructor no debe forzosamente dar clase conferenciando. Es difícil encarar el hecho de que un buen libro de texto, hace un mejor trabajo de exposición que el realizado por el mejor conferencista. Además de que las clases tipo conferencia, son una excusa para que los estudiantes no lean del todo el libro de texto”*.

5.- La mayoría de las clases tradicionales, se enfocan en aspectos formales – las derivaciones y deducciones – en lugar de enfatizar y atender a los aspectos del fenómeno físico o a los conceptos.

Ante lo anteriormente expuesto, el aprendizaje activo surge como respuesta a la inquietud por mejorar la enseñanza de la física.

## **2.7 Aprendizaje Activo**

De acuerdo a la filosofía de enseñanza constructivista, en el aprendizaje activo los estudiantes construyen su conocimiento, interaccionando con las ideas y con los materiales, en vez de solo recibir información. Esta filosofía, se ha implementado en varias formas, sin embargo, todas ellas comparten las características siguientes (Knight, 2002):

- Los estudiantes invierten mucho tiempo de clase haciendo física, pensando en física, hablando de física, en lugar de solo escuchar a alguien más hablar de física.
- Los estudiantes interactúan con sus compañeros.
- Los estudiantes reciben retroalimentación inmediata sobre su trabajo.
- El maestro es un facilitador – guía, más que un transmisor de conocimiento.
- Los estudiantes se responsabilizan de su conocimiento. Esto va desde participar en las actividades, estudiar en el libro de texto, completar las tareas asignadas. No pueden argumentar: “*esto no lo vimos en clase*”, suponiendo que la pregunta se basa en material que está descrito en el libro de texto.

Cabe señalar que no basta con hacer que los estudiantes hagan preguntas y participen en discusiones para tener un ambiente de aprendizaje activo, ya que solo algunos estudiantes hacen preguntas y participan en las discusiones, los demás permanecen indiferentes o hacen otras cosas que no tienen que ver con el curso.

## **2.8 Enfoques de aprendizaje activo**

El aprendizaje activo incluye una variedad de enfoques. Algunos son adecuados para clases numerosas, otros para grupos pequeños. Algunos requieren de “*asistentes entrenados*” y otros requieren solo del profesor. Algunos requieren modificar el arreglo y equipamiento del aula o estilo de la clase. Lo que se puede asegurar es que, todos los enfoques de aprendizaje activo funcionan. Es decir, el trabajo de participación interactiva en cualquiera

de sus formas, es más efectivo que la enseñanza tradicional (Knight, 2002). Por tanto, cada maestro debe elegir el que mejor se ajuste a su situación local particular.

Algunos enfoques para implementar el aprendizaje activo, que han sido usados exitosamente y que han sido reportados por la investigación son los siguientes:

### **2.8.1 Revisión de Estudios de Caso en Física (Overview Case Study Physics-OCSP)**

Revisión de Estudios de Caso en Física, propuesto por Van Heuvelen (1991). Este enfoque de *aprendizaje* se clasifica como tipo *cognitivo* (Hake, 2007). Se trata de un enfoque diferente del formato del curso y un conjunto de materiales suplementarios para usar en el aula. Las técnicas de este enfoque, se diseñaron para clases numerosas, pero funcionan muy bien en grupos pequeños.

Alan Van Heuvelen divide el temario del curso en tres bloques grandes. Cada bloque inicia con una revisión cualitativa que establece las ideas conceptuales y confronta las ideas previas de los estudiantes. Luego se desarrolla el material cuantitativamente y los estudiantes aprenden técnicas de experto para resolución de problemas. Cada bloque termina con estudios de caso más sofisticados que requieren integrar los diferentes conceptos y técnicas vistos.

Los estudios de caso ayudan a los estudiantes a ver la forma en que están relacionados los conceptos y a construir una estructura coherente de conocimientos.

### **2.8.2 Grupos Cooperativos (Cooperative Groups)**

Es el enfoque que proponen Heller, Keith *et al.* (1992) y es un tipo de *aprendizaje cognitivo* como lo indica Hake (2007). Patricia Heller y sus colegas de la Universidad de Minnesota han usado algo más formal que los grupos cooperativos para enseñar buenas habilidades de resolución de problemas. Las actividades se llevaron a cabo en sesiones de clase de 18 estudiantes, pero pueden realizarse en grupos más pequeños. No funciona tan bien para

grupos numerosos, pero existe una posibilidad de funcionar, sería necesario hacer algunas modificaciones para adecuarlo a un número de estudiantes mayor.

En este enfoque, primero se usa la clase para enseñar a través de *demostraciones* y *guías impresas*, una estrategia *de solución de problemas de cinco pasos para expertos*. Luego, *se organiza a los estudiantes en grupos de tres*, para practicar *solución de problemas ricos en contexto*. Los grupos reportan sus resultados al maestro o a los otros grupos.

Una característica sobresaliente de los grupos cooperativos en este enfoque, es que los roles asignados son así: El **líder** es el encargado y mantiene trabajando a los otros dos. El **escéptico**, intencionadamente, hace tantas preguntas y objeciones como sea posible. El **escriba**, anota todo y redacta la solución encontrada para reportar. Los roles se rotan cada semana, así que cada miembro tiene cada rol una vez, durante las tres semanas que dura la vida de un grupo.

Respecto al diseño de las actividades, es muy importante que favorezcan la interdependencia positiva por un lado y por otro la contabilidad individual. Para evitar que los estudiantes más “*débiles*” dejen el trabajo a los otros, se divide el examen en dos partes. Una parte de problemas de grupo y otra de problemas individuales. La sección grupal tiene asignado el 20-25% de la calificación y el resto se asigna a la calificación individual.

Los resultados de varios años de usar grupos cooperativos en la universidad de Minnesota son:

- Las soluciones grupales son mejores que las individuales del mejor estudiante. Es decir, el grupo es capaz de ir más allá de lo que cada individuo en el grupo puede hacer (tal y como lo indica la teoría del desarrollo próximo potencial de Vigotsky).
- Todos los estudiantes del grupo mejoran sus habilidades de resolución de problemas.
- Las habilidades de solución de problemas son mejores que las adquiridas en la enseñanza tradicional.
- Se tuvo una mejora **mayor** en el análisis cualitativo y en el entendimiento conceptual del problema y **menor** en los aspectos matemáticos cuantitativos. Es

decir, que los estudiantes se beneficiaron compartiendo conocimiento procedimental y conceptual, que son las porciones de solución de problemas menos explícitas.

Por lo anteriormente mencionado, se considera que este enfoque permite a los estudiantes desarrollar las habilidades necesarias para realizar el planteamiento matemático de un problema físico o real.

### **2.8.3 Laboratorios de Inducción con Diálogos Socráticos (SDIL-Socratic Dialog Induction Laboratories).**

Es un enfoque basado tanto en la teoría de *desarrollo cognitivo* como en la teoría de *aprendizaje cognitivo*. Hake (1987) propuso este enfoque en lugar de los laboratorios más tradicionales y orientados a las mediciones. En un laboratorio SDI, un grupo de estudiantes lleva a cabo actividades físicas muy simples, tal como empujar un bloque o columpiar una cubeta sobre sus cabezas, luego realiza preguntas para analizar y explicar sus observaciones. En cualquier momento que lo necesiten, llaman al maestro, quien facilita la ejecución de los diálogos Socráticos, para avanzar en su análisis. El maestro, plantea más preguntas que los guía a aclarar sus dudas y obtener una interpretación correcta, sin decirles la interpretación en sí.

En este enfoque, **los estudiantes se responsabilizan** de analizar el libro de texto y la clase se usa para resolver problemas en base a un **análisis cualitativo**. *Los estudiantes aprenden a aprender y son los protagonistas*, en este enfoque.

Al parecer el éxito del enfoque de laboratorios SDI se debe a:

- 1) Las actividades se enfocan principalmente en el fenómeno físico y el entendimiento conceptual del fenómeno.
- 2) Los estudiantes interactúan con sus compañeros de clase, aunque de una manera más informal que en los grupos cooperativos de Minnesota.



Una ventaja sobresaliente de este enfoque es que usa materiales simples, entonces es fácil para las escuelas tener estos materiales y usarlos para realizar actividades de laboratorio SDI en el aula o en clases con grupos pequeños.

#### **2.8.4 Laboratorios basados en microcomputadoras (Micocomputer Based Labs-MBL)**

Es un enfoque basado en la teoría de *desarrollo cognitivo*. Thornton (1990) y Sokoloff (1998) en colaboración con Priscila Laws han desarrollado una serie de experimentos de laboratorio ampliamente usados y que se basan en adquisición y despliegue de datos en tiempo real. Este enfoque tiene en común varias características con el enfoque de Hake (2002a), pero se parece más al laboratorio tradicional.

Los MBLs tienen dos premisas básicas:

- 1) Las computadoras se encargan de recolectar y graficar los datos y de esa forma, permiten que los estudiantes se concentren en los conceptos físicos, sin distraerse en la toma de datos.
- 2) El despliegue de gráficas en tiempo real, mientras se están recolectando los datos, permiten que los estudiantes asocien la forma de la gráfica con el comportamiento del objeto o sistema físico. No se requiere experiencia computacional y se ha encontrado que los estudiantes se adaptan con más rapidez que el instructor, a esta forma de trabajo en el laboratorio.

Comparando MBLs con la enseñanza tradicional, se ve que son muy efectivos para el entendimiento conceptual de enseñanza de movimiento y fuerza. Sin embargo, los autores señalan que las herramientas computacionales no son los elementos clave, sino el currículo en que se usan las herramientas. Los estudiantes necesitan ser guiados para estudiar los fenómenos apropiados y se les debe hacer las preguntas correctas acerca de lo que están midiendo con ayuda de la computadora.

## **Demostraciones Interactivas en el aula**

Todos hacemos demostraciones en clase, pero no siempre son tan efectivas como nos gustaría que fueran. Se acostumbra ir de prisa en ellas, porque se tiene mucho temario por “cubrir” y generalmente se hace como “prueba” de la teoría que se acaba de ver y derivar. Rara vez se tiene el cuidado de describir el aparato usado para que los estudiantes entiendan lo que están viendo y, menos aún se exploran las posibles repercusiones del resultado del experimento. El experimento es entretenido para los estudiantes pero es cuestionable su utilidad pedagógica.

Las demostraciones pueden ser de mucha utilidad pedagógica ya que van al corazón del tema, pues al hacer demostraciones, se están observando los fenómenos en lugar de estar escribiendo ecuaciones en el pizarrón y pueden ser muy efectivos si **se planifican minuciosamente y se les dedica más tiempo.**

La clave consiste en tener a los estudiantes involucrados en la realización del experimento junto con el profesor, en lugar de tenerlos como simples observadores. Hay varias formas de involucrar a los estudiantes, solo hay que tomar en cuenta lo siguiente:

- Debe explicarse a los estudiantes las características generales de los aparatos y cómo deben usarse, teniendo cuidado de no revelar lo que sucederá al realizar el experimento. Solamente dar una idea acerca de cuáles podrían ser los resultados.
- Debe pedirse a los estudiantes que anoten alguna predicción del resultado, luego que la discutan con su compañero, ahora al interesarse en el resultado, ya no es un simple entretenimiento.
- El profesor debe obtener algunas de las predicciones de los estudiantes, antes de realizar el experimento, incluyendo sus justificaciones.
- Se realiza el experimento si es necesario más de una vez en caso que la mayoría de los estudiantes hayan tenido predicciones equivocadas. Finalmente, se discuten las implicaciones.

- Se revisan las formas en que estos resultados contradicen las ideas previas de los estudiantes. Al mismo tiempo, se toman estos resultados como evidencia de los conceptos físicos que deben tomar los estudiantes como correctos.
- Se pueden hacer variaciones del experimento que den resultados un poco diferentes o bien pedir a los estudiantes que sugieran alguna variación.

Es importante advertir que los experimentos que den resultados muy inesperados, pueden ocasionar una pérdida de interés, por eso conviene incluir varios experimentos en que los estudiantes realicen predicciones correctas, para aumentar su confianza en ellos mismos y recompensar su aprendizaje. El punto principal consiste en hacer que las demostraciones sean una parte importante de la clase y dedicar el tiempo suficiente para examinarlas minuciosamente.

Vernier Software ofrece una muestra de laboratorios para el tema de mecánica en un paquete llamado “Interactive Lecture Demonstrations”. Vienen con hojas de respuestas para uso de los estudiantes y contienen sugerencias útiles para usarlos de manera provechosa. Una alternativa consiste en que el profesor realice sus propias demostraciones interactivas para el aula para Laboratorios Basados en Microcomputadora, modificando los experimentos del paquete Real-Time Physics (física en tiempo real)

Real-Time Physics son actividades que se pueden realizar en grupos grandes y grupos pequeños. Las claves son:

- Enfocar la atención en la demostración como un aspecto importante y no como un entretenimiento.
- Involucrar a los estudiantes en la predicción y discusión del resultado. Los experimentos controlados por computadora con visualización gráfica son bonitos pero no son esenciales para realizar demostraciones interactivas muy eficientes.

Por lo anterior, puede verse que se pueden realizar demostraciones interactivas, sin necesidad de tener muchos recursos y es posible su aprovechamiento en instituciones educativas que carecen de recursos tecnológicos.

### **2.8.6 Instrucción por pares o parejas (Peer Instruction)**

Este enfoque consiste de técnicas de aprendizaje activo que funcionan bien para maestros con clases numerosas, y que son descritas ampliamente en el libro *Peer Instruction: A user's Manual*. Mazur (1977), quién es el inventor de este enfoque, recomienda técnicas mínimamente invasivas que pueden usarse con cualquier libro de texto, no requieren cambios significativos en cobertura de los contenidos y los puede usar un instructor sin importar que pase en otras secciones o en clases y laboratorios.

Se requiere que el instructor cambie la forma en que usa el tiempo de clase y como se escriben los exámenes. El enfoque de Mazur se basa en las dificultades inherentes a las clases y en la influencia positiva que pueden tener los estudiantes entre sí. Divide cada hora de clase en tres o cuatro partes bien definidas, cada una con una tarea específica a realizar.

En cada parte, da una mini clase de que dura de 7 a 10 min, seguida por una prueba de conceptos que dura de 5 a 8 min. La mini clase no contiene definiciones o derivaciones, en lugar de eso, se enfoca en conceptos, razonamiento e intuición. La prueba de conceptos es una pregunta conceptual de opción múltiple relacionada con lo visto en la mini clase y que se muestra en una transparencia o en otro medio que permita mostrarla rápidamente. Una vez puesta la pregunta, se da un minuto a los estudiantes para que la analicen individualmente y escriban su respuesta.

A continuación, los estudiantes discuten durante 1 o 2 minutos su respuesta con su compañero, al cabo de los cuáles, pueden cambiar su respuesta si lo desean.

El instructor hace un censo en la clase para ver la distribución de respuestas, presenta la respuesta correcta y recibe preguntas. El ciclo comprendido por la *mini clase/prueba conceptual*, debe durar de 12 a 18 minutos.

### **2.8.7 Tareas de clasificación (Ranking Tasks)**

Propuestas por Okuma, Maloney y Hieggelke (2000) son ejercicios de papel y lápiz que piden a los estudiantes realizar un juicio comparativo acerca de varias situaciones físicas similares. Las respuestas posibles se seleccionan para detectar las concepciones alternativas de los estudiantes. Las tareas de clasificación son rápidas y fáciles de administrar y se prestan para usar el enfoque *Peer Instruction*. Se pueden usar en clase o dejar como tarea, o usarse en exámenes. Todas las tareas de clasificación siguen un enfoque similar, así que los estudiantes rápidamente aprenden lo que se espera de ellos. Aunque en ocasiones se requieren pequeños cálculos, estas tareas se enfocan en conceptos en vez de ecuaciones. Como tales, son una buena herramienta para generar la discusión en clase. Los autores realizaron un manual con más de 100 ejercicios con este tipo de tareas, para todas las áreas de física.

### **2.8.8 Tutoriales (Tutorials)**

Desarrollados por Mc Dermott y Shaffer (1992, 1994, 1998), para escuelas donde se pueden hacer pocos cambios debido a preferencias del instructor o a restricciones institucionales. Los tutoriales se usan durante sesiones en el aula y conducen a los estudiantes a través de una serie de cuestiones gráficas y conceptuales conocidas, a partir de su investigación, para detectar errores en las ideas previas de los estudiantes. Estos tutoriales son un conjunto integrado que incluye: pre-test, hojas de trabajo y tareas asignadas para realizar en casa.

La secuencia inicia con un pre-test que identifica las áreas de dificultad. Los estudiantes interactúan con sus compañeros realizando ejercicios en las hojas de trabajo y reciben retroalimentación por parte del maestro en cada etapa. Hay tutoriales disponibles para la mayoría de los temas de física introductoria, en forma de manuales distribuidos por Prentice-Hall (Mc Dermott y Shaffer, 2001).

Esta actividad puede implementarse independientemente de las clases usando estudiantes graduados como auxiliares de enseñanza y un instructor que se encarga de las recitaciones. Es muy efectiva para tratar las dificultades conceptuales de los estudiantes. Para una implementación eficiente, es esencial el entrenamiento de los auxiliares de enseñanza por dos razones, primero porque los estudiantes graduados no están familiarizados con este tipo de instrucción y además porque muchos auxiliares **continúan conservando algunas de las ideas alternativas de los estudiantes.**

Por sus características, los tutoriales resultan idóneos para asesorías a estudiantes atrasados.

### **2.8.9 Talleres para Física (Workshop Physics)**

Priscilla Laws (2004) y sus colegas en el colegio Dickinson desarrollaron un enfoque exitoso para enseñanza de la física sin conferencias. Se anula la distinción entre conferencia, recitación y laboratorio; y los estudiantes se reúnen tres períodos de dos horas por semana. Cada par de estudiantes se sienta en una estación de computadora y tiene a su disposición una variedad de equipo de laboratorio, la mayoría conectada por interface a la computadora para adquisición rápida de datos. El objetivo, como su nombre lo indica, consiste en aprender física, haciendo física. Los estudiantes participan activamente en cada aspecto del curso.

Los estudiantes trabajan en una serie de actividades muy variadas, descritas en la guía de actividades de física para el taller (Workshop) e interactúan con sus compañeros y con el instructor, quien puede interrumpir la actividad por unos minutos para dar una mini conferencia o para una discusión de todo el grupo. Este enfoque es útil para grupos pequeños. Queda restringido su uso en instituciones que no poseen tantos recursos.

La discusión permite relacionar e integrar de manera coherente los conceptos estudiados.

### **2.8.10 Estudio para Física (Studio Physics)**

Es un enfoque instruccional desarrollado por Jack Wilson (1994) en el Politécnico Rensselaer, que es parecido a Workshop Physics, pero es más estructurado y funciona para grupos grandes en universidades grandes. Un aula dedicada (el *estudio*) está provista de computadoras y los estudiantes (60 típicamente), se sientan dos por cada computadora.

El aula se dispone de manera que los estudiantes estén de espaldas al instructor. De esta manera, el instructor puede ver las pantallas de las computadoras mientras los estudiantes trabajan. Los estudiantes se ven forzados a interrumpir su trabajo si el instructor pide que volteen hacia él. Esto permite que se organice el aprendizaje coherentemente.

Studio Physics pone mayor énfasis a la resolución de problemas y computación numérica que Workshop Physics y hay algo de más énfasis en mini-conferencias por el instructor. Esta es una diferencia gradual y el instructor individual puede moverse dentro de un continuo entre Studio Physics y Workshop Physics. Por esta razón es muy flexible en su aplicación.

Debido a que Studio Physics se diseñó en una universidad grande, está más restringida en tiempo que Workshop Physics, con grupos grandes que entran y salen cada dos horas del estudio. La implementación exitosa de Studio Physics, requiere entrenamiento tanto del instructor como de los auxiliares de enseñanza. Este enfoque también usa muchos recursos.

### **2.8.11 Ambiente Investigativo para aprendizaje de la ciencia (Investigative Science Learning Environment-ISLE)**

Este enfoque desarrollado en la Universidad de Rutgers por Etkina, *et al.* (2007) denominado **ISLE** (Investigative Science Learning Environment), implementa el aprendizaje activo y lo han aplicado de una forma exitosa para varios temas de física. ISLE incluye elementos tales como:

- a) Experimentos a usar durante un ciclo de aprendizaje.

- b) Rúbricas que sirven al estudiante para guiarle en su actividad de aprendizaje y que sirven al maestro para evaluar el trabajo del estudiante.
- c) Evaluaciones que se aplican a los estudiantes al final de un curso.
- d) Un material audiovisual que utilizan en su enfoque y contiene material adecuado tanto para el nivel medio como para el nivel universitario de educación. Se requiere internet en el aula.

El sitio de la Universidad de Rutgers<sup>1</sup>, está organizado por temas y para cada tema se proporciona un ciclo de aprendizaje que contiene: Objetivos, prerrequisitos o fundamentos previos, descripción del experimento, información adicional acerca del manejo del material multimedia incluido en el ciclo de aprendizaje y preguntas que generalmente invitan al estudiante a diseñar experimentos para confrontar sus hipótesis.

ISLE dispone de secuencias didácticas basadas en cálculo y secuencias basadas en álgebra. Entonces, se puede seleccionar la que sea mejor de acuerdo al grupo de estudiantes con que se trabaja.

ISLE requiere de una infraestructura que cuente al menos con internet y computadoras con software como Quicktime Player, además de varios instructores en una sesión, que apoyen a los estudiantes. Resulta muy útil en la formación de los estudiantes, en cuanto a las habilidades científicas y para el desempeño profesional. Queda restringido su uso en instituciones que no cuentan con esta infraestructura.

### **2.8.12 Investigación dirigida**

El enfoque denominado *investigación dirigida* es un modelo constructivista de enseñanza/aprendizaje de las ciencias, que utiliza la metáfora de los *investigadores noveles* (Gil 1993), cuya actividad consiste en la *réplica* de investigaciones bien conocidas por el experto que dirige y apoya su trabajo. La estrategia de *investigación dirigida* propone que los estudiantes asuman el papel de “*investigadores noveles*”, realizando experimentos

---

<sup>1</sup> Disponible en: (<http://paer.rutgers.edu/pt3/>)



intencionados a través de trabajo colaborativo de investigación científica y con resultados ya conocidos por su profesor, que coteja los resultados obtenidos por cada equipo de estudiantes (Guisasola, 2001, 2003, 2005 y 2007).

En este enfoque, el cual ha sido usado para la enseñanza de varios temas de Física en países de habla hispana, los profesores preparan con anticipación las tareas a realizar en clase, en forma de *programas de investigación dirigida*. Así mismo, la secuenciación de contenidos, contempla las dificultades epistemológicas que existieron en la construcción del nuevo concepto que se trata de enseñar (Furió y Guisasola, 2001). La ventaja de este enfoque es que además de ser muy eficiente, no requiere de mucha tecnología y ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades científicas.

Es importante señalar que, el uso de métodos de participación interactiva y/o que usan alta tecnología, **no** asegura un mejor aprendizaje de los estudiantes, por sí mismos (Hake, 2007). Por otro lado, aunque la tecnología no es en sí misma la panacea, puede ser muy útil para promover la participación interactiva, como es el uso de animaciones interactivas por computadoras después de realizar experimentos tipo *mente activa/manos activas* y diálogos socráticos (Hake, 2007). Ya señalaba el Profesor Gerard en su discurso de aceptación del premio Millikan en 1986, que la repetición es muy útil en la enseñanza de la física. Concretamente, decía: *“La física de preparatoria experimenta todas las posibilidades de nuestra ciencia, los cursos introductorios universitarios, lo vuelven a hacer. Los cursos universitarios avanzados, tomados como una unidad, lo repiten por tercera vez. Los cursos para graduados, lo hacen por cuarta vez. A pesar de esto, la mayoría de nosotros conoce al menos varias áreas que no entendimos adecuadamente hasta la quinta o sexta repetición mientras enseñábamos. Y sabemos que este método de entrenamiento es muy efectivo”* (Gerhart, 1986).

Considerando este aspecto de la repetición, usar un material audiovisual en una sesión posterior a la realización de actividades experimentales siguiendo el modelo de investigación dirigida, proporciona una forma de llevar a cabo esta repetición, recomendada por Gerhart (1986); de los conceptos investigados por los estudiantes durante estas

actividades. Se piensa que esto permite, con alta probabilidad, incrementar considerablemente la ganancia en el aprendizaje logrado por los estudiantes.

Por lo descrito anteriormente, este último enfoque de trabajo ha dado una pauta para elegir el modelo de enseñanza, así como el material didáctico para la presente propuesta, en la cual se usará el modelo de investigación dirigida, apoyada con material audiovisual que proporciona la imagen para repasar, repetir y al mismo tiempo, facilitar la comprensión de los conceptos estudiados acerca del campo magnético. A continuación se profundizará más en este tema para poder tener una visión más amplia de su funcionamiento y operación.

## **2.9 Modelo de Investigación Dirigida**

El modelo de investigación Dirigida (Gil, 1993), es un proceso de formación en investigación similar a la formación inicial de futuros investigadores, en que los estudiantes desempeñan el papel de *investigadores noveles* que trabajan en equipos, replicando investigaciones ya realizadas y son dirigidos por el profesor como *experto* conocedor de los resultados de las investigaciones. Por estas características de trabajo, es que este modelo se denomina Investigación Dirigida.

De acuerdo a Furió, C. y Guisasola (2001), la Investigación Dirigida, responde a la necesidad de asumir una concepción del aprendizaje como construcción activa de nuevo conocimiento por parte del estudiante quien, lo construye usando su conocimiento anterior. Sin embargo, la investigación dirigida contempla además del cambio conceptual, el cambio procedimental y actitudinal, considerando el aspecto epistemológico y posee una naturaleza tridimensional.

### **2.9.1 Naturaleza tridimensional de la enseñanza como investigación dirigida**

Las tres dimensiones de la propuesta de enseñanza como investigación dirigida son:

**1.- Dimensión afectiva:** Conocimientos que favorecen una actitud positiva hacia la ciencia.

**2.- Dimensión epistemológica:** Conocimientos que favorecen el uso de procedimientos propios del trabajo científico.

**3.- Dimensión conceptual:** Conocimiento de conceptos, leyes y modelos

El modelo de Investigación dirigida surge como una contribución de la historia y filosofía de las ciencias para el desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación (Gil, 1993). Este investigador señala que: *“la idea de convertir La educación científica – en su sentido más amplio de familiarización con los logros fundamentales de las ciencias y con sus métodos – en una componente esencial de la formación básica de los futuros ciudadanos, constituye una intuición básica asociada a nombres de relevantes científicos y educadores como Dewey, Langevin o Piaget.”*

Este autor hace la observación de que las concepciones preclásicas solo pudieron ser desplazadas gracias a **una nueva metodología** que combinaba **la creatividad del pensamiento divergente** con **el rigor de la contrastación de hipótesis**, mediante experimentos en condiciones controladas y la búsqueda de coherencia global. En consecuencia, considera que los cambios conceptuales de los alumnos, de la misma manera exijan un profundo cambio metodológico o epistemológico.

Gil (1993) señala que: *“ históricamente, ese cambio a la vez conceptual y metodológico no fue fácil y es lógico pensar que lo mismo ocurrirá con los estudiantes: solamente si son puestos reiteradamente (repetidamente), en situación de apropiarse de la nueva metodología (por ejemplo, en situación de construir hipótesis, diseñar experimentos, realizarlos y analizar cuidadosamente los resultados, con una atención particular a la coherencia global, etc.) será posible que superen su metodología espontánea de sentido común, al tiempo que se producen los profundos cambios metodológicos que exige la construcción del conocimiento científico.”* En este señalamiento de Gil (1993), nuevamente sale a relucir la repetición mencionada y recomendada por Gerhart (1986).

## 2.9.2 Características fundamentales del modelo de Investigación Dirigida

Se describen a continuación las características de este modelo, que permiten aplicarlo en la enseñanza de conceptos, considerando el proceso de enseñanza-aprendizaje como un proceso investigativo.

- Las estrategias didácticas usadas en el plan de instrucción deben ser coherentes con la familiarización de los estudiantes con las características de la actividad científica. Así que, la tarea a realizar en clase se prepara antes de la interacción educativa, por el profesor o profesores en la forma de *programas de investigación dirigida* (Furió, C. y Guisasola, J, 2001).
- La secuenciación de contenidos debe tener presente las dificultades epistemológicas para la construcción del nuevo concepto (Furió, C. y Guisasola, J, 2001). Estas dificultades epistemológicas, han sido investigadas ampliamente por Meyer y reportadas por Stauffer (Brush, 1988).

Aquí resulta crucial el conocimiento del profesor acerca de las dificultades epistemológicas que tuvo que superar la comunidad científica para llegar a la construcción del concepto de Campo Magnético. Tal conocimiento, se convierte en una herramienta muy eficaz para el profesor al momento de planificar una secuencia coherente de situaciones problemáticas interesantes para proponer en clase y que estén dirigidas a la re-construcción del concepto.

- Otra característica muy importante es que se abordan aspectos procedimentales y ontológicos (Guisasola, Almudí y Zubimendi, 2003). Esto se hace desde una enseñanza constructivista, pues un buen conocimiento científico no puede reducirse a aspectos conceptuales solamente (p.90). Los aspectos procedimentales y ontológicos que se consideran en este enfoque son los siguientes:
  - Se da a conocer a los estudiantes cuáles son los problemas que justifican la introducción de conceptos nuevos, para que se den cuenta que los conceptos

no se introducen arbitrariamente, sino que se *inventan* con carácter tentativo y con el fin de resolver situaciones problemáticas de interés. Además, se promueve la comprensión de la importancia del tratamiento y estudio de este concepto nuevo.

- Se realiza un proceso que lleve a construir los conocimientos científicos en lugar de presentar los conocimientos en su estado de elaboración final. Esto es con el fin de que los estudiantes vean la construcción de los conocimientos como un proceso dinámico, que puede sufrir cambios incluyendo replanteamientos globales.
- Se diseñan actividades intencionadas para que los estudiantes tengan oportunidad de usar las estrategias del trabajo científico tales como: analizar la situación problemática que se presente, concebir hipótesis, diseñar y realizar experimentos, analizar los resultados obtenidos para poder comparar sus construcciones tentativas con las construcciones de la comunidad científica.
- Se atiende a situaciones problemáticas con interacciones Ciencia, Tecnología, Sociedad (CTS), siendo este un tema esencial en cualquier campo científico, de modo que permita superar visiones incorrectas descontextualizadas de la ciencia y que sirva para formar profesionales capaces de adoptar actitudes responsables ante el desarrollo científico y tecnológico, con las implicaciones inherentes a este.

### **2.9.3 Enseñanza de las Ciencias usando Investigación Dirigida**

A continuación se mencionan algunas de las aplicaciones del enfoque de Investigación Dirigida en la enseñanza de algunos temas de Física y de Química a nivel universitario y de

bachillerato, que han sido realizadas de manera exitosa, de acuerdo a las investigaciones reportadas recientemente.

### **2.9.3.1 Enseñanza del Campo Eléctrico para nivel bachillerato**

Furió C, y Guisasola J.(2001) realizaron una propuesta de *enseñanza del campo eléctrico*, para el nivel de bachillerato, basado en el enfoque de Investigación Dirigida. Estos autores resaltan la necesidad de considerar las dificultades epistemológicas, que la comunidad científica tuvo que superar para llegar a la construcción del concepto de campo eléctrico y tomar este conocimiento como una herramienta, al momento de planificar una secuencia coherente de actividades y situaciones problemáticas de interés, para trabajar en clase, reconstruyendo los conocimientos electromagnéticos.

También presentan una secuenciación de contenidos fundamentados por consideraciones epistemológicas acerca de la construcción de la electricidad como ciencia. Esto permite ampliar las posibilidades de la estrategia y que no se limite al aspecto conceptual. Muestran un cuadro en el que relacionan objetivos y dificultades de aprendizaje en la interpretación de las interacciones eléctricas de acuerdo con la teoría de campo eléctrico.

Explican el diseño experimental, el plan de instrucción y las pruebas para evaluar los resultados de aprendizaje. Los resultados se presentan para dos grupos experimentales y un grupo de control, logrando una mejora notable en los grupos experimentales en la forma de razonar y plantear las situaciones problemáticas en base al marco teórico aprendido.

### **2.9.3.2 Enseñanza del Campo Magnético para nivel Universitario**

Guisasola, *et al.* (2005) presentan un *diseño y evaluación de estrategias de enseñanza basadas en el aprendizaje como investigación dirigida* para la *enseñanza del campo magnético*, para el nivel universitario. Estos autores aclaran que en este modelo de enseñanza/aprendizaje, no se pretende que los estudiantes construyan solos los

conocimientos, que les llevó tanto tiempo y esfuerzo lograr a importantes científicos, sino de colocar a los estudiantes en una situación que les permita familiarizarse con el trabajo científico y sus resultados, al abordar problemas conocidos.

Inicialmente, presentan los indicadores de aprendizaje de campo magnético en un curso universitario. Luego, dan un resumen de la secuencia de actividades de enseñanza. Después, informan los resultados de enseñanza en el aula y finalmente, dan sus conclusiones y las implicaciones para la enseñanza.

En las conclusiones señalan que el mayor reto consiste en proporcionar a los estudiantes un contexto que les permita analizar problemas, poner en cuestión sus ideas y utilizar procedimientos propios de la cultura científica para validar y justificar los nuevos conocimientos. Ante este reto, recomiendan diseñar secuencias de actividades que obliguen a los estudiantes a plantearse problemas y requieran usar herramientas propias de la metodología científica.

Mencionan las restricciones que enfrentaron debido al programa marcado en el plan de estudios y que ocasionó que tuvieran que introducir cambios en la metodología de enseñanza en ese contexto. Entonces, se tuvo que distribuir con mucho cuidado el tiempo disponible y demostrar que no había pérdida de conocimiento tradicional para compensar los beneficios de menos objetivos de aprendizaje estándar. Esto es muy interesante e importante para considerar al momento de seguir este modelo de enseñanza-aprendizaje.

### **2.9.3.3 Enseñanza de Transmisión de Calor para nivel bachillerato**

Medina Ramos (2011) en su tesis de maestría, presenta una estrategia de enseñanza basada en Investigación Dirigida (Dirigida), para el tema de transmisión de calor, para estudiantes de un bachillerato ubicado en el Distrito Federal de la Ciudad de México. Medina Ramos (2011) presenta el programa de actividades que usó para la enseñanza y aprendizaje de calor, temperatura y transmisión de calor con base en la Investigación Dirigida. Así mismo, presenta la forma en que implementó estas actividades y los resultados obtenidos en el avance conceptual del aprendizaje de los estudiantes de bachillerato.

El resultado obtenido en este estudio, muestra que la Investigación Dirigida es un buen método para la enseñanza de los temas de calor, temperatura y transmisión de calor debido a que favorece la construcción y la comprensión de conceptos físicos a partir de la problematización y coadyuva en el desarrollo de la capacidad del estudiante de bachillerato para expresar oralmente explicaciones y argumentaciones de problemas físicos tratados tanto en el contexto escolar como de la vida diaria ( Medina Ramos, 2011).

Otro aspecto muy importante que menciona Medina Ramos (2011), es el cambio de actitud del estudiante logrado al terminar con la instrumentación de la Investigación Dirigida. Al principio, para algunos estudiantes (la mayoría) plantear hipótesis y argumentar los resultados después de investigar y hacer actividades experimentales, no se asumió como una actividad seria, pero conforme fue pasando el tiempo y ver que cada vez entendían mejor lo que estaban haciendo y para qué lo hacían, su actitud se observó de interés y compromiso, lo cual fue de enorme satisfacción para esta investigadora.

Es importante señalar que esta investigación fue realizada a lo largo de un semestre y que la investigadora era la docente a cargo del grupo y por tanto pudo tener el total control de la investigación, a diferencia de la investigación realizada por Guisasola, *et al.* (2005), quienes mencionan que el desarrollo en el aula de su programa de actividades, fue llevado a cabo por profesores externos a la investigación. También explican que aunque estos profesores tenían experiencia en el uso de estrategias de enseñanza-aprendizaje como investigación y pertenecían a un mismo equipo docente que venía trabajando con esta metodología, fueron asesorados por uno de los autores, para familiarizarlos con los objetivos y contenidos del programa, así como con las dificultades de aprendizaje.

#### **2.9.3.4 Enseñanza de los conceptos cantidad de sustancia y mol**

Furió, C., Azcona, R., y Guisasola, J. (2006), realizaron el diseño y desarrollo de una investigación en el aula sobre la enseñanza de los conceptos de *cantidad de sustancia* y de *mol*, que se fundamenta en una concepción constructivista del proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia como investigación dirigida. En este proceso, los investigadores



tomaron en cuenta los componentes conceptual, metodológico y actitudinal del aprendizaje y dijeron haber analizado las dificultades de los estudiantes al abordar el estudio del tema.

Estos investigadores mencionan algunas contribuciones acerca del cambio conceptual, que tomaron en cuenta para su investigación:

- La evolución de los modelos constructivistas de la década de los ochenta, basados en el cambio conceptual inicialmente, hacia modelos de cambio conceptual, procedimental y actitudinal, aceptando la importancia de los conocimientos previos del estudiante.
- El hecho de que el proceso de cambio conceptual está gobernado no sólo por factores cognitivos, sino que las motivaciones y metas de los estudiantes así como sus percepciones sobre la tarea, condicionan la reestructuración de los conocimientos y el cambio en las representaciones de los fenómenos científicos.
- la importancia del componente epistemológico, en el proceso de cambio conceptual enfatizando la importancia de seleccionar una adecuada secuencia de las actividades de enseñanza con el fin de proporcionar a los estudiantes las herramientas necesarias para que puedan realizar su propia reestructuración de conocimientos.

Furió, C., Azcona, R., y Guisasola, J. (2006), señalan que las estrategias de enseñanza que presentan son indicaciones genéricas sobre aspectos esenciales de la actividad científica, que permiten abordar en el aula una actividad abierta y creativa debidamente dirigida por el profesorado. Finalmente, informan que los resultados obtenidos ponen de manifiesto que, en un contexto de enseñanza-aprendizaje como investigación dirigida, los estudiantes son capaces de utilizar con comprensión conceptos de alto nivel de dificultad como los tratados en su investigación.

Las aplicaciones anteriores, permiten ver la filosofía del modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación dirigida, así como su eficiencia para la enseñanza de las ciencias.

## **2.10 Instrumento de evaluación CSEM**

Para evaluar los conocimientos conceptuales acerca del campo magnético de los estudiantes, se eligió el instrumento conocido como CSEM (Conceptual Survey on Electricity and Magnetism – Examen Conceptual sobre Electricidad y Magnetismo).

CSEM es un instrumento de evaluación conceptual que contiene 30 preguntas de opción múltiple acerca de conceptos de electricidad y magnetismo, desarrollado por Maloney *et al.* (2001) y que contempla los diferentes aspectos conceptuales para ser abordados en diferentes temas.

Los autores de CSEM, señalan que en el dominio de electricidad y magnetismo, los estudiantes no están familiarizados ni con los fenómenos ni con la mayoría de los conceptos, lenguaje, principios y relaciones. A diferencia de lo que ocurre en el dominio de la mecánica. Este señalamiento está directamente relacionado con lo que se mencionó en el capítulo anterior, acerca de la clasificación de conceptos científicos y del desarrollo cognitivo de los estudiantes.

### **2.10.1 Análisis del instrumento de evaluación CSEM**

Los autores de CSEM, Maloney *et al.* (2001), describen brevemente las técnicas que usaron para desarrollar este instrumento de tipo conceptual y hacen referencia a la literatura que profundiza en estas técnicas. También describen la forma en que realizaron un análisis de este instrumento considerando los resultados de evaluaciones post-test.

#### **2.10.1.1 Calidad de los items**

La calidad de los ítems, fue analizada por los autores de CSEM, considerando las dos medidas estándar para la calidad de los ítems de una prueba: **dificultad** y **discriminación** (Maloney *et al.*, 2001).

**La dificultad** se refiere a qué tan difícil es el ítem y se mide por medio del porcentaje de estudiantes que contestan correctamente ese ítem, tomando un valor de 0.0 si nadie contesta bien y una valor de 1.0 si todos lo contestan bien. El valor ideal es 0.5., y el valor reportado para los ítems del CSEM varía de 0.10 a 0.8 considerándolo razonable.

**La discriminación** mide qué tanto sirve un ítem para diferenciar entre un estudiante competente y uno menos competente. Por ejemplo, ¿dos estudiantes que obtienen un puntaje dentro del 25% superior de la prueba total, también obtienen mejor puntaje que los estudiantes menos competentes en una pregunta en particular?

La discriminación se calcula restando el número de estudiantes en el 27% inferior del rango de puntaje total que tuvieron la pregunta correcta ( $N_L$ ), del número de estudiantes en el 27% superior, que tuvieron la pregunta correcta ( $N_U$ ) y se divide por la mitad de la suma de estos dos grupos. O sea,

$$discriminación = \frac{(N_U - N_L)}{(N_L + N_U) / 2} \quad (1)$$

Los valores para la discriminación varían de -1.0 a 1.0.

La dificultad de un ítem está directamente relacionada con su discriminación. Para tener un valor de discriminación de 1.0, la dificultad del ítem debe ser de 0.5%. Cualquier corrimiento del valor de dificultad de la pregunta, hace disminuir el valor de la discriminación.

En el caso del CSEM, solamente 11 de las 32 preguntas tenían dificultad promedio entre 0.4 y 0.6, esto dio por resultado valores de discriminación relativamente pequeños.

### 2.10.1.2 Medición global de CSEM

Las dos mediciones globales de la calidad de una prueba son: **validez** y **confiabilidad**. Siendo la **validez** un estimado de que tan bien mide la prueba, esto es, lo que se intenta medir.

Para medir la validez de CSEM, los autores de CSEM pidieron a varios profesores (42) de Física, que asistían a dos talleres en dos lugares distintos de USA que calificaran cada pregunta en una escala del 1 al 5 (con 1 siendo bajo y 5 siendo alto), de acuerdo a qué tan racional y adecuada era cada pregunta.

Se pidió evaluar para dos casos: 1) para el caso que el curso se basara en álgebra y 2) para el caso que el curso se basara en cálculo. Todas las preguntas de CSEM fueron calificadas como muy razonables y apropiadas en ambos casos (Maloney *et al.*, 2001).

Para medir la **confiabilidad** de una prueba, se observa que tan consistentemente, la prueba reproduce el mismo puntaje bajo las mismas condiciones. Entonces, una prueba confiable da el mismo puntaje para dos estudiantes que poseen un conocimiento y habilidades semejantes. O sea, estudiantes equivalentes, ya sea dos estudiantes distintos o el mismo estudiante en dos ocasiones distintas, obtienen el mismo puntaje con una prueba confiable.

Se usa la prueba llamada KR 20, P. Maloney, *et al.* (2001), para evaluar la confiabilidad de una prueba. La fórmula KR 20 da una representación de la correlación promedio entre la prueba subdividida en dos mitades en todas las formas posibles.

Se calcula la **confiabilidad** por la fórmula

$$R_{xx} = \frac{n}{n-1} \left( 1 - \frac{\sum pq}{S_x^2} \right) \quad (2)$$

donde  $n$  es el número de preguntas,  $p$  es la proporción de estudiantes que contestaron correctamente una pregunta,  $q$  es la proporción de estudiantes que contestaron incorrectamente, y  $S_x^2$  es la varianza de toda la prueba.

Los **valores de confiabilidad** de una prueba van de 0 a 1.0. Los estimados KR 20 para el post – test con CSEM se encuentran alrededor de 0.75, el cual es un valor muy razonable.

Los resultados del análisis de CSEM realizado por los autores del mismo, indican que es un instrumento válido y confiable.

La prueba CSEM es una combinación de preguntas que prueban las ideas alternativas de los estudiantes y preguntas que miden el conocimiento de los estudiantes acerca de aspectos formales relacionados con la electricidad y el magnetismo.

### **2.10.2 Uso de CSEM en la investigación actual**

Para este trabajo, se usó la parte del CSEM (Maloney, *et al.*, 2001) correspondiente al concepto de campo magnético. Es decir, se usaron solo las preguntas 21 a 30 del CSEM como instrumento de evaluación con 10 preguntas, para el pre-test y para el post-test. A esta parte de CSEM se le llamó CSEM-MAG para enfatizar que se trata de la parte correspondiente al tema de magnetismo. Para poder usar CSEM, primero se tradujo cada pregunta al español, numerando las preguntas del 1 al 10. De esta manera, se obtuvo un instrumento que pudo ser comprendido por los estudiantes al momento de realizar las evaluaciones previas y posteriores a la aplicación de la secuencia didáctica. Debido a que este instrumento ya ha sido validado por los autores, en cuanto a su validez y confiabilidad, se omite ese análisis para las preguntas incluidas en CSEM-MAG, puesto que es un subconjunto de CSEM.

En el Anexo A se muestran las diez preguntas del CSEM-MAG usadas en este estudio y en el capítulo siguiente se muestra un análisis de las respuestas al pre-test realizado a los grupos experimentales. Durante el análisis, se indica la respuesta correcta a cada pregunta y el porcentaje obtenido por la respuesta seleccionada con mayor frecuencia por los estudiantes.

# Capítulo III

## Metodología

*“Sería de desear que el profesor dejara de ser un lector, satisfecho con transmitir soluciones leídas, debería actuar como un mentor, y estimular la iniciativa y la investigación”.* Jean Piaget

---

En este capítulo se describe la metodología utilizada para implementar la secuencia didáctica usando el modelo de *Investigación Dirigida*. En principio, se describe el contexto de la investigación así como la población de la muestra. Luego se describe el instrumento de evaluación usado tanto para el pre-test como para el post-test. Posteriormente, se describe la secuencia de enseñanza y su aplicación en los grupos experimentales. Por último, se describe la forma en que se trabajó con los grupos de control.

### 3.1 Contexto de la investigación y descripción de la población

La investigación actual se llevó a cabo en dos escuelas preparatorias públicas y una preparatoria privada. Una de las escuelas públicas es urbana ubicada en la ciudad de Puebla y perteneciente a la BUAP, la otra preparatoria es rural y se ubica en San Miguel Canoa, Puebla. La preparatoria privada está ubicada en la ciudad de Puebla.

Es importante señalar que en las tres preparatorias, se obtuvo permiso para trabajar con los estudiantes, y que la investigadora no es docente en ninguna de las escuelas mencionadas.

El período permitido para trabajar con los estudiantes se limitó a tres sesiones de dos horas. Estas restricciones de tiempo, requirieron distribuir con mucho cuidado el tiempo disponible para poder aplicar la secuencia de enseñanza propuesta. Además, se realizó la evaluación del trabajo de los estudiantes durante ese período para que se les asignara la calificación correspondiente al tema de campo magnético.

El primer grupo experimental denominado PC (Preparatoria Calderón de la BUAP, institución urbana) para esta investigación, pertenecía al turno vespertino y tenía una sesión de laboratorio con duración de dos horas los miércoles. Así que se trabajó con ellos los días miércoles de tres semanas para aplicar la secuencia de enseñanza.

El profesor que les impartía la sesión de laboratorio aceptó trabajar en equipo con la investigadora y con ese fin, se tuvieron dos reuniones previas a la aplicación de la secuencia para preparar el trabajo y el material a proporcionar a los estudiantes durante las tres sesiones. El material incluyó las hojas de trabajo (programas de actividades), que guiaron las actividades de los estudiantes en el laboratorio, así como los elementos requeridos para la realización de experimentos.

El segundo grupo experimental denominado IBP (Instituto del Bosque Puebla, institución urbana) para esta investigación, pertenece al turno matutino y se tuvieron las tres sesiones de dos horas en una sola semana, ya que ese período era el único disponible para aplicar la secuencia.

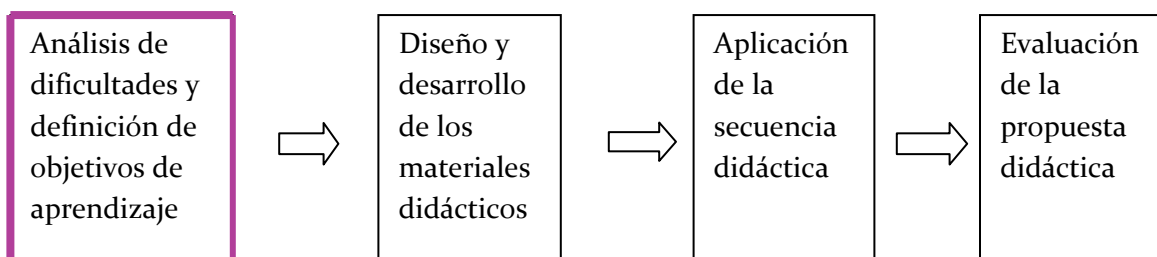
En la primera sesión se tuvo el apoyo del maestro de Física para monitorear el trabajo de los equipos. Durante la segunda y tercera sesión, la investigadora realizó completamente, la aplicación de la secuencia.

Respecto a los grupos de control, el primer grupo de control pertenecía al turno vespertino de la preparatoria urbana Alfonso Calderón Moreno de la BUAP y el segundo grupo de control pertenecía a la Preparatoria rural “Coronel Raúl Velasco de Santiago”, ubicada en San Miguel Canoa, Puebla.

Es importante mencionar que en los grupos de control no se aplicó la intervención y solo se aplicó el pre-test al inicio del tema, luego el profesor titular realizó su trabajo usual y se aplicó el post-test al final del tema, en fecha que coincidió con el final del curso.

Los estudiantes tanto de los grupos experimentales como de los grupos de control, tenían edades que oscilaban entre los 16 y 18 años.

Una vez que se consiguieron los grupos experimentales y de control, se realizó el análisis de dificultades mencionado en el capítulo 1 y que corresponde al primer bloque del diagrama del diseño y que se vuelve a presentar aquí para una referencia rápida



Para realizar el análisis de dificultades, se aplicó una evaluación previa a la aplicación de la secuencia didáctica, denominada evaluación pre-test.

El instrumento usado en el pre-test, es el que se denominó CSEM-MAG y que se analiza en la sección 3.3 de este capítulo.

## **3.2 Aplicación de la evaluación pre-test a grupos experimentales y de control**

### **3.2.1 Pre-test del grupo experimental PC**

Antes de aplicar la secuencia de enseñanza, se aplicó el instrumento de evaluación de conceptos de magnetismo CSEM-MAG para realizar la evaluación Pre – test. Se dieron 30 minutos a los estudiantes del grupo experimental PC, para que contestaran la evaluación.

Se analizaron los resultados, para ver si las ideas previas de estos estudiantes coincidían con las dificultades de aprendizaje reportadas por la investigación educativa (Guisasola, J., Almudí, J.M. y Zubimendi, J.L., 2003, Tannel, J., Erol, M., 2008), para considerarlas en la definición de los objetivos de aprendizaje. Efectivamente, se comprobó que las dificultades de aprendizaje existentes en el primer grupo experimental, coincidían con las encontradas y reportadas por la investigación educativa.



Ya que la sesión correspondiente a la primera actividad experimental, se tendría hasta el miércoles siguiente, se tuvo tiempo suficiente para analizar los resultados del pre-test y considerarlos durante el diseño del programa de actividades de la secuencia de enseñanza siguiendo el modelo de investigación dirigida. Por lo tanto, la definición de los objetivos de aprendizaje que indica el primer bloque del diagrama de diseño de la propuesta, se hizo incluyendo estos resultados del pre-test.

### **3.2.2 Pre-test del grupo experimental IBP**

Antes de aplicar la secuencia de enseñanza, se aplicó la evaluación Pre – test por medio del instrumento de evaluación de conceptos de magnetismo CSEM- MAG. Se dieron treinta minutos a los estudiantes del grupo experimental IBP, para que contestaran la evaluación.

Se realizó un análisis rápido los resultados del pre-test con el fin de incluir estos resultados en la secuencia de enseñanza para el grupo experimental IBP. Se prepararon los materiales correspondientes para ser presentados ante los estudiantes.

A continuación se muestran las preguntas del instrumento de evaluación usado en el pre-test para detectar las ideas previas y dificultades de aprendizaje, así como las respuestas de los estudiantes de los grupos experimentales a cada pregunta, y que sirvieron para el diseño de la secuencia de actividades bajo el modelo de investigación dirigida.

### **3.3 Pre-test con el instrumento de evaluación CSEM-MAG**

La **pregunta 1** de CSEM-MAG, averigua si los estudiantes comprenden y tienen presente que las cargas experimentan una fuerza magnética solo cuando están en movimiento. La respuesta correcta a esta pregunta es el inciso 'e'.

Se ha observado que los estudiantes esperan la existencia de una fuerza magnética siempre que se coloque una carga en un campo magnético, aún cuando la carga esté en reposo (Demirci, 2005). En este estudio, ocurrió lo mismo para esta pregunta, alcanzando un 42.3% de respuestas correctas en el pre-test para el primer grupo experimental y 0% de respuestas correctas en el pre-test del segundo grupo experimental.

**1.- ¿Qué le pasa a una carga positiva que descansa en un campo magnético uniforme?**

**(un campo uniforme es aquel cuya fuerza y dirección son iguales en todos los puntos)**

- (a) Se mueve con una velocidad constante, ya que la fuerza tiene una magnitud constante.**
- (b) Se mueve con una aceleración constante, ya que la fuerza tiene una magnitud constante.**
- (c) Se mueve en un círculo a una velocidad constante, ya que la fuerza siempre es perpendicular a la velocidad.**
- (d) Se acelera en círculo, ya que la fuerza siempre es perpendicular a la velocidad.**
- (e) Permanece inmóvil, ya que la fuerza y la velocidad inicial valen cero.**

La **pregunta 2**, averigua si para los estudiantes es clara la diferencia entre fuerza eléctrica y fuerza magnética, o tienen confusión al respecto (Demirci, 2005). La respuesta correcta es la opción 'd'.

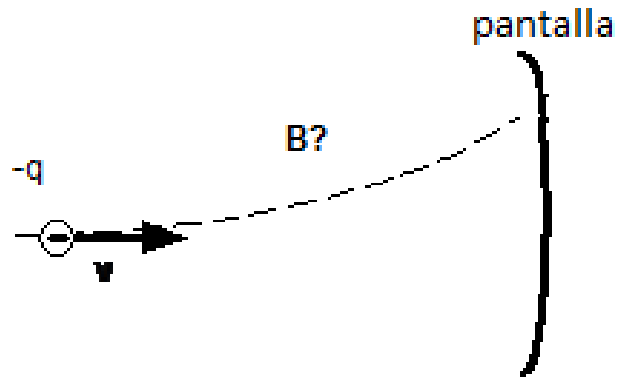
En esta segunda pregunta, se obtuvo un 19.2% de respuestas correctas para el pre-test del primer grupo experimental y de un 11.5% de respuestas correctas para el pre-test del segundo grupo experimental indicando que los estudiantes no tenían muy clara esta diferencia.

El inciso 'c' tuvo el mayor porcentaje en el segundo grupo experimental y fue de un 73%. Mientras que en el primer grupo experimental, este porcentaje fue de 50% y fue para el inciso 'e'.

Lo anterior indica que los estudiantes que eligieron la opción 'c', no toman en cuenta que se tiene una partícula negativa y no una positiva. Por otro lado, los estudiantes que eligieron la opción 'e', no distinguen la fuerza magnética de la fuerza eléctrica y por tanto, confunden sus efectos.

2.- Un electrón se mueve horizontalmente hacia una pantalla. El electrón se mueve a lo largo de la trayectoria mostrada debido a una fuerza magnética causada por un campo magnético. ¿En qué dirección apunta el campo magnético?

- (a) Hacia la parte superior de la página
- (b) Hacia la parte inferior de la página
- (c) Hacia el interior de la página
- (d) Hacia afuera de la página
- (e) El campo magnético tiene la misma dirección que la trayectoria curva



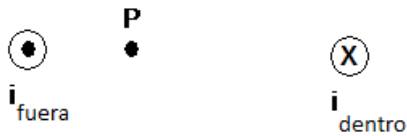
La **pregunta 3**, observa la aplicación directa del campo magnético alrededor de un alambre recto, largo y la aplicación del principio de superposición. Los estudiantes muestran si saben aplicar la regla de la mano derecha y el principio de superposición. La respuesta correcta para esta pregunta es la opción 'a'.

En esta pregunta, se obtuvo el 11.5% de respuestas correctas para el primer grupo experimental y el 3.8% para el segundo grupo experimental. La opción 'b' obtuvo el 50% para el primer grupo experimental, lo cual indica que no distinguen el campo eléctrico del campo magnético.

Por otro lado, la opción 'e' obtuvo el 76.9% para el segundo grupo experimental. Esto indica que los estudiantes no saben aplicar la regla de la mano derecha para determinar la dirección del campo magnético, ni entienden acerca de la superposición de campos.

3. El alambre 1 tiene una corriente  $i$  muy grande que fluye hacia afuera de la página

( $\odot$ ), Como se muestra en el diagrama. El alambre 2 tiene una corriente muy grande  $i$  que fluye hacia el interior de la página ( $\otimes$ ). ¿En qué dirección apunta el campo magnético en la posición P?

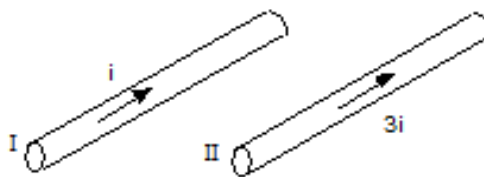


- (a) (b) (c) (d) (e) ninguno de los anteriores

La **pregunta 4**, investiga si los estudiantes extienden la 3ª ley de Newton al ámbito eléctrico y magnético, escogiendo una respuesta que sea consistente con la 3ª ley de Newton. La respuesta correcta es la opción 'c'.

Para esta pregunta, se obtuvo un porcentaje de respuestas correctas de 15.2% para el primer grupo experimental y de 53.8% de respuestas correctas, para el segundo grupo experimental. Se obtuvo un porcentaje de 26.9% para la opción 'b' en el primer grupo experimental, esto significa que los estudiantes necesitan comprender que se aplica la 3ª ley de Newton a esta fuerza magnética.

4. Dos alambres paralelos I y II que están cerca el uno del otro, acarrean corrientes  $i$  y  $3i$  ambas en la misma dirección. Compare las fuerzas que los dos alambres ejercen el uno sobre el otro.



- (a) El alambre I ejerce sobre el alambre II, una fuerza mayor a la que ejerce el alambre II sobre el alambre I.  
 (b) El alambre II ejerce sobre el alambre I, una fuerza mayor, que la que ejerce el alambre I sobre el alambre II.  
 (c) Los alambres ejercen uno sobre el otro, fuerzas de atracción de igual magnitud.  
 (d) Los alambres ejercen uno sobre el otro, fuerzas de repulsión de igual magnitud.  
 (e) Los alambres no ejercen fuerzas el uno sobre el otro.

La **preguntas 5**, examina una interpretación del efecto del campo magnético sobre una partícula cargada en movimiento. La respuesta correcta es la opción 'd'.

Esta pregunta tuvo un porcentaje de respuestas correctas de 3.8% y obtuvo un porcentaje de 34.6% para la opción 'b' con el primer grupo experimental. Esto significa que los estudiantes del primer grupo experimental, no comprenden que la fuerza magnética es mayor cuando el campo magnético es ortogonal al movimiento de la partícula y que es cero cuando la partícula se mueve en dirección paralela al campo magnético. En el segundo grupo experimental, se tuvo 61.7% de respuestas correctas. Sin embargo, eso no asegura que escogieron la opción correcta con conocimiento de causa y eso se comprueba al momento de aplicar el post-test.

**5. Las figuras de abajo representan partículas cargadas que se mueven en el mismo campo magnético uniforme.**

**El campo está dirigido de la izquierda hacia la derecha. Todas las partículas tienen la misma carga y la misma velocidad  $v$ . Clasifique estas situaciones de acuerdo a las magnitudes de la fuerza ejercida por el campo en la carga móvil, desde la mayor hasta la menor.**

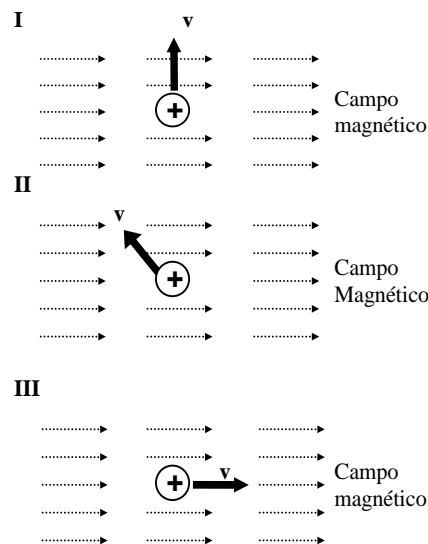
(a)  $I = II = III$

(b)  $III > I > II$

(c)  $II > I > III$

(d)  $I > II > III$

(e)  $III > II > I$

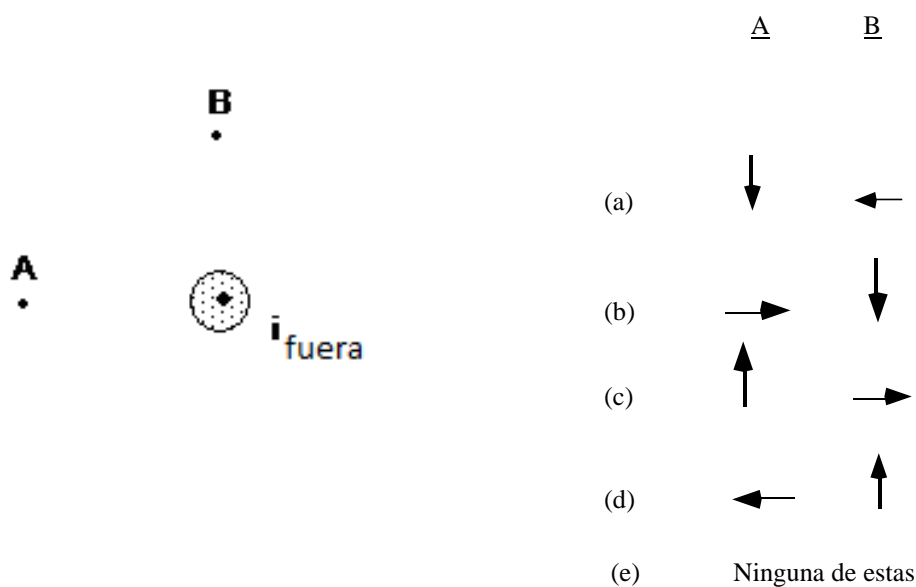


La **pregunta 6**, permite ver el grado de entendimiento del estudiante acerca del campo magnético creado por un alambre portador de corriente. La respuesta correcta es la opción 'a'.

Esta pregunta tuvo 0% de respuestas correctas en el pre-test tanto para el primer grupo experimental como para el segundo grupo experimental. La opción 'd' obtuvo un 43.2% para el primer grupo experimental y un 92% para el segundo grupo experimental. Mientras que la opción 'b' obtuvo un 34.6% para el primer grupo experimental.

Tanto la opción 'b' como la opción 'd' indican que los estudiantes confunden el campo eléctrico con el campo magnético. Es decir, que hay una confusión en los estudiantes quienes piensan que hay una fuerza de atracción entre el conductor y los puntos A y B.

6. El diagrama muestra un alambre con una corriente grande  $i$  ( $\odot$ ), que se dirige hacia afuera del papel. ¿En qué dirección estará el campo magnético en las posiciones A y B?

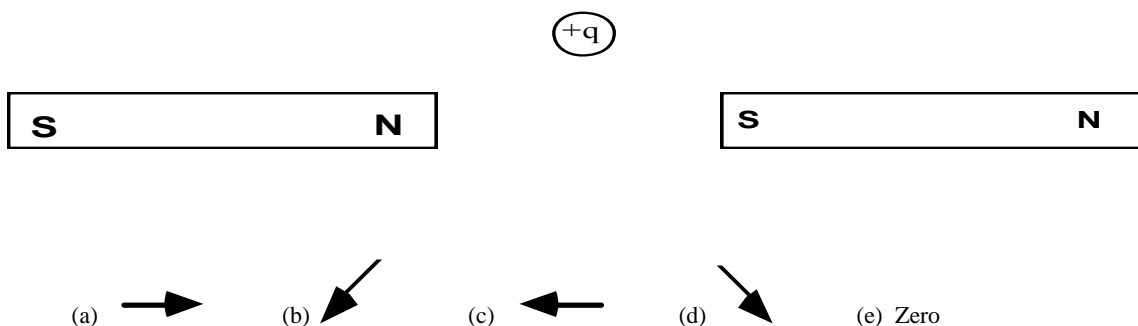


La **pregunta 7**, nuevamente verifica si los estudiantes comprenden que una carga inmóvil no es afectada por el campo magnético. La respuesta correcta es la opción 'e'.

En esta pregunta, se tuvo un 3.8% de respuestas correctas en el pre-test para el primer grupo experimental y un 0% para el segundo grupo.

La opción con mayor porcentaje para el primer grupo fue de 30.7% para las opciones 'b' y 'c'. Esto quiere decir que confunden la fuerza magnética con la fuerza eléctrica. Para el segundo grupo, la opción con mayor porcentaje fue la opción 'b' con 92.3%.

7.- Una partícula cargada positivamente (+q) permanece en reposo en el plano entre dos barras magnéticas fijas, como se muestra. El magneto de la izquierda es tres veces más fuerte que el de la derecha. ¿Cuál de las opciones de abajo, representa mejor la fuerza MAGNETICA resultante ejercida por los magnetos sobre la carga?



La **pregunta 8**, verifica que los estudiantes apliquen bien el principio de superposición y la regla de la mano derecha para la dirección del campo magnético. La respuesta correcta es 'c'.

Esta pregunta obtuvo un 3.8% de respuestas correctas para el primer grupo experimental y un 65.3% para el segundo grupo experimental. Mientras que la opción 'e' tuvo 50% de respuestas para el primer grupo experimental. Lo anterior indica que se debe revisar muy bien tanto el principio de superposición como la regla de la mano derecha.

8. Dos espiras idénticas de alambre transportan corrientes idénticas  $i$ . Las espiras se ubican como se ve en el diagrama. ¿Cuál de las flechas representa mejor la dirección del campo magnético en el punto P que está en medio de las espiras?



Las **preguntas 9 y 10** tratan de la ley de Faraday e inducción magnética.

En la pregunta 9, los estudiantes muestran si entienden que un campo magnético variable genera un campo eléctrico. La respuesta correcta es la opción 'c'.

A veces, los estudiantes piensan que cuando una espira gira, como en la 3ª situación de la figura siguiente, se tiene un campo magnético variable, lo cual es falso.

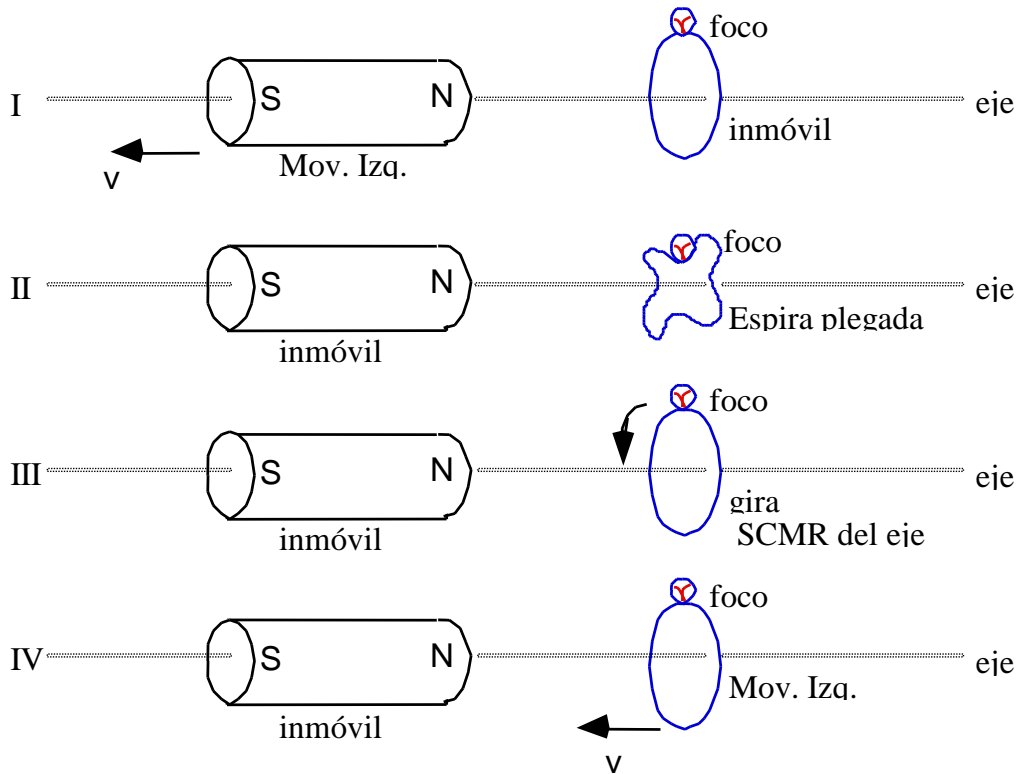
Para esta pregunta, la opción 'c' que es la correcta, obtuvo un 23% para el primer grupo experimental y obtuvo un 3.8% de respuestas correctas para el segundo grupo experimental.

Por otro lado, La opción 'e' tuvo el 34% para el primer grupo experimental, mientras que la opción 'b' obtuvo un 73% para el segundo grupo experimental.

Lo anterior indica que solo algunos estudiantes en el primer grupo, entendían que al variar el área de la espira, se variaba el campo magnético. No así los estudiantes del segundo grupo experimental, quienes no comprendían este hecho.



9. Las 5 figuras separadas de abajo incluyen un magneto cilíndrico y un foquito conectado a los extremos de una espira de alambre de cobre. Estas figuras se usan en la pregunta 9. El plano de la espira es perpendicular al eje de referencia. Los estados de movimiento del imán y de la espira se indican en el diagrama. La velocidad se representa por  $v$  y SCMR representa “ Sentido Contrario a las Manecillas del Reloj”.



9. ¿En cuál de las figuras anteriores brillará el foco?

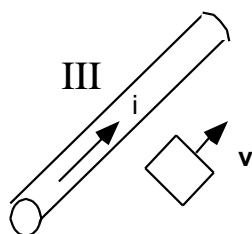
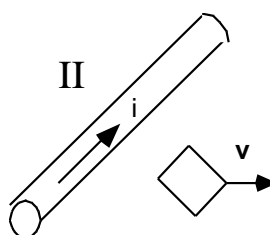
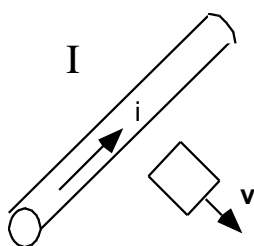
- (a) I, III, IV      (b) I, IV      (c) I, II, IV      (d) IV      (e) En ninguna

La pregunta 10 vuelve a examinar una interpretación del efecto del campo magnético sobre una partícula cargada en movimiento. La respuesta correcta es la opción ‘a’.

En esta pregunta se tuvo un 11.5% de respuestas correctas para el primer grupo experimental y un 19.2% de respuestas correctas para el segundo grupo experimental. Lo cual indica que los estudiantes no entienden que cuando una carga se mueve en dirección paralela al campo, no se induce corriente alguna y que la fuerza magnética es cero. Además, no comprenden que la fuerza magnética es mayor cuando el campo magnético es

ortogonal al movimiento de la partícula y es cuando la fuerza magnética alcanza su valor máximo.

10. Un alambre recto muy largo transporta una corriente constante  $i$ . Hay unas espiras rectangulares de metal en el mismo plano del alambre, que se mueven con velocidad  $v$  en la dirección mostrada. ¿Cuál de las espiras tendrá una corriente inducida?.



- (a) solo I y II
- (b) solo I y III
- (c) solo II y III
- (d) todas
- (e) ninguna

Como puede verse, el instrumento de evaluación CSEM-MAG cubre los principales conceptos relacionados con el campo magnético y al mismo tiempo detecta las dificultades existentes y que prevalecen en los estudiantes, aún después de varios períodos de instrucción. En este caso, esta detección ocurrió después que los estudiantes habían estudiado el tema de magnetismo en el nivel educativo de secundaria.

Para el estudio realizado en esta tesis, CSEM-MAG permitió tener una clara perspectiva de las dificultades de aprendizaje de los estudiantes de la muestra. Así mismo, dio la pauta para el diseño de la secuencia didáctica para enseñanza del concepto de campo magnético,

basada en el modelo de investigación dirigida y que fuera capaz de mejorar el aprendizaje de dicho concepto.

### **3.4 Objetivos de aprendizaje**

Los objetivos de aprendizaje establecidos incluyendo el temario y los resultados del pre-test, analizados en la sección anterior, fueron la base para el diseño de la secuencia de actividades de aprendizaje para el concepto de campo magnético con el modelo de investigación dirigida y son los siguientes:

- 1.- El primer objetivo es que los estudiantes construyan el concepto de líneas de campo magnético de un imán y al mismo tiempo se percaten de que el campo magnético actúa sobre cierto tipo de materiales.
- 2.- El segundo objetivo es que los estudiantes identifiquen las características del campo magnético. Aquí se hace énfasis en los dipolos magnéticos y en los efectos de un campo magnético en la aguja de una brújula.
- 3.- Finalmente, los estudiantes deben construir la idea de que una carga en movimiento, produce un campo magnético.

En resumen, los estudiantes deben ser capaces de explicar cualitativamente, la forma en que una carga en movimiento, una espira con corriente y un conductor rectilíneo con corriente, producen campos magnéticos y que describan la forma de las líneas de campo magnético asociados a dichos campos.

Para cubrir estos objetivos de aprendizaje, se diseñó una secuencia didáctica siguiendo el modelo de investigación dirigida, el cual considera el aspecto epistemológico para la secuenciación de contenidos. A continuación, se describe la forma en que se hizo esto.

### **3.5 Epistemología y secuenciación de contenidos.**

Las actividades incluidas en la secuencia didáctica, contemplaron además de los objetivos de aprendizaje, las dificultades epistemológicas que tuvieron que ser resueltas por los científicos en la construcción del concepto de campo magnético. De esta manera, se usó como herramienta valiosa el conocimiento de las dificultades epistemológicas para planificar una secuencia coherente de situaciones problemáticas de interés a realizar en el laboratorio y en el aula con el fin de *reconstruir* los conocimientos electromagnéticos.

Los aspectos epistemológicos que fundamentan la secuenciación de contenidos, son los que presentan Guisasola, Almudí y Furió (2003), quienes reportan los principales obstáculos y saltos cualitativos en el desarrollo de la teoría del campo magnético. El trabajo de Meyer y Stauffer, presentado por Stephen G. Brush (1988), acerca del descubrimiento de Oersted, sirvió de base epistemológica en esta secuenciación de los contenidos. A continuación se presenta esta secuenciación de contenidos.

#### **Secuenciación de contenidos para estudio del concepto de campo magnético**

##### 1.- introducción

- i) ¿Por qué es importante comprender los fenómenos magnéticos?
- ii) ¿Cómo detectar la presencia de un campo magnético?
- iii) ¿Cuáles son las fuentes del campo magnético?

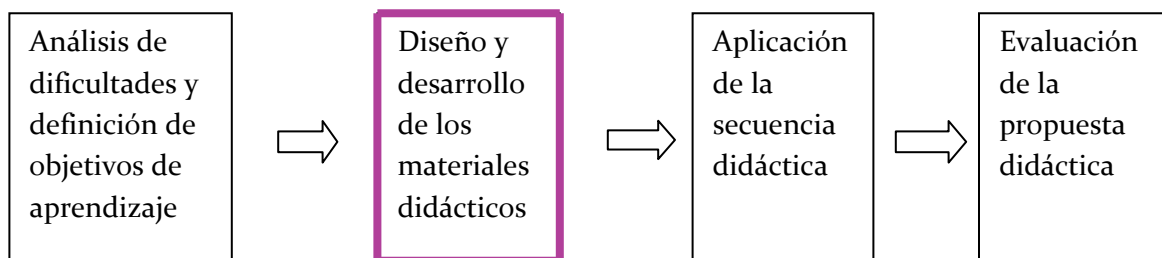
##### 2.- Fenómenos magnéticos

- i) Imanes y líneas de campo magnético
- ii) Dipolos magnéticos
- iii) Fuentes de campo magnético que no son imanes
- iv) Aplicaciones del magnetismo a la vida cotidiana

### 3.- Análisis cualitativo del campo magnético

- i) Naturaleza relativista del campo magnético
- ii) campos magnéticos variables
- iii) Intensidad de la fuerza magnética

Una vez que se ha establecido la secuenciación de contenidos, se llevan a cabo las tareas correspondientes al segundo bloque del diagrama de diseño, mismo que ahora se muestra con su marco resaltado.



Las actividades que cubren esta secuencia, se diseñan recordando que durante la aplicación de tales actividades, los estudiantes interaccionan entre ellos y con el profesor y que esta interacción les permite familiarizarse con la cultura científica, ya que al hacer ciencia, construyen también su terminología de comunicación y discurso científicos.

A continuación se presentan las actividades de la secuencia de enseñanza.

## **3.6 Actividades de la secuencia didáctica**

### **3.6.1 Actividades para el laboratorio**

El objetivo global de las actividades para el laboratorio, consiste en lograr que los estudiantes de los grupos experimentales, cumplan con los objetivos de aprendizaje referentes al concepto de campo magnético, establecidos en la sección 3.4.

#### **3.6.1.1 Actividad 1 para el laboratorio**

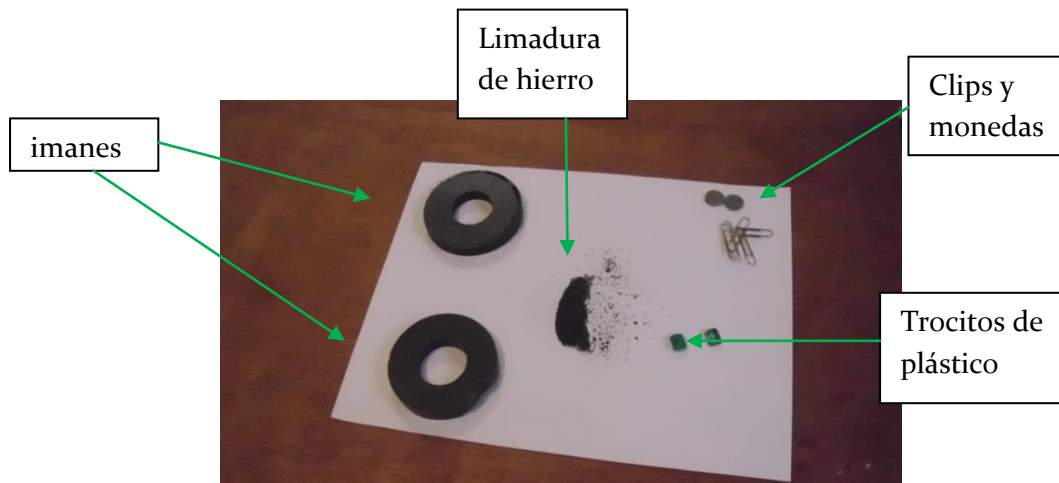
El objetivo de la primera actividad para el laboratorio de la secuencia, es lograr que los estudiantes visualicen las líneas de campo magnético de un imán y que al mismo tiempo se percaten de que el campo magnético actúa sobre cierto tipo de materiales. Es importante señalar que esta primera actividad experimental corresponde a la práctica de laboratorio No. 15, del primer grupo experimental, de acuerdo a su avance programático.

Los experimentos realizados durante esta actividad, permiten que los estudiantes visualicen las líneas de campo magnético y observen los efectos de un imán sobre limaduras de hierro, objetos de metal como los clips, objetos de plástico y pequeños trozos de papel.

Es importante notar la pertinencia de incluir diversos metales (aluminio, cobre, etc.), hojas de plantas, madera, etc., para que el estudiante pueda discriminar el tipo de materiales que son afectados por el campo magnético.

Es decir, se debe experimentar con materiales ferromagnéticos, paramagnéticos y diamagnéticos. De esta manera, los estudiantes obtienen una visión completa acerca de la acción del campo magnético sobre distintos materiales, no necesariamente metálicos.

En la figura 3.1, se muestran los materiales usados en esta actividad.



**Figura 3. 1 Materiales usados en la primera actividad**

### **3.6.1.2 Actividad 2 para el laboratorio**

El objetivo de la segunda actividad, es que los estudiantes identifiquen las características del campo magnético, incluyendo los dipolos magnéticos y los efectos de un campo magnético en la aguja de una brújula. Además, los estudiantes podrán construir la idea de que las cargas en movimiento, producen un campo magnético. En esta segunda actividad, se realiza una serie de 3 experimentos: uno observacional y dos de prueba. A continuación, se analiza cada experimento en detalle.

#### **Experimento 1 de la segunda Actividad.**

En el experimento 1 de la segunda actividad y que es de tipo observacional, los estudiantes observan el efecto de acercar un imán a una brújula.

Primero se observa una brújula sin otro material cerca de ella. Luego, se acerca un imán y se observa la manera en que la aguja de la brújula era afectada por el imán.

La figura 3.2 ilustra con fotos tanto el material como el experimento.

Aguja de la brújula apuntando en dirección al norte



Aguja de la brújula apuntando en dirección oeste



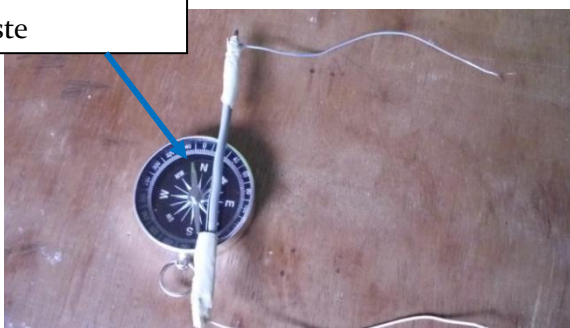
imán

Figura 3. 2 Brújula afectada por el campo magnético de un imán

### Experimento 2 de la segunda Actividad.

En el experimento 2, que es un experimento de prueba, los estudiantes observan el efecto de acercar un alambre recto con corriente a una brújula. Las fotos siguientes, muestran el material y el experimento. Primero se muestra el conductor rectilíneo sin conectar y luego conectado.

La aguja de la brújula apunta inicialmente al noroeste



Luego, la aguja apunta hacia el noreste

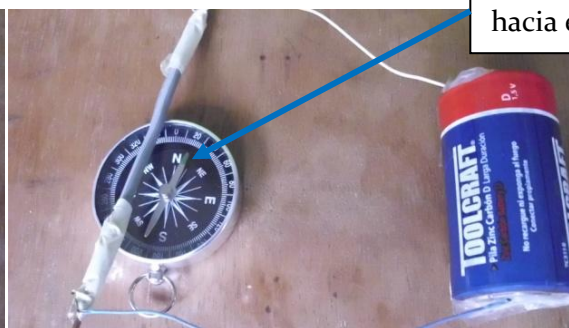


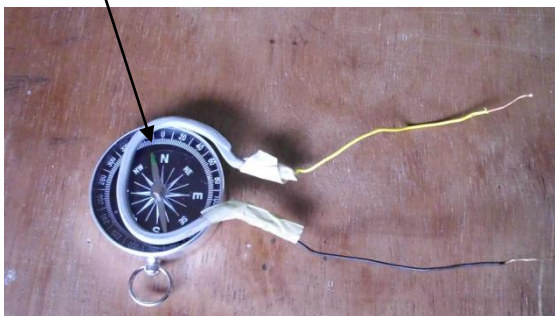
Figura 3. 3 Brújula afectada por el campo magnético del conductor rectilíneo

### Experimento 3 de la segunda actividad.

En el experimento 3 de la segunda actividad, que es un experimento de prueba, los estudiantes observan el efecto de acercar una espira con corriente a una brújula. Las figuras siguientes, muestran el material y el experimento. Primero se muestra la espira sin conectar y luego conectada.



Aguja de la brújula apuntando hacia el noroeste (poquito a la izq. del norte)



Aguja de la brújula apuntando hacia el noreste (poquito a la derecha del norte)



**Figura 3. 4 Brújula afectada por el campo magnético de la espira**

De esta forma, los estudiantes podrán concluir que: si hay un efecto similar al producido por un imán, debe existir un campo magnético asociado al conductor rectilíneo portando corriente y a la espira portando corriente. Y esa es la intención y objetivo de esta práctica.

Las hojas de trabajo para estas prácticas, se muestran en el anexo B.

En las sesiones de laboratorio, los estudiantes realizan actividades exploratorias que permitieron llevar a cabo observaciones, predicciones, experimentos, interpretaciones y manipulación directa de materiales, tal y como corresponde a la instrucción concreta.

También durante las sesiones de laboratorio, el profesor ayuda a los estudiantes a comprender el concepto nuevo, contestando a las preguntas que hacen y que surgen en el momento de realizar las actividades exploratorias.

Todo lo anterior de acuerdo al modelo de investigación dirigida, en que los estudiantes adoptan el rol de investigadores novatos y el profesor el de experto que conoce los resultados y los coteja en ese momento, para dar retroalimentación inmediata a los estudiantes, guiándolos en la construcción de su aprendizaje.

### 3.6.2 Actividades para el aula

Las actividades para el aula consisten en realizar discusiones y explicaciones, acerca del concepto de campo magnético durante una sesión al menos, dependiendo del tiempo disponible para sesiones en el aula.

Para estas actividades, se usa un material audiovisual que se realizó como una presentación Power Point, en la que la mayoría de las diapositivas se confeccionaron modificando pantallas del multimedia *Supercomet* y adecuándolas para explicar conceptos acerca del concepto de campo magnético.

Como se mencionó anteriormente, este multimedia se encuentra disponible en <http://online.supercomet.no/> y tiene un manual para el maestro (Earle A. et al, 2004).

A continuación se describe la forma en que se construyó esta presentación, en el caso de que los profesores decidan hacer sus propias presentaciones usando las ideas presentadas aquí.

#### 3.6.2.1 Construcción de la presentación Power Point

Cada diapositiva de la presentación, tenía una intención educativa y se confeccionaba, ya sea usando pantallas de *Supercomet* o bien, realizando todos los esquemas y comentarios.

Por ejemplo, para explicar que las cargas en movimiento crean un campo magnético, se usaron las pantallas no. 5 y no. 6, del módulo de magnetismo de *Supercomet* y que representan el experimento de Oersted. Primero se analizaron estas pantallas como sigue.

La pantalla no. 5 del módulo de magnetismo de *Supercomet*, se muestra en la figura 3.5 con recuadros explicando sus elementos constitutivos.

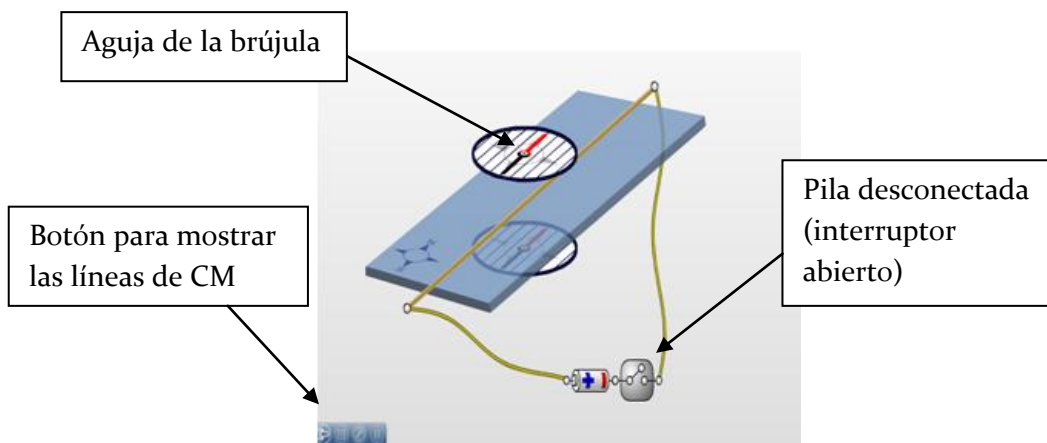


Figura 3. 5 Experimento de Oersted, pantalla 5 de *Supercomet*

Como se indica en el recuadro derecho de la figura 3.5, se puede conectar la pila haciendo click sobre el interruptor.

La figura 3.6, corresponde a la pantalla no. 6 del módulo de magnetismo de *Supercomet*.

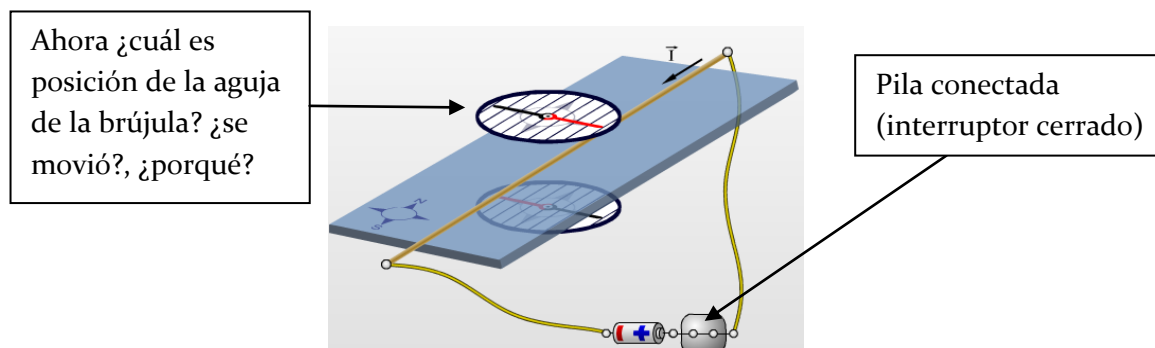


Figura 3. 6 Experimento de Oersted, pantalla 6 de *Supercomet*

En aula no se tiene internet, por eso no se puede hacer esto en tiempo real. Por lo tanto, se captura la pantalla 5 que muestra el interruptor desconectado en una diapositiva y la pantalla 6 se captura en otra diapositiva, que muestra tanto el interruptor conectado como los efectos de conectarlo. Estas diapositivas se despliegan una a continuación de la otra, pidiendo a los estudiantes que expresen sus observaciones. Las pantallas anteriores se capturaron y modificaron de forma que guiaran la discusión, como sigue.

La pantalla 5 de *Supercomet* quedó como se muestra en la figura 3.7.



Figura 3. 7 Experimento de Oersted con pantalla 5 adaptada

Aquí los estudiantes podrán responder a las preguntas en la diapositiva y justificando su respuesta, al recordar el experimento 2 de la segunda actividad experimental, en que usaron una brújula, un alambre rectilíneo (desconectado inicialmente) y una pila tipo D.

En el experimento mencionado, ellos observaron que solo estando conectado el alambre a la pila, se afectaba a la aguja de la brújula. Es decir, si las cargas están en reposo (alambre desconectado), no se altera la posición de la aguja de la brújula, ya que no se crea un campo magnético. Luego, en la pantalla 6 de módulo de magnetismo de *Supercomet*, se conectó la pila (interruptor cerrado), para que se puedan mover las cargas y entonces, se cuestiona a los estudiantes, como se muestra en la figura siguiente.



Figura 3. 8 Experimento de Oersted con pantalla 6 adaptada

Los estudiantes podrán responder con conocimiento de causa, ya que en el laboratorio, han puesto en movimiento las cargas, al conectar un alambre rectilíneo a la pila tipo D.

*Supercomet* muestra las líneas de campo magnético, usando el botón en la parte inferior izquierda mostrado en la figura 3.5. La figura siguiente, muestra las líneas de campo magnético, capturadas en una diapositiva para su uso en el aula, sin requerir de internet.

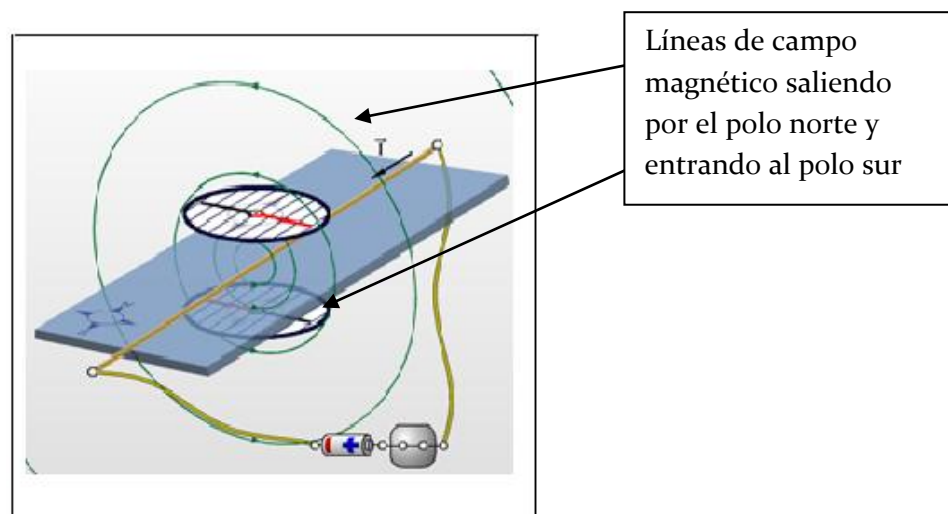


Figura 3. 9 Líneas de Campo Magnético en el experimento de Oersted

En este momento, se explica la regla de la mano derecha y se hace con ayuda de la diapositiva mostrada en la figura 3.10, la cual usa tanto la pantalla 6 como una parte de la pantalla 10 de *supercomet* , integradas en una sola diapositiva.

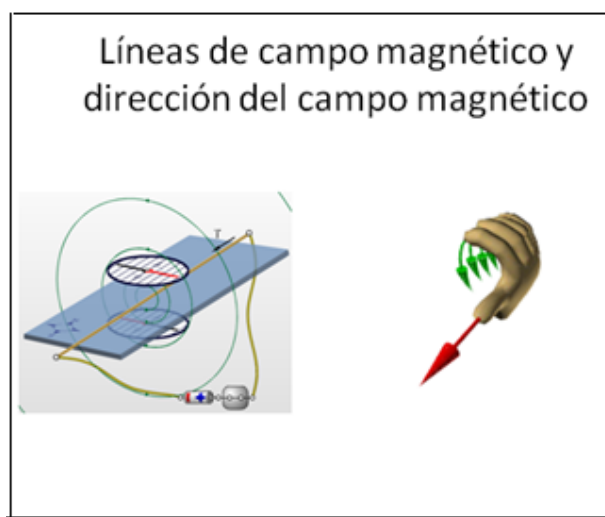


Figura 3. 10 Regla de la mano derecha

A la diapositiva anterior, se le agregaron los comentarios explicativos correspondientes para explicar la regla de la mano derecha, obteniendo la que se muestra en la figura siguiente

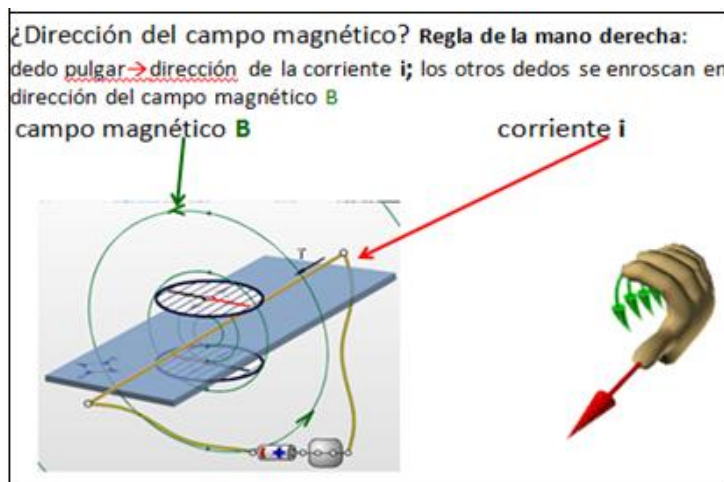


Figura 3. 11 Explicación de la regla de la mano derecha

Cuando se muestra ésta diapositiva con las líneas de campo magnético, el profesor pide a los estudiantes que comenten con su compañero sentado al lado de él, la aplicación de esta regla, usando su dedo pulgar para apuntar en la dirección de la corriente y los dedos enroscados para indicar la dirección del campo magnético.

Se pretende que esta práctica con la regla de la mano derecha, les sirva a los estudiantes, para comprender la dirección en que actúa el campo magnético. Para que, cuando resuelvan las preguntas del post-test que tengan que ver con la regla de la mano derecha, incluso puedan dibujar las líneas de campo magnético para contestar. Lo anterior será una clara indicación de que saben lo que están haciendo.

Esta manera de interactuar con los conceptos, apoyados con ayuda visual, proporciona a los estudiantes los fundamentos para contestar bien las preguntas durante la evaluación post- test, sin que se aborden las preguntas específicas del instrumento de evaluación.

Análogamente, los estudiantes pueden recordar que en el experimento con la espira con corriente se creó un campo magnético, al ver la diapositiva mostrada en la figura siguiente

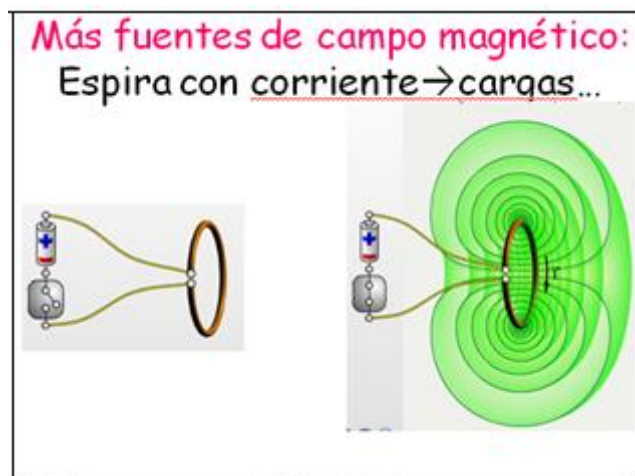


Figura 3. 12 Espira con corriente y su campo magnético

A la diapositiva anterior, se le agregaron explicaciones y elementos, para indicar la dirección del campo magnético. Entonces, se obtuvo la diapositiva que se muestra en la figura 3.13.

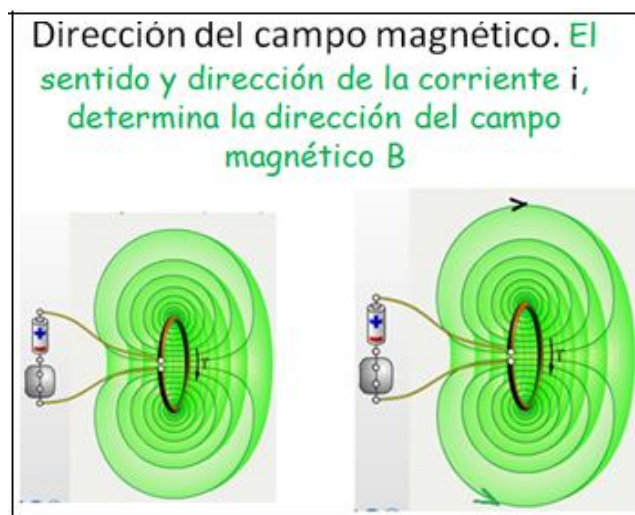


Figura 3. 13 Dirección del campo magnético en una espira

Los estudiantes podrán visualizar y comprender cómo determinar la dirección del campo magnético, considerando la dirección de flujo de la corriente y aplicando la regla de la mano derecha, mientras discuten con su compañero.

Es muy importante señalar que estas explicaciones se deben realizar, una vez que se han llevado a cabo los experimentos en el laboratorio, siguiendo el modelo de investigación dirigida, previa a la discusión en clase de estos conceptos.

Lo anterior permite repetir la experiencia para el estudio del concepto nuevo, teniendo ya un precedente acerca del fenómeno, ya que la presentación Power Point muestra los efectos de los experimentos, que ya han realizado y cuyos resultados pudieron observar.

Por otro lado, para analizar la fuerza ejercida sobre una partícula cargada, se usan las diapositivas Power Point de la manera siguiente. Primero, se plantean situaciones diferentes como se ve en la figura siguiente.

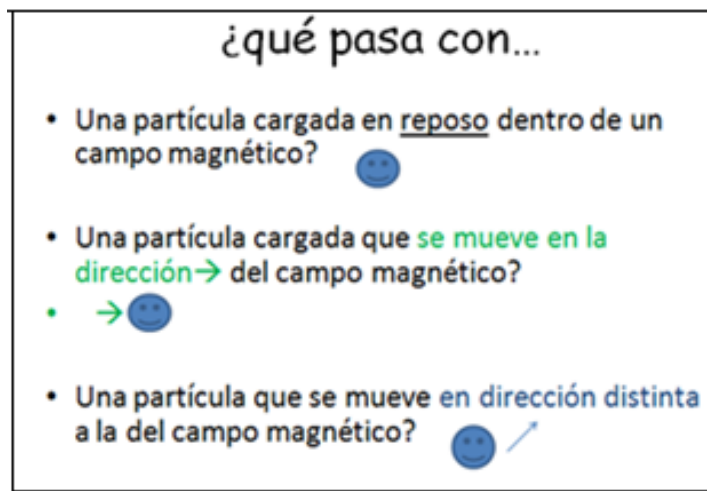


Figura 3. 14 Fuerza magnética sobre una partícula cargada

Para contestar la pregunta anterior, se requiere analizar la intensidad de la fuerza magnética. Entonces, se presenta la relación entre la fuerza, la velocidad de la partícula y el campo magnético, en que se considera el ángulo formado entre la dirección del campo magnético  $B$  y la dirección de la velocidad  $v$  de la carga en movimiento. Esto se muestra en la figura 3.15.



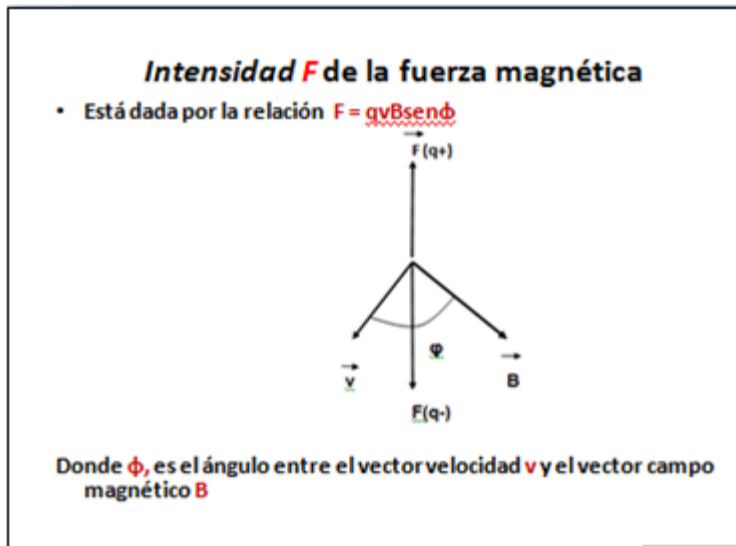


Figura 3. 15 Intensidad de la fuerza magnética

Una vez establecida y fundamentada la relación anterior, usando la definición de producto vectorial y de la función seno, se procede a su análisis con ayuda de la diapositiva mostrada en la figura 3.16.

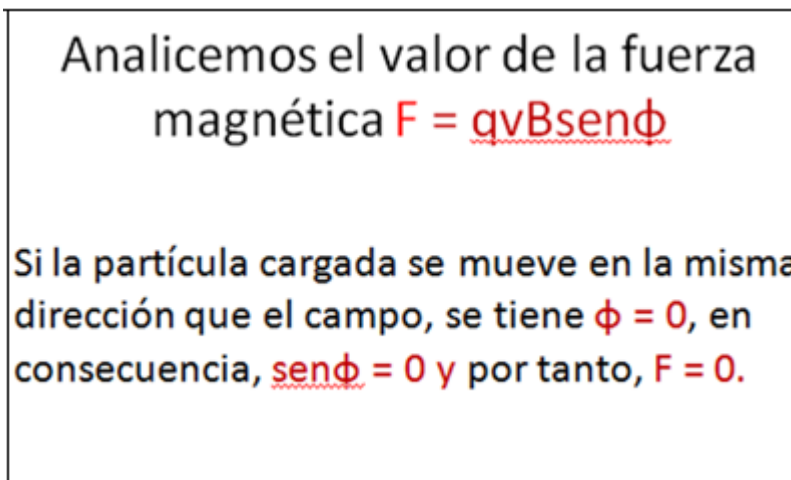


Figura 3. 16 Fuerza sobre una partícula que se mueve en dirección paralela al campo

Aquí se hizo la observación de que si la partícula está en reposo,  $v = 0$ . En consecuencia,  $F = q \mathbf{0} B \text{sen } \phi = \mathbf{0}$ . Por tanto, se tienen dos casos en que la fuerza vale cero.

Para los otros casos, se tiene el análisis siguiente. Se tiene que la fuerza  $\mathbf{F}$  está dada por:

$F = qvB\text{sen}\phi$

- Si la partícula cargada se mueve en distinta dirección que el campo,  $\phi \neq 0$ ,  
en consecuencia,  $\text{sen}\phi \neq 0$  y  
por tanto,  $F < qvB$ .
- Ya que  $-1 < \text{sen}\phi < 1$

Figura 3. 17 La partícula se mueve en dirección distinta a la del campo

Es decir, aquí la partícula no se mueve paralelamente a la dirección del campo y en consecuencia, la fuerza magnética es mayor que cero.

Por último, se tiene el caso en que la partícula se mueve ortogonalmente a la dirección del campo y es cuando la intensidad del campo magnético alcanza su valor máximo, ya que es cuando el seno del ángulo  $\phi$  vale 1 y  $F = (q v B) (1) = q v B$ . Esto se explica en la figura siguiente.

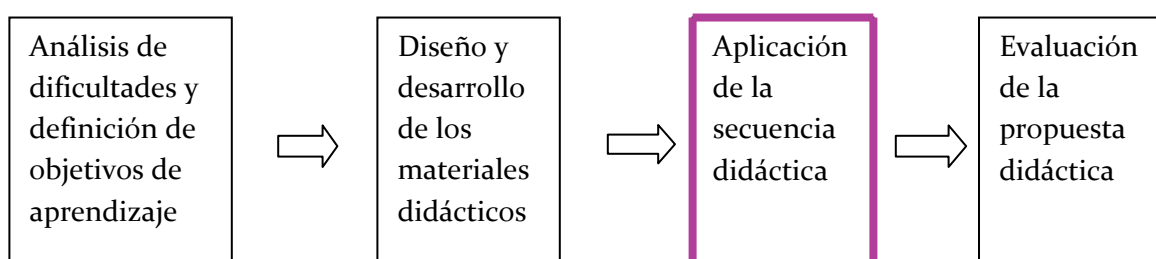
$F = qvB\text{sen}\phi$

Si la partícula cargada se mueve en dirección perpendicular al campo,  $\phi = 90$ , en consecuencia,  $\text{sen}\phi = 1$  y por tanto,  $F = qvB$ .

Figura 3. 18 La partícula se mueve en un ángulo de  $90^\circ$  respecto al campo

De esta manera, se explicó la forma de determinar cualitativamente la magnitud de la fuerza ejercida por un campo magnético B. En el anexo D, se presenta en detalle la presentación Power Point.

Una vez que se han diseñado los materiales, se procede a la aplicación de la secuencia didáctica, iniciando por explicar a los estudiantes la forma en que se trabajará, con el fin de evitar confusiones y contratiempos durante la implementación de la propuesta didáctica. Esto corresponde a la fase tres del diagrama y se muestra resaltado.



### **3.7 Introducción a la secuencia de actividades**

Es importante presentar a los estudiantes, el objetivo y la forma en que se trabajará al aplicar la secuencia didáctica. Así, cada estudiante sabrá lo que se espera de él. Esto se hace realizando una introducción a la secuencia didáctica, como se describe a continuación.

#### **3.7.1 Introducción a la secuencia para el grupo experimental PC**

Al inicio de la secuencia, se les explicó a los estudiantes del grupo experimental PC, que se trabajaría usando una estrategia de enseñanza diferente a la usual y que se requería su participación de acuerdo a las indicaciones que se les fueran dando para cada etapa.

En la escuela de la BUAP, los estudiantes están muy comprometidos con sus estudios debido a que deben aprobar un examen de admisión y lograr un puntaje alto para poder ingresar a la misma. Por lo tanto, su participación fue incondicional y muy eficiente.

### **3.7.2 Introducción a la secuencia para el grupo experimental IBP**

Para la escuela privada, Instituto del Bosque Puebla (IBP), además de explicarles la forma en que se trabajaría, se prometió a los estudiantes otorgarles un punto extra en la calificación si su participación era activa y asistían a todas las sesiones, para motivarles a participar.

### **3.8 Formación de equipos**

Para aplicar la secuencia de enseñanza diseñada, se organizaron equipos de cuatro estudiantes. A los dos grupos experimentales se les permitió elegir a los integrantes de cada equipo.

Siguiendo las recomendaciones de la investigación educativa para la organización de trabajo colaborativo y en particular las que hacen Morantes y Suárez (2011), se pidió a los estudiantes que nombraran un jefe de equipo para que coordinara el trabajo del equipo, un secretario que anotara las observaciones y conclusiones de su equipo y un relator que leyera en voz alta estas conclusiones, al momento de compartirlas con los demás equipos.

Lo anteriormente mencionado, se realizó de la misma forma para los dos grupos experimentales, es decir, para los grupos PC e IBP.

### **3.9 Trabajo en el laboratorio**

Al iniciar la sesión de laboratorio, se proporcionó un juego de hojas de trabajo a cada equipo, para que realizaran los experimentos incluidos de manera organizada y se pudieran cumplir los objetivos de tal actividad. Las hojas de trabajo contenían indicaciones precisas que guían el trabajo durante las actividades en el laboratorio. Las indicaciones incluyen instrucciones para escribir sus predicciones previas a la realización del experimento, anotar sus observaciones, las conclusiones del equipo y las conclusiones de la comunidad.

También se les proporcionó el material necesario, para asegurar que los estudiantes tuvieran el material completo.

Para la primera actividad, se entregó a cada equipo una bolsa con 2 imanes, limadura de hierro, una hoja de papel, clips y trocitos de plástico, tal como se lista en las hojas de trabajo (ver anexo B). Los trocitos de papel, los hicieron ellos con hojas de su libreta. Nuevamente, se recomienda que los estudiantes trabajen con diversos metales y materiales.

Se responsabilizó al jefe de equipo para que regresara tanto el material como las hojas de trabajo de su equipo, al final de la actividad.

Las anotaciones y esquemas que hicieron los estudiantes en su libreta, les sirvieron de referencia para elaborar el reporte de la actividad, que entregarían en la siguiente sesión.

Para la segunda actividad, se les proporcionó un juego de materiales, que incluía: 1 imán, 1brújula, alambre rectilíneo, espira y pila de 6 V (tipo D), de acuerdo a la lista especificada en las hojas de trabajo correspondiente a esta práctica (ver anexo B).

Durante el trabajo en el laboratorio, el maestro observaba el trabajo de cada equipo, supervisando la realización de los experimentos y cotejando los resultados obtenidos por cada equipo. En caso necesario, el maestro orientaba a los estudiantes de un equipo que lo requiriera, como puede apreciarse en las dos fotos siguientes.



**Estudiantes haciendo investigación dirigida bajo la guía del profesor**

### **3.10 Aplicación de las actividades experimentales para aprendizaje del concepto de campo magnético**

Las actividades experimentales realizadas por los estudiantes requirieron dos sesiones de laboratorio de dos horas cada una.

En la escuela del grupo experimental PC, estas sesiones se realizaron cada miércoles durante dos semanas.

En la escuela IBP, se realizaron las sesiones los días miércoles y jueves de la misma semana. A continuación se presenta la realización de actividades por los estudiantes de los grupos experimentales.

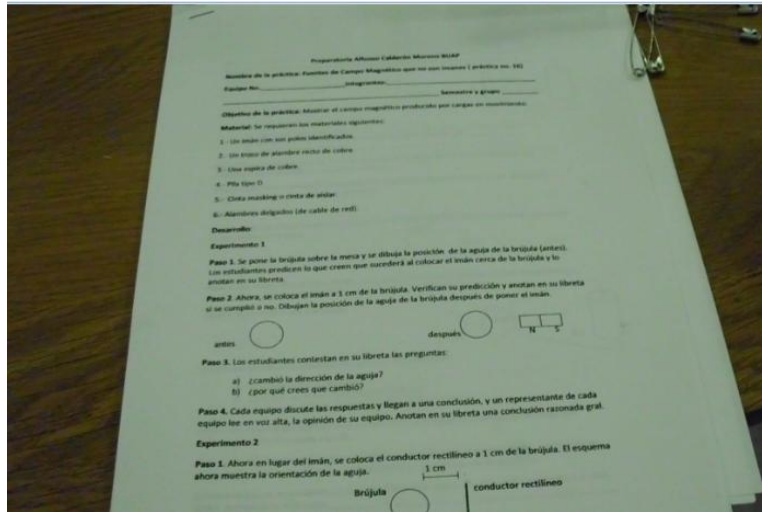
#### **3.10.1. Aplicación de la primera actividad experimental.**

##### **Objetivos de la primera actividad experimental**

De acuerdo a los objetivos de aprendizaje establecidos, la primera actividad consistió en realizar experimentos con el objeto de que el estudiante se percatara de la existencia y efecto de un campo magnético, así como sus efectos sobre diferentes materiales.

Para esta actividad, se distribuyeron hojas de trabajo para cada equipo de 4 estudiantes, en las que se les daban orientaciones para que realizaran los experimentos correspondientes a esta actividad.

En la foto siguiente se muestran las hojas de trabajo que se proporcionaron a los estudiantes, los detalles de estas hojas se encuentran en el anexo B.



### Hojas de trabajo que sirven de guía para las actividades en el laboratorio

Las orientaciones en las hojas de trabajo no eran recetas, sino una guía cuyo objetivo principal era que los estudiantes realizaran y anotaran sus predicciones, observaciones, resultados y conclusiones obtenidas por consenso en cada equipo y en común con los otros equipos. Es decir, las hojas de trabajo eran programas de actividades, que los estudiantes llevaban a cabo en forma de experimentos siguiendo una metodología similar a la de los científicos, lo cual corresponde al modelo de investigación dirigida.

### Realización de la primera actividad.

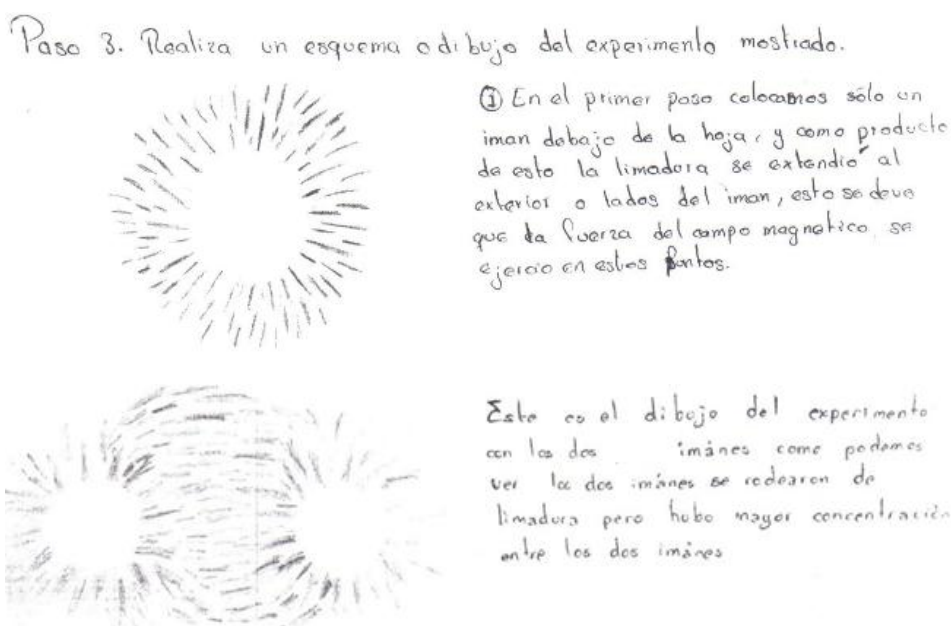
En la figura 3.19, se muestra a los estudiantes del grupo experimental PC realizando la primera actividad experimental.



Figura 3. 19 Estudiantes del grupo experimental PC realizando la actividad 1

Como resultado de esta actividad, los estudiantes presentaron un reporte ilustrado con esquemas de los experimentos realizados, incluyendo conclusiones obtenidas a partir de sus observaciones durante la realización de los experimentos en el laboratorio.

En las figuras 3.20, 3.21 y 3.22, se muestran los esquemas dibujados por los estudiantes en dos momentos de la actividad experimental 1.



**Figura 3. 20** Esquema de las líneas de campo magnético que obtuvieron los estudiantes con la limadura de hierro y: Un imán (parte superior); dos imanes con polos diferentes frente a frente (parte inferior)

Paso 6 - imán - clips

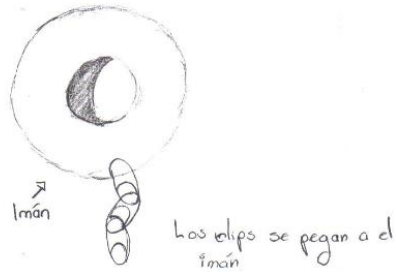
Los clips se pegaron al imán, unos por sí solos y otros en cadena. Los que se pegaron en cadena, llegó un momento en el que ya no se atraían y a cierta longitud de la cadena ya no se pegaban.



**Figura 3. 21** Esquema del experimento con un imán y clips, realizado por un estudiante del grupo experimental PC.



3: Colocar los clips con un imán. (Reseña)



4: Imán junto a el papel y plástico (I)

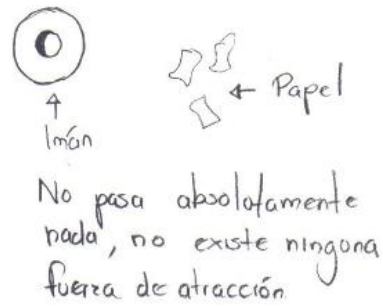


Figura 3. 22 Esquemas del experimento con un imán y distintos materiales

En los esquemas mostrados en las figuras 3.20, 3.21 y 3.22, los comentarios de los estudiantes permiten ver, que tanto pudieron comprender acerca del efecto del magnetismo sobre las limaduras de hierro, objetos metálicos y no metálicos. En la figura 3.23 se muestra la realización de la primera actividad con el grupo experimental de la escuela privada (IBP).

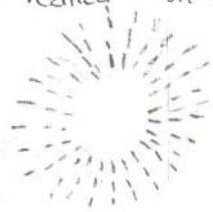


Figura 3. 23 Estudiantes del grupo experimental PC realizando la actividad experimental 1.

Las figuras 3.24 y 3.25 muestran los esquemas dibujados por los estudiantes del grupo experimental IBP en dos momentos de la actividad experimental 1.

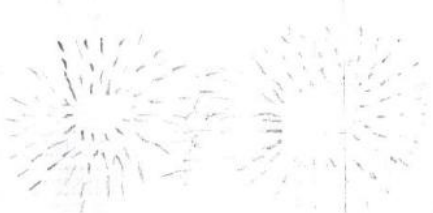
Observaciones.

Paso 3. realiza un esquema o dibujo del Experimento mostrado



Primero colocamos el iman en una paleta de la banca encima de el colocamos una hoja de papel y espolvoreamos limadura y este se esparcio alrededor del iman.


Paso 4.5 Colocamos dos imanes.



Al colocar los imanes la limadura se esparcio en los alrededores de los dos imanes.

Figura 3. 24 Esquema de las líneas de campo magnético que obtuvieron los estudiantes del grupo IBP con la limadura de hierro y: a) un imán (parte superior); b) dos imanes con polos diferentes frente a frente.


Paso 6. Coloca un iman junto a los clips



Al acercar los clips al iman una una atraccion y estos se unieron.

---

Paso 7. Coloca el iman junto a los trozos de papel y plastico.



Obsae que al acercar el iman a estos no habia una atraccion.

Figura 3. 25 Esquema realizado por los estudiantes del grupo IBP con un imán y objetos metálicos (clips).

### 3.10.2 Aplicación de la segunda actividad experimental

#### Objetivos de aprendizaje de la segunda actividad

Para la segunda actividad, se realizaron 3 experimentos que permitían a los estudiantes conocer la existencia de fuentes de campo magnético distintas a los imanes.

#### Realización de la segunda actividad experimental

Durante el primer experimento de la segunda actividad, el cual es de tipo observacional, los estudiantes trabajaron con una brújula y con un imán. Esto con el objeto de que lo tuvieran como referencia para los experimentos de prueba posteriores y pudieran encontrar una analogía entre un imán y una carga en movimiento, ya sea que esta carga se moviera a través de un conductor rectilíneo o a través de una espira.

Durante el segundo experimento, el cual es de prueba, los estudiantes trabajaron con un alambre rectilíneo portador de corriente, comparando sus efectos sobre una brújula con los efectos de un imán sobre esta misma. Es decir, el experimento uno de tipo observacional, les sirvió de referencia al momento de realizar este segundo experimento.

La figura 3.26 muestra a los estudiantes del grupo experimental PC, realizando este experimento



Figura 3. 26 Estudiantes del grupo experimental PC durante la actividad experimental 2.

Durante el tercer experimento, trabajaron con una espira de corriente, comparando sus efectos sobre una brújula con los efectos de un imán sobre esta misma. De esta manera, pudieron comprender que las cargas en movimiento tienen asociado un campo magnético.

Las figuras 3.13 y 3.14 muestran esquemas realizados por los estudiantes del grupo experimental IBP durante la realización de la segunda actividad experimental



Figura 3. 27 Esquemas realizados por los estudiantes del grupo experimental IBP durante la realización del experimento 2 de la segunda actividad. Usaron una brújula y un conductor rectilíneo.

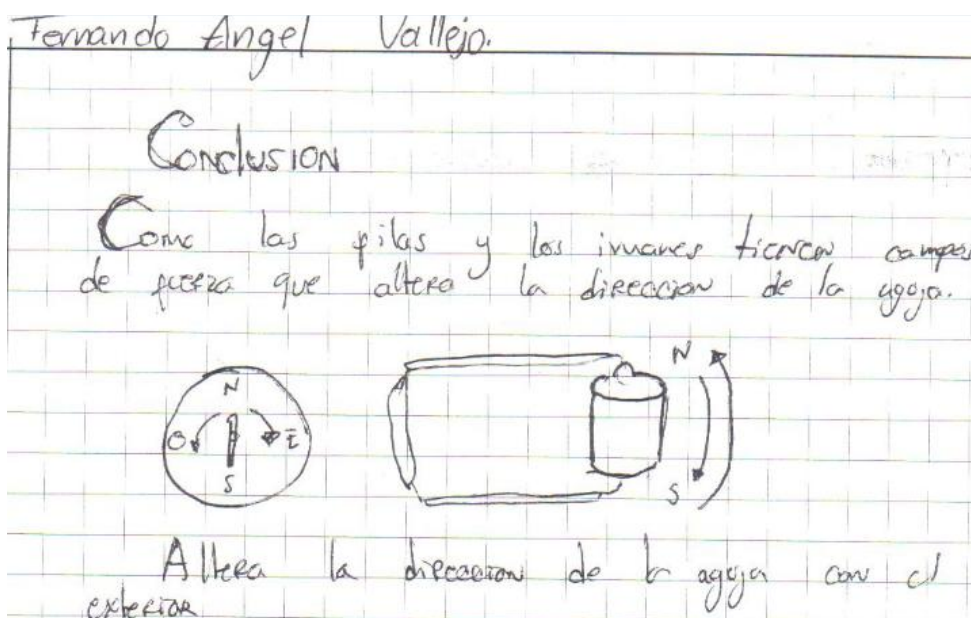


Figura 3. 28 Esquemas realizados por los estudiantes del grupo experimental IBP durante la realización de la segunda actividad experimental.

Los comentarios escritos por los estudiantes en sus esquemas, reflejan que se han involucrado en la construcción de sus conocimientos de manera activa, durante la realización de las actividades experimentales.

### 3.11 Aplicación de la actividad para el aula

La aplicación de la actividad en el aula, se llevó a cabo durante la tercera sesión disponible para la secuencia y para ello se usó la presentación Power Point diseñada en la segunda fase. Se explicaron las características del concepto de Campo Magnético y se aclararon dudas de los estudiantes.

La figura 3.29 muestra dos momentos del trabajo en el aula (que en realidad se realizó en el laboratorio) con el grupo experimental PC.



Figura 3. 29 Estudiantes del grupo experimental PC durante la sesión en el aula

En la figura 3.30, se muestran dos momentos de la sesión en el aula con el grupo experimental IBP.

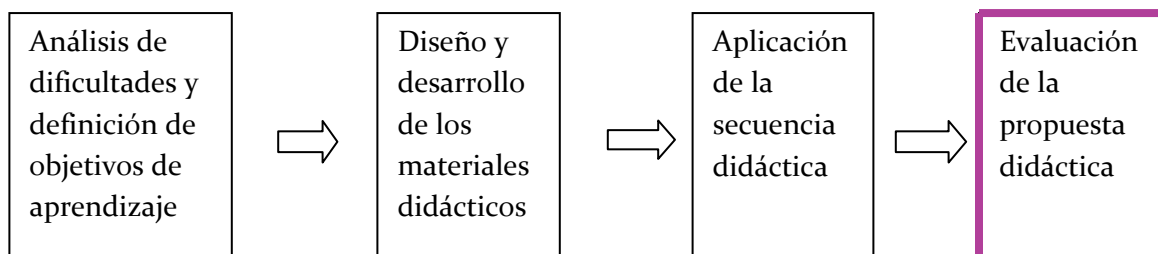


Figura 3. 30 Estudiantes del grupo experimental IBP durante la sesión en el aula

Es importante señalar que los estudiantes hicieron varias preguntas en esta sesión, lo cual permitió ver el interés de ellos en el tema.

### 3.12 Evaluación de la secuencia didáctica

La evaluación de la secuencia didáctica corresponde al último bloque del diagrama de diseño y se vuelve a presentar aquí para una referencia rápida



#### 3.12.1 Evaluación Post – Test

Posteriormente, al terminar de aplicar la secuencia didáctica, se procedió a aplicar el post – test, usando para ello CSEM-MAG nuevamente. Esta evaluación post-test, permitió evaluar la ganancia en aprendizaje logrado por los estudiantes, comparando las respuestas correctas obtenidas antes y después de aplicar la secuencia de enseñanza propuesta.

Cabe Señalar que tanto en el grupo PC como en el grupo IBP, la evaluación post-test se aplicó al final de la tercera sesión. Se tuvo que hacer la evaluación post-test en ese momento, ya que no había una sesión posterior disponible para aplicarlo.

#### 3.12.2 Evaluación de la retención

Se entiende la retención como la capacidad del estudiante de recordar los conceptos estudiados después de un cierto lapso de tiempo. Entonces, para ver si los estudiantes del grupo experimental PC, además de haber comprendido los conceptos estudiados, había sido capaces de retenerlos, se aplicó nuevamente el instrumento de evaluación por tercera ocasión, después de haber aplicado la secuencia didáctica. La evaluación para verificar retención, se aplicó dos semanas después de concluida la aplicación de la propuesta. La evaluación de la retención se realizó siguiendo la sugerencia de la Dra. Raluca Theodorescu del M.I.T. y del Dr. Dewey Dijkstra de Boise State University, quienes vieron el trabajo de

investigación realizado, en mayo de 2011 durante el Taller Internacional de Enseñanza de la física, que se lleva a cabo en la BUAP.

La evaluación de la retención permitió ver si la alta ganancia obtenida en el post-test, se debía a que se hizo al final de la última sesión, inmediatamente después de haber explicado los conceptos. Entonces, tal vez solo en ese momento se podía haber obtenido tan buenos resultados. Pero al pasar un lapso corto de tiempo, los estudiantes habrían olvidado la mayoría del material revisado. Sin embargo, con gran satisfacción se comprobó que los estudiantes habían retenido una parte significativa de los conceptos estudiados con la secuencia didáctica propuesta.

Cabe señalar que la evaluación para retención, se aplicó solamente en el grupo experimental de la Preparatoria Alfonso Calderón Moreno (PC), ya que en el instituto del Bosque (IBP) ya no había una sesión disponible para ello. La calificación final obtenida en los grupos experimentales se obtuvo de la manera siguiente. Para los estudiantes del grupo experimental PC, la calificación se integró dando un peso del 70% a su participación y trabajo realizado durante la secuencia, el 30% restante, se obtuvo con los puntos asignados a su reporte del trabajo experimental.

Es importante resaltar el hecho de que en la escuela del grupo experimental PC, se trabajó en el laboratorio solo durante las tres sesiones disponibles para ello. Las dos primeras sesiones de trabajo con el grupo experimental, se usaron para realizar las actividades de laboratorio y la tercera sesión, se usó para trabajo de aula y para aplicar la evaluación post-test. La evaluación de retención se hizo en una sesión en el aula, en la que asistieron la mayoría de los estudiantes. En realidad, ya no tenían clases y solo porque se les pidió específicamente que fueran a presentar la evaluación, acudieron de muy buena disposición, lo cual es digno de ser apreciado por esta investigadora.

### **3.12.3 Evaluación de la aceptación de la aceptación de los estudiantes para la secuencia didáctica diseñada siguiendo el modelo de investigación dirigida**

La evaluación se realizó por medio de una encuesta, que se encuentra en el Anexo F y cuyos resultados se muestran en el capítulo siguiente.

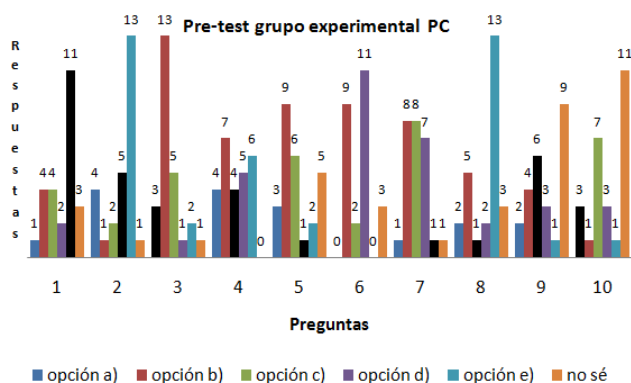
# Capítulo IV

## Resultados

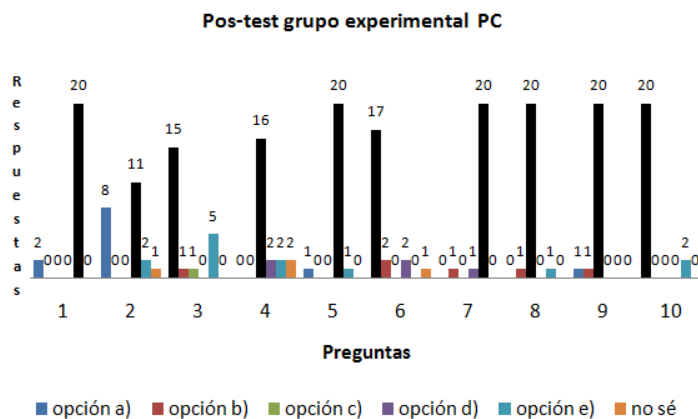
Se presentan los resultados obtenidos en las evaluaciones con CSEM-MAG. Durante el pre-test antes de aplicar la secuencia didáctica, durante el post-test después de haber aplicado la secuencia y para un grupo experimental se presenta la evaluación de la retención.

### 4.1 Mediciones para el grupo experimental PC.

Las gráficas siguientes muestran los resultados del pre-test, post-test y retención para el grupo experimental PC. Las barras negras muestran las respuestas correctas para cada pregunta.

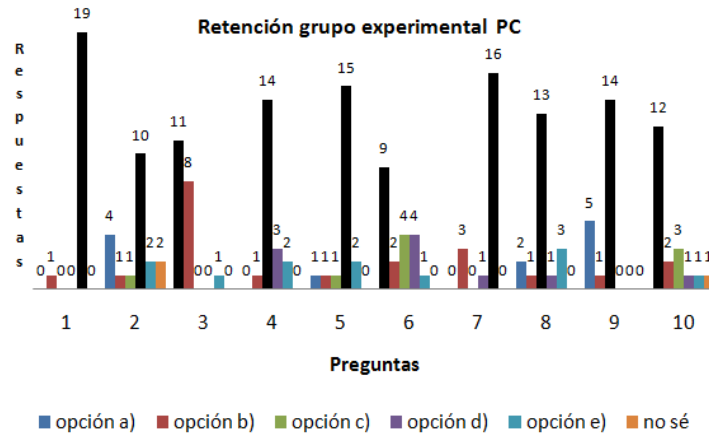


Gráfica 4. 1 Resultados del pre-test del grupo experimental PC



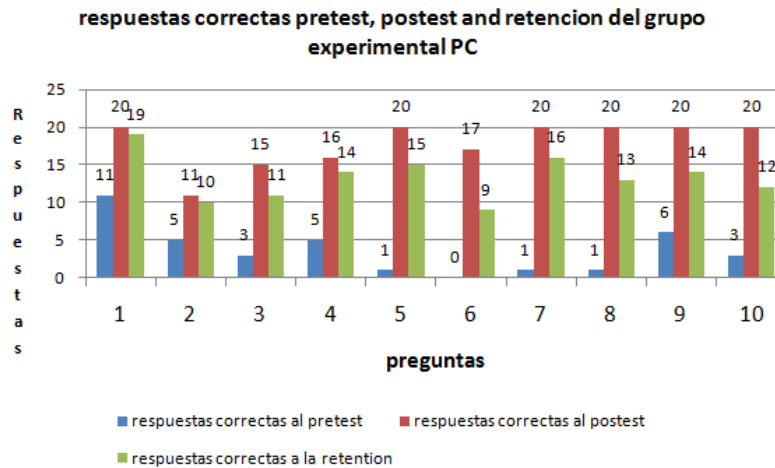
Gráfica 4. 2 Resultados del post-test del grupo experimental PC





Gráfica 4. 3 Resultados de la evaluación de retención del grupo PC

La gráfica 4.4 muestra una comparación de las respuestas correctas para las evaluaciones de pre-test, post-test y retención.



Gráfica 4. 4 Gráfica comparativa de las evaluaciones pre-test, post-test y retención del grupo PC

Se puede observar en la gráfica la gran diferencia entre las respuestas correctas obtenidas en el pre-test y las obtenidas tanto en el post-test como en la retención. Siendo las preguntas 5, 6, 7 y 8, las que muestran un avance mayor del pre-test al post-test.

Por otro lado, la diferencia entre las respuestas correctas obtenidas en el post-test y las obtenidas en la retención, muestran una diferencia pequeña en la mayoría de las preguntas. Solo las preguntas 6, 8 y 10 muestran una diferencia mayor.

La Tabla I muestra los resultados del pre-test, post-test y retención para el grupo experimental PC.

**Tabla I Mediciones del Pre-test, Post-test and Retención del grupo experimental PC.**

Evaluación	N	Media	Porcentaje	n	p
Pre-test	26	1.46	14.6	10	0.146
Post-test	22	8.1	81	10	0.81
Retención	20	6.6	66	10	0.66

A partir de los datos de la tabla I, se calcula la ganancia normalizada  $G_n$  (Hake, 2001) como:

$$G_n = \frac{\text{posttest\%} - \text{pretest\%}}{100\% - \text{pretest\%}} = \frac{81 - 14.6}{100 - 14.6} = \frac{66.4}{85.4} = 0.77 \quad (3)$$

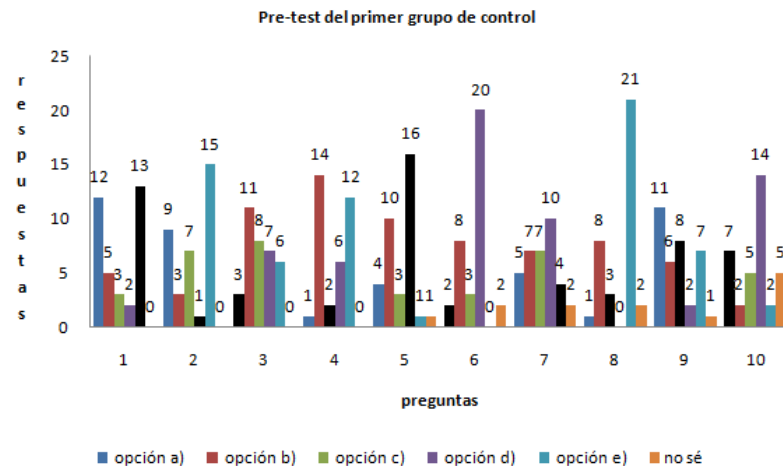
Ahora, se evalúa la ganancia de retención  $G_r$  como la ganancia normalizada de Hake (2007), considerando los resultados de la evaluación de retención en vez de considerar los resultados de la evaluación post-test. Es decir,

$$G_r = \frac{(\text{reten\%} - \text{pretest\%})}{100\% - \text{pretest\%}} = \frac{66 - 14.6}{100 - 14.6} = \frac{51.4}{85.4} = 0.60 \quad (4)$$

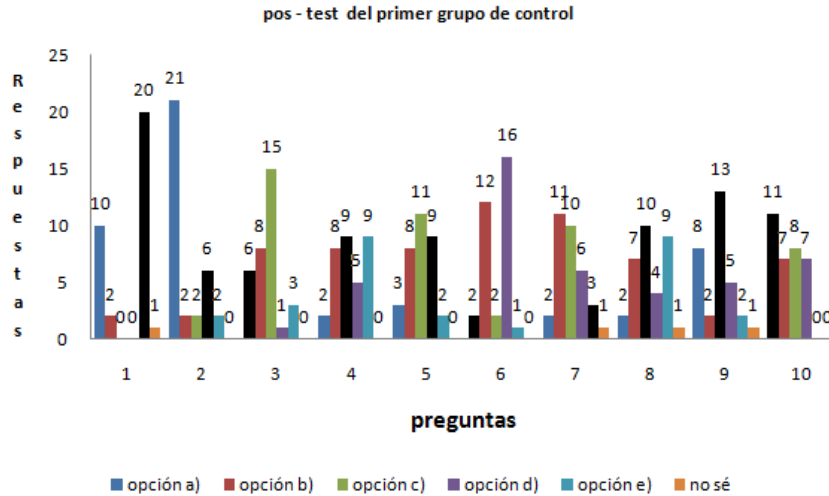
Ambas ganancias normalizadas son muy altas aún para cursos en que la enseñanza se realiza a través de participación interactiva (Hake, 2001).

## 4.2 Mediciones para el primer grupo de control.

Primero se revisan las gráficas del pre-test y post-test correspondientes a este grupo.



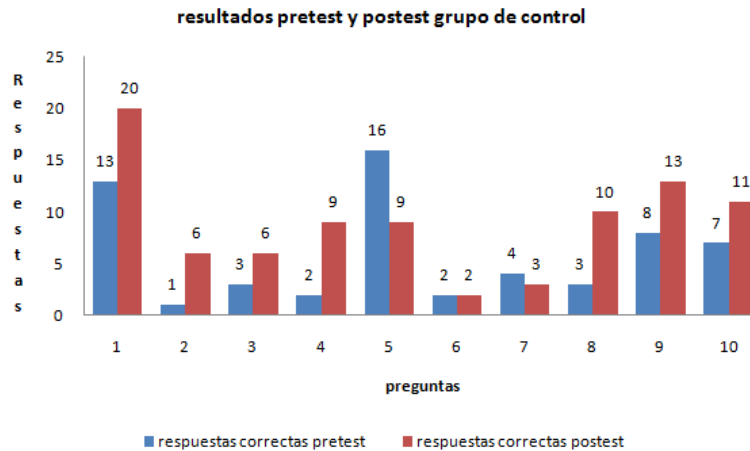
**Gráfica 4.5 Resultados del pre-test del primer grupo de control**



**Gráfica 4. 6 Resultados del post-test del primer grupo de control**

Esta vez, se puede observar que en general, no hubo avances significativos en el incremento de las respuestas correctas del pre-test al post-test para este grupo de control.

En la gráfica siguiente, se muestra una comparación gráfica del pre-test y post-test del primer grupo de control



**Gráfica 4. 7 Gráfica comparativa de respuestas correctas del primer grupo de control**

Revisando esta gráfica comparativa de respuestas correctas del pre-test y post-test del grupo de control, puede verse que en la mayoría de las preguntas hubo poco avance.

En la tabla II se muestran las mediciones del pre-test y post-test del primer grupo de control y que corresponden a las gráficas anteriores.

**Tabla II Mediciones del Pretest y Posttest del primer grupo de control.**

Evaluación	N	Media	Porcentaje	n	P
Pre – test	35	1.68	16.8	10	0.168
Post - test	33	2.69	26.9	10	0.269

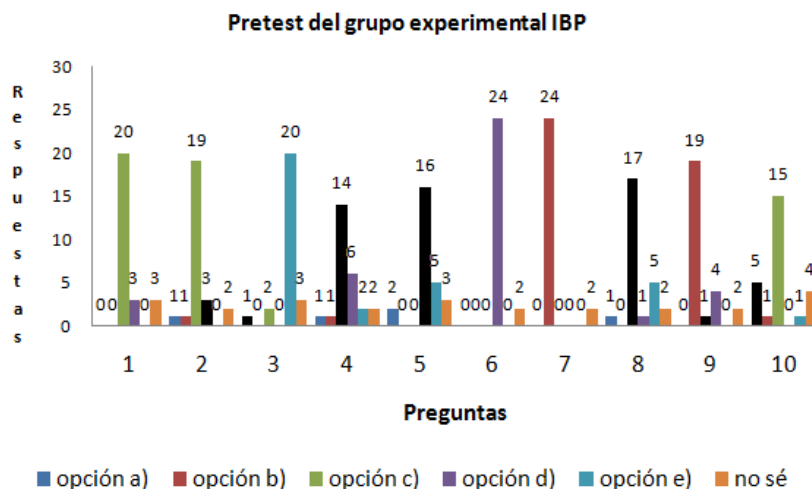
A partir de los resultados de la tabla II, se obtiene la ganancia normalizada

$$Gn = \frac{(posttest\% - pretest\%)}{(100\% - pretest\%)} = \frac{(26.9 - 16.8)}{(100 - 16.8)} = 0.121 \quad (5)$$

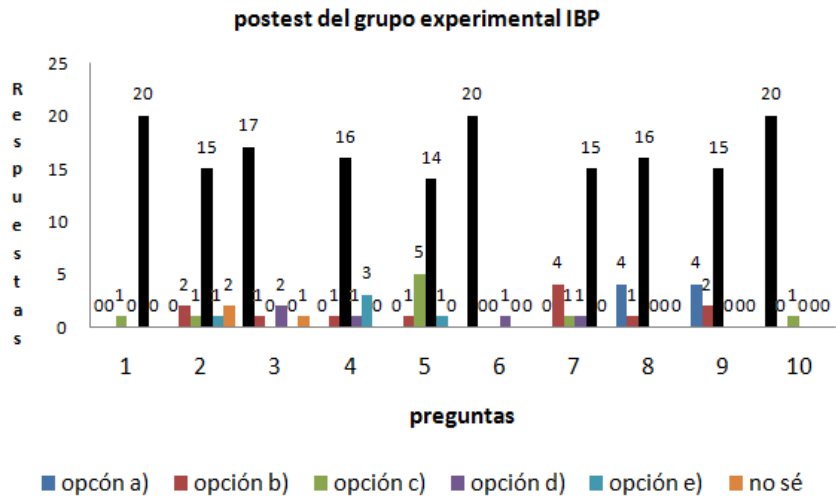
La cuál es mucho menor que la del grupo experimental y es típica de la enseñanza tradicional. Se realizó la misma intervención en otra preparatoria para ver si se obtenían resultados consistentes. Para esta intervención, se tiene el segundo grupo experimental llamado IBP y el segundo grupo de control llamado Canoa.

### 4.3 Mediciones para el grupo experimental IBP

Primero se revisan los resultados de pre-test y post-test del grupo experimental IBP.

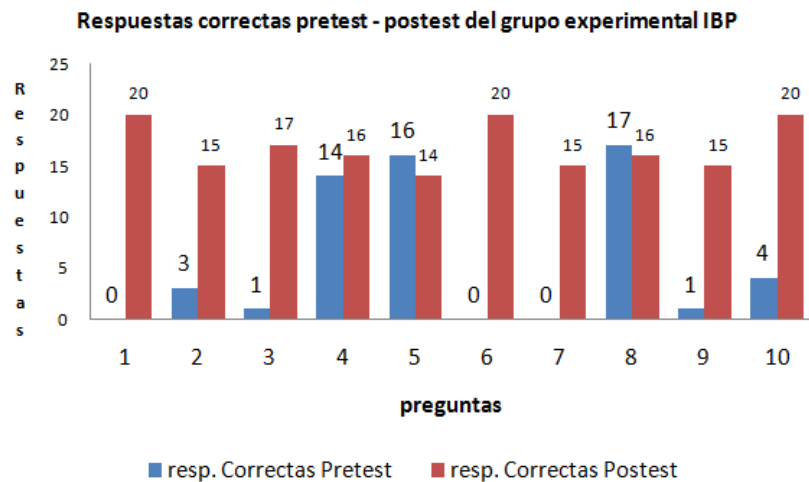


**Gráfica 4. 8 Resultados del pre-test del grupo experimental IBP**



En estas dos gráficas, se aprecia el gran cambio ocurrido en el número de respuestas correctas del pre-test al post-test para el grupo experimental IBP.

En la gráfica siguiente se muestra una comparación de las respuestas correctas en el pre-test y el post-test para el grupo experimental IBP.



Nuevamente, en la gráfica comparativa anterior, se puede apreciar un gran cambio en el número de respuestas correctas del pre-test al post-test para el grupo experimental IBP.

La tabla III muestra las mediciones correspondientes al grupo experimental IBP

**Tabla III Mediciones del pre-test y post-test para el grupo experimental IBP**

Evaluación	N	Media	Porcentaje	n	P
Pre - test	26	2.1	21	10	0.21
Post - test	21	8.0	80	10	0.80

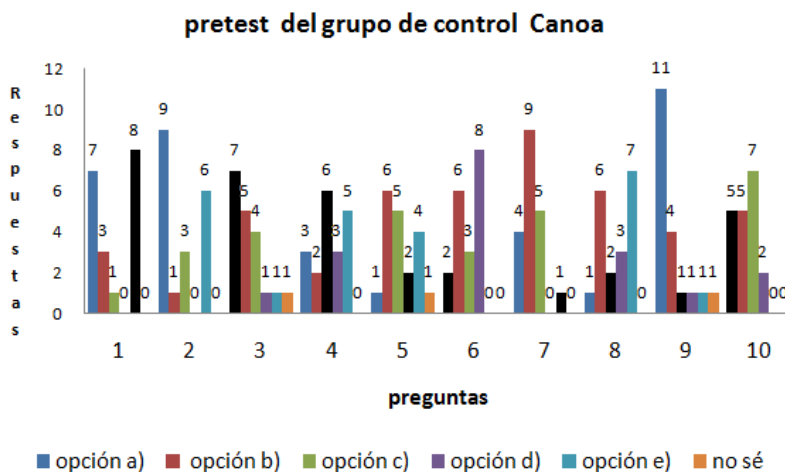
A partir de los datos de la tabla III, se obtiene una ganancia normalizada

$$Gn = \frac{\text{posttest}\% - \text{pretest}\%}{100\% - \text{pretest}\%} = \frac{80 - 21}{100 - 21} = 0.74 \quad (6)$$

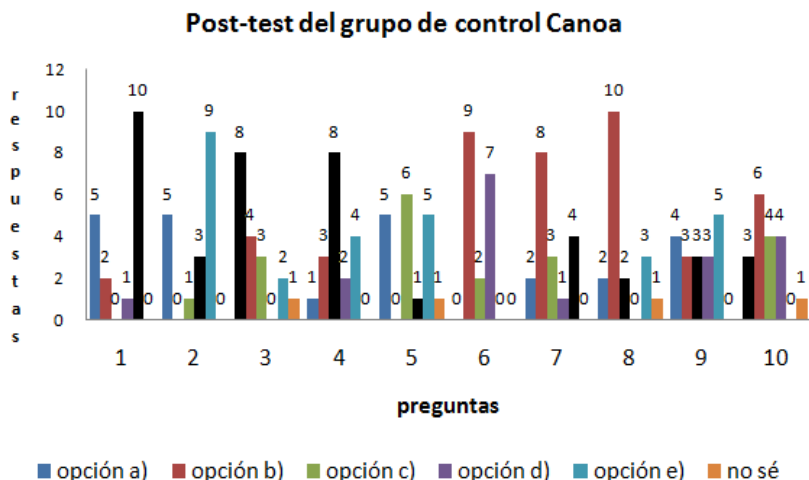
La cual es también muy alta aún para estrategias de enseñanza basadas en los resultados de PER. Ahora, se revisan los resultados del grupo de control Canoa.

#### 4.4 Mediciones para el grupo de control Canoa

Las gráficas siguientes muestran los resultados del pre-test y post-test para el grupo de control Canoa.



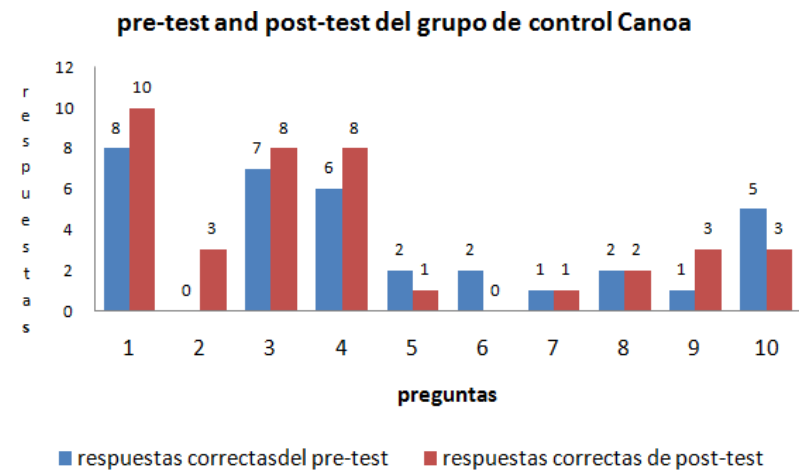
**Gráfica 4. 11 Resultados del pre-test del grupo de control Canoa**



**Gráfica 4. 12 Resultados del Post-test del grupo de control Canoa**

De estas gráficas, se puede ver que no hubo un cambio significativo en el número de respuestas correctas del pre-test al post-test para el grupo de control Canoa.

La gráfica siguiente muestra la comparación entre los resultados del pre-test y los resultados del post-test para el grupo de control Canoa



**Gráfica 4. 13 Gráfica comparativa de respuestas correctas del grupo Canoa**

Ahora la comparación es más fácil de visualizar, dejando claro que no hay mucho cambio del pre-test al post-test en el grupo de control Canoa.

En la tabla IV se muestran las mediciones para el grupo de control Canoa

**Tabla IV Mediciones del Pre-test and Post-test el grupo de control Canoa.**

Evaluación	N	Media	Porcentaje	n	P
Pre - test	19	1.78	17.8	10	0.178
Post - test	18	2.3	23	10	0.23

La ganancia normalizada  $G_n$  obtenida para el grupo de control Canoa es

$$G_n = \frac{\text{posttest}\% - \text{pretest}\%}{100\% - \text{pretest}\%} = \frac{23 - 17.8}{100 - 17.8} = 0.063 \quad (7)$$

Se obtuvo una ganancia normalizada de 0.063, la cual es muy baja.

#### **4.5 Ganancia normalizada obtenida.**

El análisis de los resultados del pre-test y del post-test, revelaron una ganancia significativa para los grupos experimentales. Específicamente, se encontró una ganancia normalizada de 0.77 para el primer grupo experimental y una ganancia de 0.74 para el segundo grupo experimental. Los dos grupos de control tuvieron una ganancia normalizada de 0.12 y 0.063 respectivamente.

#### **4.6 Prueba de las hipótesis de investigación**

Se usa el estadístico llamado  $t$  de Student para la prueba de hipótesis de investigación, ya que se comparan dos grupos considerando un tratamiento diferente para cada uno de ellos.

Es decir, se hace una inferencia que involucra la prueba de la hipótesis de investigación considerando los valores de un parámetro de la población (Mendenhall, 1968). En este caso, la hipótesis de prueba o hipótesis nula, denotada  $H_0$ , se estableció al inicio en el primer capítulo como:



*La enseñanza activa basada en el modelo denominado investigación dirigida, no tiene efecto alguno en la comprensión del concepto de campo magnético de los estudiantes de preparatoria. Es decir,*

$$H_0: \mu_E = \mu_C$$

Donde  $\mu_E$  es el puntaje promedio del grupo experimental y  $\mu_C$  es el puntaje promedio del grupo de control.

Para realizar el análisis mencionado, se procede a evaluar los parámetros correspondientes:

Considerando la distribución de respuestas correctas tanto del grupo experimental como del grupo de control, se tiene: media del grupo experimental= 17.375 y media del grupo de control = 8.9.

Tomando  $\mu = 8.9$ , se puede evaluar el promedio  $\bar{X}_R$  y la desviación estándar  $S$  para conocer el intervalo de confianza con un nivel de confianza del 95%. Es decir con  $\alpha=0.05$ , con  $n = 10$  y 8 grados de libertad. De acuerdo a los valores en las tablas del Anexo E, se tiene que:

si  $-2.306 \leq t_R \leq 2.306$  se acepta  $H_0$ . Es decir  $\mu_E = \mu_C$

si  $t_R < -2.306$  ó si  $t_R > 2.306$  se acepta  $H_1$ . O sea,  $\mu_E > \mu_C$

Entonces, para tomar la decisión acertadamente, calculemos  $t_R$  como

$$t_R = \frac{\bar{X}_R - \mu}{S / \sqrt{n}} \quad (8)$$

Sustituyendo los valores de  $\bar{X}_R$ ,  $\mu$ ,  $n$  y  $S$  en (8), se tiene

$$t_R = \frac{17.9 - 8.9}{3.107 / 3.16} = \frac{9}{0.98} = 9.8 \quad (9)$$

Se tiene que  $t_R \gg 2.306$  por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Es decir,

$$\mu_E > \mu_C \quad ; !$$

Por lo tanto, la enseñanza activa según el modelo de investigación dirigida del concepto de campo magnético sí favorece el aprendizaje de los estudiantes de preparatoria.

Ahora bien, si realizamos esta prueba de hipótesis considerando el segundo grupo experimental y el segundo grupo de control, se tiene lo siguiente.

Revisando la distribución de respuestas correctas tanto del grupo experimental como del grupo de control, se tiene: media del grupo experimental = 16.8 y media del grupo de control = 4.2

Tomando  $\mu = 4.2$ , se puede evaluar el promedio y la desviación estándar para conocer el intervalo de confianza con un nivel de confianza del 95%. Es decir con  $\alpha=0.05$ , con  $n = 10$  y 8 grados de libertad. De acuerdo a los valores en las tablas del apéndice E, se tiene que:

$$\begin{aligned} &\text{si } -2.306 \leq t_R \leq 2.306 \text{ se acepta } H_0. \text{ Es decir } \mu_E = \mu_C \\ &\text{si } t_R < -2.306 \text{ ó si } t_R > 2.306 \text{ se acepta } H_1. \text{ O sea, } \mu_E > \mu_C \end{aligned}$$

Entonces, para tomar la decisión acertadamente, calculemos  $t_R$  con la ecuación (8), sustituyendo valores se obtiene

$$t_R = \frac{16.8 - 4.2}{\frac{2.348}{3.16}} = \frac{12.6}{0.74} = 17.027 \quad (10)$$

Otra vez se tiene que  $t_R \gg 2.306$  por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Es decir,

$$\mu_E > \mu_C \quad ;!$$

Por lo tanto, nuevamente se puede concluir que la enseñanza activa según el modelo de investigación dirigida del concepto de campo magnético, sí favorece el aprendizaje de los estudiantes de preparatoria.

## 4.7 Aceptación de los estudiantes para la secuencia didáctica

La aceptación que tuvieron los estudiantes para la secuencia didáctica diseñada en base al modelo de investigación dirigida y usando imagen como recurso didáctico de apoyo, la expresaron con respuestas a cada pregunta de la encuesta (Anexo F) como las siguientes:

### 1.- ¿Te gustó el método usado en el tema de magnetismo?, si/no ¿porqué?

**Abigail:** Sí, por el tipo de experimentos que se hicieron para comprenderla un poco más.

Anónimo: Sí, estuvo práctico y eso llega a captar más la atención del alumno.

Anónimo: Sí porque no lo había realizado y fue muy práctico

Anónimo: Sí porque va en relación a lo que voy a estudiar

**Ángel:** Sí porque vimos las diferentes funciones de un imán

Anónimo: Sí, pues aprendimos más cosas sobre este tema y nuevas aplicaciones

Anónimo: Sí, porque aparte de que fue dinámico, me quedó un poco más claro el tema

**Alejandro:** Sí porque te ayuda a tener mayor conocimiento de esto

**Diego:** Sí, porque aprendimos métodos de magnetismo que nos son muy útiles en nuestras vidas

**Andrea Vázquez:** Sí, porque fue práctico y fácil

Anónimo: Sí, porque fue fácil y divertido

**Javier:** Siempre me han interesado los distintos métodos de aprendizaje y este sí me gustó

**Andrea Isabel:** Sí, se me hizo muy interesante porque aprendí cosas que no sabía

Anónimo: Sí, porque fue práctico y mejor entendible

Anónimo: Sí, me quedó un poco más claro

### 2.- ¿Te ayudó a comprender el concepto de campo magnético?, si/no ¿cómo?

**Abigail:** Sí, el porqué polos iguales se rechazan y distintos se atraen

Anónimo: Sí, poniéndolo en práctica

Anónimo: Sí, pues al mismo tiempo que lo habíamos hecho, la profesora nos iba **explicando**

Anónimo: Sí, con las prácticas realizadas

**Ángel:** Sí, en cuestión de conocer ampliamente el tema de magnetismo

Anónimo: Sí, todo material de metal es atraído por un objeto magnético

Anónimo: Sí, como un intercambio de energía (electrones)

**Alejandro:** Sí, porque vimos el comportamiento de los campos

**Diego:** Sí, porque aprendimos cómo las líneas de campo magnético están en constante movimiento (son continuas)

**Andrea:** Sí, porque se me hizo fácil comprender

Anónimo: Sí, en cómo los polos opuestos se atraen y los iguales se repelen

**Javier:** Bueno, me ayudó a tener un concepto más completo

**Andrea Isabel:** Sí, ya que con esa actividad supe de qué se trataba este tema

Anónimo: Sí, reconociendo algunas propiedades

**6.-¿Crees que ayudó a que los alumnos que no querían estudiar, se sintieran motivados a participar y aprender?**

**Abigail:** Sí, en algunas personas que no sabían qué es lo que en verdad les gustaba

Anónimo: Sí

Anónimo: Tal vez

**Ángel:** Sí

Anónimo: Sí, fueron prácticas que llamaron la atención

Anónimo; Sí, porque había dinámicas buenas y motivadoras

**Alejandro:** Sí, ya que es un tema que te hace interactuar

Anónimo; Sí, porque los ejercicios los hicimos con prácticas y menos teoría y así además de que te motiva, aprendes mejor.

Anónimo: Pues tal vez para aprender, ya que lo ven con otro punto de vista

Anónimo: Sí porque fueron actividades creativas

**Javier:** Sí porque es más dinámico

Anónimo: No, porque les es indiferente y tienen prioridad en otras cosas

Anónimo: No, el que no quiere aprender, no lo motiva ningún método

**Andrea Isabel:** Sí

## 7.- ¿Te ayudó a comprender mejor el tema trabajando en equipo?

**Abigail:** Sí, aportando ideas cada uno de los integrantes

Anónimo: Sí, pero individual hubiera sido mejor

Anónimo: Sí, porque aportaban ideas

Anónimo: Sí, porque todos aprendieron

**Ángel:** Sí, porque nos ayudábamos

Anónimo: Sí, todos interactuaban con la práctica

Anónimo: Sí, porque unos a otros nos ayudábamos a hacer las actividades y era padre y conocíamos mejor el tema

**Alejandro:** Sí, por el intercambio de ideas

Anónimo: Sí, practicando

**Andrea Vázquez:** Sí, porque nos ayudábamos

Anónimo: Sí, porque todos aportaban algo

**Javier:** Puede ser, pero a veces me gusta trabajar solo

Anónimo: Sí porque cada quien puso de su ayuda

Anónimo: Sí, se necesita ayuda

**Andrea Isabel:** Sí, porque todo trabajo en equipo es más interesante

**11.- Por favor escribe un comentario personal acerca de lo visto en el tema de campo magnético.**

**Abigail:** Este tipo de prácticas sirve para comprender un tema que es un poco complejo

Anónimo: Que está bien que haya estas actividades en las escuelas, ya que los alumnos que no se interesen, que esto les pueda llamar más la atención

Anónimo: Que me gustó porque vimos diferentes aplicaciones del mecanismo

Anónimo: Estuvo bien chido

**Ángel:** Estuvo muy interesante para ver cómo funcionaban los diferentes componentes del imán

Anónimo: Fue interesante pues vimos muchas aplicaciones

Anónimo: Fueron buenas las prácticas realizadas porque así nos ayudó a comprender mejor el tema

**Alejandro:** Gran parte es por campos magnéticos y esto realiza señal en productos

Anónimo: Muy bien todo, aprendí nuevas cosas

Andrea Vázquez: Se me hizo muy interesante y ver algo muy distinto, fue bueno

Anónimo: En lo personal me pareció impactante ya puedo aprender más estando en práctica

**Javier:** Que es bueno saber del magnetismo ya que es un principio muy importante en la tierra

Anónimo: Es un tema muy interesante pero no muy importante en nuestra vida, según mi opinión. Pero facilita algunos aspectos de nuestra vida

Anónimo: El campo magnético es un tema interesante el cual me gustaría investigar más

**Andrea Isabel:** Me gustó este tema que no aburrió por ser con actividades, y espero que los profesores trabajen de esta manera.

# Capítulo V

## Conclusiones y perspectivas futuras

"Uno recuerda con aprecio a sus maestros brillantes, pero con gratitud a aquellos que tocaron nuestros sentimientos." Carl Gustav Jung

---

En este capítulo, se presenta un resumen de los resultados de aplicar una estrategia de enseñanza basada en el modelo de investigación dirigida, apoyada con imagen, para la enseñanza del concepto de campo magnético. Así mismo, se expresan algunas consideraciones en referencia a la implementación de esta propuesta y puntos débiles a mejorar.

### 5.1 Conclusiones acerca de la secuencia de enseñanza

La evaluación de la ganancia normalizada para los grupos experimentales, y la contrastación de hipótesis, realizadas en el capítulo anterior, permiten concluir que esta propuesta es efectiva para la enseñanza del concepto de campo magnético y que podría ser útil para la enseñanza de un curso completo de física introductoria, realizando los programas de actividades para la secuencia didáctica correspondiente a cada tema y sus objetivos de aprendizaje.

Por lo anterior, se sugiere realizar una secuencia didáctica para los cursos de física impartidos actualmente en el nivel de preparatoria, con el fin de facilitar a los estudiantes, la comprensión de los conceptos incluidos en estos cursos.

Esta propuesta es una forma de mejorar el aprendizaje del concepto de campo magnético en escuelas que cuentan con una infraestructura limitada, y puede ser útil en varios ambientes escolares. Entonces, se puede adaptar a una situación específica, partiendo de las

ideas contenidas en ella. Tal es el caso de los materiales audiovisuales que se requieran para un contexto escolar específico, y que pueden elaborarse partiendo de este ejemplo de utilización de un material multimedia interactivo como *Supercomet*, en instituciones que no cuentan con internet en el aula. Tal es el caso de algunas escuelas rurales y urbanas. Puede comprobarse que existen varios sitios en internet, que proporcionan una variedad de materiales y recursos de apoyo didáctico, para los diferentes temas de los cursos introductorios de física. Entonces, pueden adaptarse para ser usados sin necesidad de contar con internet en el aula, en combinación con una o más de las estrategias descritas en el capítulo 2.

En esta aplicación de la propuesta, se dispuso solamente de las sesiones correspondientes al tema de campo magnético, tres en total y no fueron suficientes para llevar a cabo las actividades experimentales y sesión en el aula de manera que los estudiantes fueran más libres de proponer los experimentos y de reflexionar más tiempo acerca de las ideas que iban construyendo respecto al tema de interés. Se cree que con mucha probabilidad, se tendría un mayor impacto tanto en el aprendizaje de los estudiantes como en su actitud hacia el estudio de las ciencias, si se trabajara con esta estrategia a lo largo de todo el curso y no solo durante el estudio de un tema, dedicando el tiempo necesario y/o suficiente a las actividades de discusión, investigación y búsqueda bibliográfica, diseño de experimentos, contrastación de hipótesis y solución de problemas cuantitativos por parte de los estudiantes.

Por lo anteriormente mencionado, se considera necesario e importante implementar esta estrategia en varias escuelas, durante el tiempo del curso completo, para que los estudiantes tengan oportunidad de trabajar hacia un cambio conceptual, procedimental y actitudinal, a través de las actividades mencionadas en el párrafo anterior.

## **5.2 Dificultades y límites del estudio realizado**

Es importante señalar las dificultades que se encontraron durante la realización de este estudio. La principal dificultad consistió en conseguir grupos de estudiantes para implementar la estrategia propuesta.



Inicialmente, se intentó implementar la estrategia en el nivel universitario en una universidad de reciente creación, que sigue el modelo de competencias. Dado que el curso de electromagnetismo se asignó a docentes de la carrera de Ingeniería de Software, se pidió la colaboración de estas profesoras.

Las maestras titulares del curso aceptaron colaborar, sin embargo, no llevaron a cabo las actividades en la forma requerida y recomendada por la investigadora, debido a varias causas. Por tanto, se implementó la estrategia, sin obtener resultados confiables, ya que al no tener la titularidad del curso, no se pudo supervisar el trabajo de los estudiantes, para asegurar que la estrategia diera resultados reales y confiables.

Adicionalmente, se observó que había una gran inasistencia e impuntualidad por parte de los estudiantes, que no permitía dar seguimiento al avance en su aprendizaje. Así, se encontró que los estudiantes que habían tomado el pre-test, no asistieron a las actividades y los que tomaron el post-test no habían tomado el pre-test o habían realizado las actividades a medias por haber llegado demasiado tarde a las sesiones.

Para fines del estudio, no servían los datos recogidos, así que se descartaron por completo. Esto causó un retraso en la investigación.

En vista de lo anterior, para llevar a cabo la implementación de la secuencia didáctica teniendo un mayor control, se decidió trabajar a nivel preparatoria en escuelas conocidas y donde los directivos accedieron a que se trabajara, usando la secuencia diseñada para la enseñanza del concepto de campo magnético con sus estudiantes.

En esta ocasión, los maestros titulares de estas instituciones educativas, colaboraron de una manera muy profesional y estuvieron dispuestos a reunirse previamente a las sesiones con el fin de planificar seriamente el trabajo a realizar. Incluyendo tiempos y momentos de aplicación del pre-test, actividades en el laboratorio, materiales requeridos para la realización de experimentos, sesión en el aula y aplicación del post-test.

Cabe señalar que estos maestros proporcionaron parte del material requerido para los experimentos realizados en el laboratorio, concretamente, El maestro titular de laboratorio la Preparatoria Alfonso Calderón Moreno de la BUAP, proporcionó parte de los materiales

para la primera sesión y las brújulas que se usaron en la segunda sesión de laboratorio. Esto representó una gran ayuda.

Respecto a los materiales que debían conseguir los estudiantes, se observó que la mayoría de los estudiantes de la escuela privada, olvidaba llevar los materiales que se les encargaba para los experimentos.

Tomando en cuenta lo anterior, se optó por proporcionar a cada equipo de estudiantes, el material requerido al inicio de cada sesión de actividades de laboratorio. De esta manera, se aprovechaba el tiempo en aplicar la estrategia y no en ver cómo completar el material que no habían llevado los estudiantes.

Hubo una diferencia notable en la calidad de los reportes que entregaron los estudiantes de las escuelas públicas y los que entregaron los estudiantes de la escuela privada. Los reportes de mayor calidad fueron los entregados por los estudiantes de las escuelas públicas. Entre las características de estos reportes, se puede mencionar que estaban muy completos, ya que incluían esquemas con comentarios ilustrando la forma en que los estudiantes habían comprendido los conceptos tratados. Además, la mayoría de los estudiantes de la escuela privada, no entregaron su reporte.

Respecto a las bases matemáticas que se requieren para abordar el análisis cuantitativo de la fuerza magnética, cabe decir que en el nivel de preparatoria, los estudiantes están muy poco familiarizados con el producto vectorial. La falta de bases matemáticas, representa una dificultad para un estudio que incluya tanto el análisis cualitativo como el análisis cuantitativo del campo magnético. Se tenían dos opciones: revisar los fundamentos matemáticos necesarios para poder realizar el análisis cuantitativo, o bien omitir el análisis cuantitativo. En vista del tiempo disponible, se eligió la segunda opción.

Respecto al uso del material multimedia, se tuvo una experiencia anterior de que cuando se intentó usar el material multimedia en línea, se gastaba mucho tiempo de la sesión intentando acceder al sitio y cuando se lograba se tenían interrupciones constantes por el mal funcionamiento del servicio de internet.

En otra institución donde se hizo una prueba previa de las instalaciones con internet, para trabajar con equipos de dos estudiantes por computadora, ocurría que no todas las computadoras podían acceder al multimedia, debido a incompatibilidad con el software requerido para su funcionamiento.

Por lo anteriormente mencionado, se decidió no usar internet y en lugar de eso, se desarrolló un material audiovisual basado en los contenidos del multimedia. Eso determinó la construcción de la presentación Power Point usada en esta investigación, para fines de buen desempeño durante la sesión en el aula.

Respecto a las limitaciones de este estudio, se pueden mencionar las siguientes:

En principio, no se trabaja con el aspecto cuantitativo del campo magnético. Es decir, solo se analiza de manera cualitativa el campo magnético creado por una carga en movimiento.. Faltó realizar ejercicios cuantitativos acerca de la fuerza magnética ejercida por el campo magnético generado por un alambre rectilíneo portador de corriente y una espira de corriente.

Se considera que la solución de problemas numéricos que utilicen el concepto de campo magnético, aportará una mejor idea de la comprensión adquirida acerca de este concepto por parte de los estudiantes. Esta limitación, se debió al tiempo escaso disponible para trabajar con los estudiantes.

Una segunda limitación consistió en satisfacer aspectos procedimentales y actitudinales de aprendizaje, relacionados en el campo magnético. Específicamente, faltó que los estudiantes realizaran búsqueda bibliográfica y experimentaran por su cuenta, fuera del laboratorio y propusieran experimentos que les resultaran interesantes y estuvieran relacionados con el tema. Y de esta manera, usaran las estrategias del trabajo científico analizando situaciones problemáticas que les permitieran concebir hipótesis de trabajo, diseñar y realizar experimentos, interpretar datos numéricos físicamente y comparar sus avances con los fenómenos reales de su entorno, a través del trabajo colaborativo e individual.

Se considera que en un futuro casi inmediato se podrá ampliar esta secuencia didáctica para que incluya además de la comprensión del concepto de campo magnético, la conciencia de

los estudiantes de las repercusiones que tiene la aplicación de este conocimiento en los procesos productivos y en la vida social.

### **Logro de objetivos y metas de la investigación**

Respecto al logro de objetivos, puede decirse que se lograron los objetivos principales. Es decir, en base a los valores de la ganancia normalizada, puede decirse que los estudiantes lograron mejorar su aprendizaje del concepto de campo magnético. Además, se pudo percibir su interés para participar en las actividades. Sin embargo, las metas eran más ambiciosas, ya que se deseaba que los estudiantes, se percataran de las implicaciones que tiene este conocimiento en su aplicación dentro de la sociedad, para el desarrollo sustentable. También faltó tiempo para concientizarlos de las dificultades que ocurrieron durante la construcción de la teoría relacionada con el concepto de campo magnético.

### **Respuesta a las preguntas de investigación**

Para la primera pregunta de investigación: ¿En qué medida la enseñanza activa basada en el modelo de investigación dirigida, usando imagen, promueve un mejor aprendizaje del concepto de Campo Magnético en los estudiantes del nivel de preparatoria?

La pregunta anterior, queda contestada en base a los resultados obtenidos para los grupos experimentales, durante la evaluación post-test y de retención realizadas. Es decir, la enseñanza activa basada en el modelo de investigación dirigida, usando imagen, promueve un mejor aprendizaje del concepto de Campo Magnético en los estudiantes del nivel de preparatoria, efectivamente. La conclusión obtenida se basa en los resultados mostrados para los grupos experimentales y la confrontación de hipótesis realizada en el capítulo anterior.

La respuesta a la segunda pregunta de investigación: ¿Cómo es la aceptación por parte de los estudiantes de la enseñanza activa basada en el modelo de investigación dirigida, usando imagen, durante el estudio del concepto de campo magnético?

La respuesta a esta pregunta se obtiene a partir de la encuesta realizada a los estudiantes del IBP y que se encuentra en el anexo F. Al final del capítulo anterior, se mostraron las

respuestas a algunas de las preguntas de la encuesta y se encuentra que los estudiantes expresan un buen grado de aceptación para esta propuesta didáctica.

### **Comentario personal**

El modelo de investigación dirigida permite promover el interés situacional y definir el interés individual debido a sus características.

Un aspecto muy importante de señalar, es que la actitud mostrada por el maestro durante el trabajo con los estudiantes, es fundamental, ya que si muestra pasión por lo que enseña, los estudiantes se interesan por aprender.

La motivación de los estudiantes surge al ver el dinamismo del maestro mientras supervisa el trabajo de cada equipo en el laboratorio y la forma en que se dirige a ellos para aclarar las dudas que expresan. Cuando los estudiantes expresan sus dudas con toda confianza, esto indica que se sienten respetados tanto por el maestro como por sus compañeros cuando hacen una pregunta, independientemente de que sea algo sencillo o no tan sencillo lo que preguntan. Entonces, es importante que el maestro establezca un clima de respeto y cooperación tanto en el aula como en el laboratorio.

Si no se es capaz de motivar a los estudiantes y lograr un clima de respeto y colaboración, no se lograrán resultados satisfactorios de aprendizaje, aunque se disponga de la mejor estrategia de enseñanza – aprendizaje y se tenga una erudición en el tema tratado.

Los estudiantes desmotivados, simplemente no atienden a las indicaciones, no participan y en consecuencia, no aprenden. Además, los estudiantes que no están haciendo su trabajo, generalmente tienden a distraer a los demás, ocasionando resultados poco satisfactorios para todo el grupo o al menos para su equipo.

En el capítulo II, se ha hablado ampliamente acerca de estos aspectos y la forma en que influyen durante el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Por lo anterior, se recomienda trabajar en el aula con parejas de estudiantes, en lugar de equipos de tres o más integrantes, cuando hay estudiantes inquietos y/o indisciplinados. Es muy importante conocer las características de comportamiento del grupo, para definir la forma en que se aplicará la secuencia didáctica tanto en el laboratorio como en el aula.

En el capítulo II, se ha hablado ampliamente acerca de estos aspectos y la forma en que influyen durante el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

# Referencias Bibliográficas

- Aileen Earle, Jenny Frost, Vegard Engstrøm, Mojca Cepic, Gorazd Planinsic, Gren Ireson, Sara Ciapparelli. (2004). SUPERCOMET Teacher Guide. Simplicatus AS. Richard Birkelands vei 2B, 7491 Trondheim, NO.
- Barberá, O. y Valdéz, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 365-379.
- Brush, Stephen G. History of Physics (1988) American Association of Physics Teachers, 78-96.
- Cantú L.L. y Herron, J.D. (1978) “Concrete and formal Piagetian stages and science concept attainment”. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 15, no. 2.pp. 135-143.
- Declaración de Budapest, 1999. Disponible en: *UNESCO, Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico, Conferencia Mundial sobre la Ciencia , Budapest, 26 junio &ndash; 1 julio 1999, ([http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaration\\_e.htm](http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaration_e.htm) , 2006&ndash;11&ndash;16).*
- Demirci, N. (2005) University Students' Conceptual Difficulties about Electricity and Magnetism Concepts. 23th International Physics Congress,13-16 September 2005, Mugla University, Turkey. pp:1071-1076
- Dewey I., Dykstra, Jr. (2008) Physics Classroom Engagement: constructing understanding in real time. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 2, No. 1, January.
- Etkina, E. (1999).Can we use the processes of physics to guide physics instruction? Unpublished Manuscript,
- Etkina , A. Van Heuvelen , D.T. Brookes , D. Mills (2002) . Role of experiments in physics instruction – a process approach, *The Physics Teacher*, Vol. 40, September
- Etkina, E. Van Heuvelen, A (2007). Investigative Science Learning Enviroment: A Science Process Aproach to Learning Physics. Fecha de consulta: 22/02/2011. On line: <http://paer.rutgers.edu/ScientificAbilities/Papers+Talks+and+Presentations/default.aspx>
- Eugenia Etkina , David B. May (2002). College physics students’ epistemological self-reflection and its relationship to conceptual learning. *Am. J. Phys.* **70** ~121, December.
- Física 4. Santillana, Chile. Online en [www.santillana.cl/fis4](http://www.santillana.cl/fis4).
- Furió C. y Guisasola J. (2001). La enseñanza del concepto de campo eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación dirigida. *Enseñanza de las ciencias* , **19**, 319-334

- Furió, Carles, Azcona, Rafael y Guisasola, Jenaro (2006), Enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol basada en un modelo de aprendizaje como investigación dirigida. *Enseñanza de las ciencias*. 24(1), 43–58
- G. Zavala y H. Alarcón. Evaluation of Instruction Using the Conceptual Survey of Electricity and Magnetism in Mexico, *Proceedings of the Physics Education Research Conference*, 1064, 231-234 (2008).
- Garzón, I. M. y Slisko, J. (2010) Uso de la historia en la enseñanza de la física en los libros de texto de Ciencias 2 para segundo de secundaria . *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 4, Suppl. 1, Nov.
- Gerhart, J. (1986), “Handling numbers”, James B. Gerhart’s Acceptance speech for the 1985 Millikan Lecture Award presented by the American Association of Physics Teachers, Flagstaff, Arizona, 19 June 1985. *Am. J. Phys.* **Vol. 54, No. 6**, June.
- Gettys, Keller y Skove (2005). *Física para ciencias e ingeniería*, Tomo II, McGraw Hill, Segunda edición,
- Gil P., D.(2002) *Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. Ciencias. Parte II. El modelo Constructivista de Enseñanza/Aprendizaje de las Ciencias: Una Corriente Innovadora Fundamentada en la Investigación*. OEI.
- Gil, D. (1993). Contribución de la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza –aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp.197-212.
- Gil-Pérez, D. y Valdés, P. (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 155-163.
- Guisasola, J.; Almudí, J.M. y Zubimendi, J.L. Dificultades de Aprendizaje de los Estudiantes Universitarios en la Teoría del Campo Magnético y Elección de los Objetivos de Enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, **21**, 79-94 (2003).
- Guisasola, J; Almudí, José Manuel; Zubimendi, José Luis y Zuka, K. Campo magnético: Diseño y Evaluación de Estrategias de Enseñanza Basadas en el Aprendizaje como Investigación Dirigida. *Enseñanza de las Ciencias*. **23**, 303-320 (2005).
- Guisasola, Jenaro, Zubimendi, José Luís, Almudí, José Manuel y Ceberio, Mikel. Propuesta de Enseñanza en cursos Introdutorios de Física en la Universidad, basada en la Investigación Didáctica: Siete años de Experiencia y Resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 2007, 25(1), 91–106.
- Guisasola, J; Almudí, José Manuel; Furió, C. The nature of science and its implications for physics textbooks: the case of classical magnetic field theory. *Science & Education* .2005.14:321–338.
- Gutiérrez, R., Piaget y el curriculum de Ciencias. Departamento de Ciencias de la Naturaleza del IEPS. Narcea, S. A. de Ediciones. Madrid, ISBN: 84-277-0634-0, 1986.
- Hake, R. R. (2002a), Lessons from the physics education reform effort, *Ecology and Society* **5**, 28; online at



Ecology and Society (formerly Conservation Ecology) is a free online "peer-reviewed journal of integrative science and fundamental policy research" with about 11,000 subscribers in about 108 countries. <<http://www.ecologyandsociety.org/vol5/iss2/art28/>>. Consultado el 10 de Octubre de 2010.

Hake, R.R. (2002b) Assessment of Student Learning in Introductory Science Courses, PKAL Roundtable on the Future: *Assessment in the Service of Student Learning*, Duke University, March 1-3; updated on 6/01/02; online at <http://www.pkal.org/events/roundtable2002/papers.htm>

Hake, R. (2007). Six Lessons From The Physics Education Reform Effort. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol.1, No. 1.

Hidi, S. y Harackiewicz, J.M. (2000). Motivating the academically unmotivated: a critical issue for the 21st century. *Review of Educational Research*, 70(2), 151-179.

Jaime Carrascosa y col., (2006). Papel de la Actividad Experimental en la Educación Científica . *Cad. Brás. Ens. Fís.*, v. 23, n. 2: p. 157-181.

Barrera Kalhil, J. (2007). La enseñanza de la Física a través de habilidades investigativas: una experiencia. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol.1, No. 1, Sept.

Karplus, R. (1977) "Science Teaching and the development of reasoning". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 14, no. 2, pp. 169-175.

Lara-Barragán, J.A. *Acerca de la enseñanza-aprendizaje de los conceptos de Fuerza y Trabajo. Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 2, No. 3, Sept. 2008.

Lawson, A. E. y Renner, J. W. "Relationships of science subject matter and developmental level of learners". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 12, no. 4, pp. 347-358. 1975.

Luisa Ma. Fernández, Miguel Cañizares, Lucía Amorós, José Miguel Zamarro (2010). Conducción eléctrica: una experiencia considerando imagen y trabajo colaborativo en la enseñanza. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 4, No. 1, Jan.

Maloney, David P. et al (2001). Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *Phys. Educ. Res., Am. J. Phys. Suppl.* 69 ~71, July.

- Marquéz Graells, P. (1996). Metodologías de Investigación. Modelo para el Diseño de una Investigación Educativa. “A propósito del uso didáctico de un programa multimedia en el aula”.
- Martínez F. y Col. (2010) Teacher Guide and Seminar: experience in Physics Education. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 4, No. 1, Jan. 2010.
- McDermott, L. C. (1993). Cómo enseñamos y cómo aprenden los estudiantes. ¿Un desajuste? (Primera parte). Revista de Enseñanza de la Física, 6(1), 19-32.
- McDermott L.C., Shaffer P.S. (*Tutoriales para Física Introductoria*, Prentice Hall, Buenos Aires, 2001).
- Michel Picquart. (2008) ¿Qué podemos hacer para lograr un aprendizaje significativo de la física?. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 2, No. 1, January.
- Mendenhall, W. (1968) Introduction to Linear Models and The Design and Analysis of Experiments. Wadsworth Publishing Company, Inc., Belmont, Ca.
- Monk Martin and Osborne J. (1997) Placing the History of Science on the Curriculum: A model for the Development of Pedagogy. John Wiley and Sons, Inc.
- Mora César; (2008). Cambiando paradigmas en la enseñanza de las ciencias: consideraciones sobre el aprendizaje activo de la física. Revista Areté, Vol. 1, No. 1.
- Mora César (2009). Metodologías de Aprendizaje Activo de la Física. Venezuela AAF.
- Murat Saglam. (2010) University students' explanatory models of the interactions between electric charges and magnetic fields. Educational Research and Reviews Vol. 5 (9), pp. 538-544, September. Available online at <http://www.academicjournals.org/ERR2>, ISSN 1990-3839 © Academic Journals
- Osborne R. y Freyberg P. (1995) El aprendizaje de las ciencias. Implicaciones de las <<ideas previas>> de los alumnos. Segunda edición. Narcea Ediciones. Madrid. Pp. 129-132.
- Patricia Morantes y Rónald Rivas Suárez (2009). Conceptualización del trabajo grupal en la enseñanza de las ciencias. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 3, No. 2, May.
- Paul G. Hewitt (2004). Física Conceptual, novena edición, Pearson Educación, México.

- Physical Science Study Committee. FÍSICA (1962). Ed. Reverté. España.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1958). The Growth of Logical Thinking from Childhood to adolescence. New York: Basic Books.
- Priscilla W. Laws. Workshop Physics® Activity Guide, Mechanics II: Momentum, Energy, Rotational and Harmonic Motion, and Chaos (Units 8 - 15), Module 2, 2nd Edition, May 2004.
- Prosser, M. (1979) “Cognitive Analysis of Physics Textbooks at the Tertiary or College level”. of Science Education, Vol. 63, no. 5.pp. 677-683.
- Quintana, A. & Llovera-González, J. J. (2009). La construcción del conocimiento como proceso activo en la enseñanza. Latin American Journal of Physics Education. 3(1), 153-157.
- Randall Knight (2002). Five Easy Lessons. Addison Wesley. USA.
- Hake, R. (2007). Six Lessons From The Physics Education Reform Effort. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol.1, No. 1
- Schneider, L. S. y Renner, J. W. (1980) “Concrete and formal Teaching. Journal of Research in Science Teaching, Vol. 17, no. 6, pp. 503-517.
- Tolga GÖK, Ihan SILAY (2010). The Effects of Problem Solving Strategies on Students’ Achievement, Attitude and motivation. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 4, No. 1, Jan.
- Vigotsky, L. S. (1988). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Grijalbo.
- Vegard Engstrøm (2004), et al. The SUPERCOMET Project: animating electricity and magnetism for upper secondary school. 9th Workshop on Multimedia in Physics Teaching and Learning. Graz.
- Zamarro J.M., Amorós L., Esquembre F. (2006). SUPERCOMET 2: Una iniciativa europea para la enseñanza de la Física. EDUTECH 2005. Formación del profesorado y Nuevas Tecnologías. Santo Domingo (República Dominicana), febrero 2006.
- Zafer Tanel, Mustafa Erol (2008). Effects of Cooperative Learning on Instructing Magnetism: Analysis of an Experimental Teaching Sequence. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol.2, No. 2, May.

# Anexo A

## Instrumento de evaluación CSEM-MAG

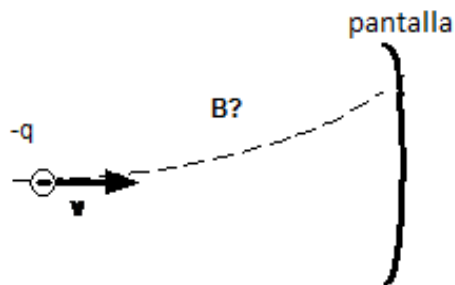
1.- ¿Qué le pasa a una carga positiva que descansa en un campo magnético uniforme?

(un campo uniforme es aquel cuya fuerza y dirección son iguales en todos los puntos)

- a) Se mueve con una velocidad constante, ya que la fuerza tiene una magnitud constante.
- b) Se mueve con una aceleración constante, ya que la fuerza tiene una magnitud constante.
- c) Se mueve en un círculo a una velocidad constante, ya que la fuerza siempre es perpendicular a la velocidad.
- d) Se acelera en círculo, ya que la fuerza siempre es perpendicular a la velocidad.
- e) Permanece inmóvil, ya que la fuerza y la velocidad inicial valen cero.

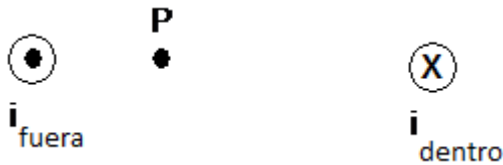
2.- Un electrón se mueve horizontalmente hacia una pantalla. El electrón se mueve a lo largo de la trayectoria mostrada debido a una fuerza magnética causada por un campo magnético. ¿En qué dirección apunta el campo magnético?

- a) Hacia la parte superior de la página.
- b) Hacia la parte inferior de la página.
- c) Hacia el interior de la página.
- d) Hacia afuera de la página.
- e) El campo magnético tiene la misma dirección que la trayectoria curva.



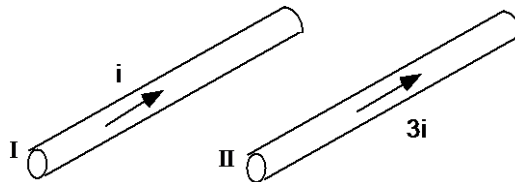
3. El alambre 1 tiene una corriente  $i$  muy grande que fluye hacia afuera de la página

( $\odot$ ), como se muestra en el diagrama. El alambre 2 tiene una corriente muy grande  $i$  que fluye hacia el interior de la página ( $\otimes$ ). ¿ En qué dirección apunta el campo magnético en la posición P?



- (a) (b) (c) (d) (e) ninguno de los anteriores

4. Dos alambres paralelos I y II que están cerca el uno del otro, acarrean corrientes  $i$  y  $3i$  ambas en la misma dirección. Compare las fuerzas que los dos alambres ejercen el uno sobre el otro.



- (a) El alambre I ejerce sobre el alambre II, una fuerza mayor a la que ejerce el alambre II sobre el alambre I.  
 (b) El alambre II ejerce sobre el alambre I, una fuerza mayor, que la que ejerce el alambre I sobre el alambre II.  
 (c) Los alambres ejercen uno sobre el otro, fuerzas de atracción de igual magnitud.  
 (d) Los alambres ejercen uno sobre el otro, fuerzas de repulsión de igual magnitud.  
 (e) Los alambres no ejercen fuerzas el uno sobre el otro.

5. Las figuras de abajo representan partículas cargadas que se mueven en el mismo campo magnético uniforme. El campo está dirigido de la izquierda hacia la derecha. Todas las partículas tienen la misma carga y la misma velocidad  $v$ . Clasifique estas situaciones de acuerdo a las magnitudes de la fuerza ejercida por el campo en la carga móvil, desde la mayor hasta la menor.

(a)  $I = II = III$

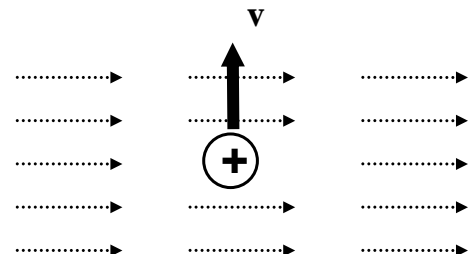
(b)  $III > I > II$

(c)  $II > I > III$

(d)  $I > II > III$

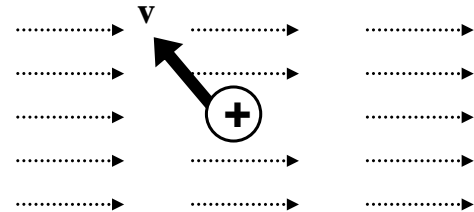
(e)  $III > II > I$

**I**



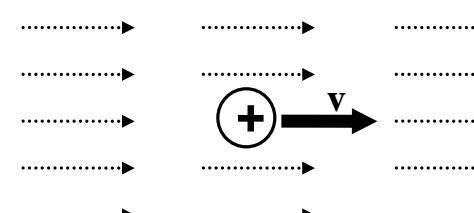
Campo  
magnético

**II**



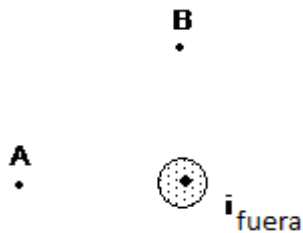
Campo  
Magnético

**III**



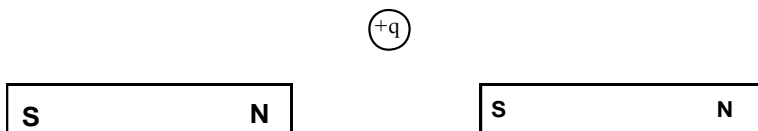
Campo  
magnético

6. El diagrama muestra un alambre con una corriente grande  $i$  ( $\odot$ ), que se dirige hacia afuera del papel. ¿En qué dirección estará el campo magnético en las posiciones A y B?



- (a)  $\begin{matrix} \text{A} & \text{B} \\ \downarrow & \leftarrow \end{matrix}$
- (b)  $\begin{matrix} \text{A} & \text{B} \\ \rightarrow & \downarrow \end{matrix}$
- (c)  $\begin{matrix} \text{A} & \text{B} \\ \uparrow & \rightarrow \end{matrix}$
- (d)  $\begin{matrix} \text{A} & \text{B} \\ \leftarrow & \uparrow \end{matrix}$
- (e) Ninguna de estas

7.- Una partícula cargada positivamente (+q) permanece en reposo en el plano entre dos barras magnéticas fijas, como se muestra. El magneto de la izquierda es tres veces más fuerte que el de la derecha. ¿Cuál de las opciones de abajo, representa mejor la fuerza **MAGNETICA** resultante ejercida por los magnetos sobre la carga?

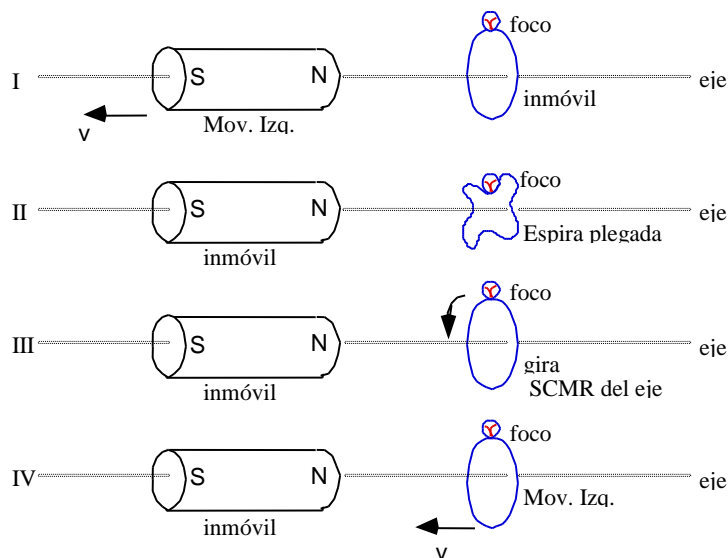


- (a)  $\rightarrow$       (b)  $\swarrow$       (c)  $\leftarrow$       (d)  $\searrow$       (e) Zero

8. Dos espiras idénticas de alambre transportan corrientes idénticas  $i$ . Las espiras se ubican como se ve en el diagrama. ¿Cuál de las flechas representa mejor la dirección del campo magnético en el punto P que está en medio de las espiras?



Las 5 figuras separadas de abajo, incluyen un magneto cilíndrico y un foquito conectado a los extremos de una espira de alambre de cobre. Estas figuras se usan en la pregunta 9. El plano de la espira es perpendicular al eje de referencia. Los estados de movimiento del magneto y de la espira se indican en el diagrama. La velocidad se representa por  $v$  y SCMR representa “ Sentido Contrario a las Manecillas del Reloj”.

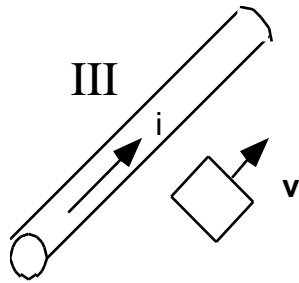
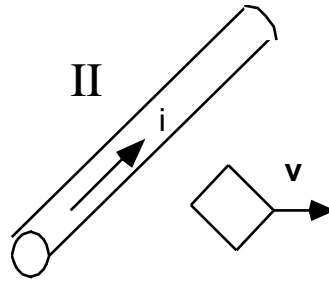
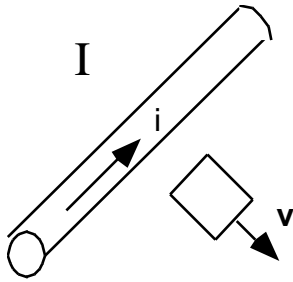


9. ¿En cuál de las figuras anteriores brillará el foco?

- (a) I, III, IV      (b) I, IV      (c) I, II, IV      (d) IV      (e) En ninguna



10. Un alambre recto muy largo transporta una corriente constante  $i$ . Hay unas espiras rectangulares de metal en el mismo plano del alambre, que se mueven con velocidad  $v$  en la dirección mostrada. ¿Cuál de las espiras tendrá una corriente inducida?



(a) solo I y II

(b) solo I y III

(c) solo II y III

(d) todas

(e) ninguna

11.- ¿cuál o cuáles preguntas, te parecieron más difíciles?

# Anexo B

## Hojas de Trabajo para prácticas

### B-1. Hojas de trabajo para la primera actividad experimental

Preparatoria Alfonso Calderón Moreno BUAP

Nombre de la práctica: Líneas de campo Magnético de un imán

Equipo No. \_\_\_\_\_ Integrantes: \_\_\_\_\_

---

Semestre y grupo: \_\_\_\_\_ Profesor: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

**Objetivo de la práctica:** mostrar la existencia del campo magnético de un imán, sus características y efectos sobre distintos materiales.

**Material:** Se requieren los materiales siguientes:

- 1.- Limadura de hierro.
- 2.- dos imanes.
- 3.- Una hoja de papel.
- 4.- trozos u objetos pequeños de papel y plástico y clips.

**Desarrollo:**

**Paso 1.** Coloca un imán sobre la mesa de trabajo y sobre el imán pon la hoja de papel.

**Paso 2.** Espolvorea la limadura de hierro sobre la hoja golpeándola suavemente con un dedo, para que se acomode en la dirección de las líneas del campo magnético que se forman con el polvo de limadura de hierro.

**Paso 3.** Realiza en tu cuaderno un esquema o dibujo del experimento mostrando las líneas que se forman con la limadura.

**Paso 4.** Ahora se colocan dos imanes debajo de la hoja, poniendo frente al polo norte de uno, el polo norte del otro y se hace el esquema correspondiente, mostrando las líneas del campo magnético

formadas. Anota junto al esquema, en qué parte del imán están más concentradas las líneas.

**Paso 5.** Ahora se colocan los dos imanes debajo de la hoja, poniendo el polo norte de uno frente al polo sur del otro y se hace el esquema del experimento, mostrando las líneas del campo magnético formadas. Anota en qué parte están más concentradas las líneas.

**Paso 6.** Coloca un imán junto a los clips y anota en tu cuaderno lo que observas.

**Paso 7.** Coloca ahora el imán junto a los trozos de papel y plástico, y anota lo que observas.

### Cuestionario Práctica 15.

1.- ¿Qué fuentes de campo magnético conoces? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.- ¿Sobre qué materiales actúa el campo magnético? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

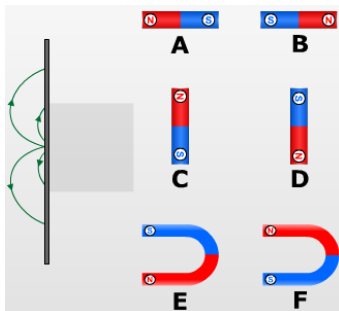
3.- ¿Cómo son las líneas de campo magnético, continuas o discontinuas? \_\_\_\_\_

4.- ¿puede existir un imán con un solo tipo de polo SI/No, porqué? \_\_\_\_\_

5.- ¿Si separas el imán de los clips por un papel o los retiras una distancia corta, ya no los atrae? Explica tu respuesta. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6.- ¿A cuál imán corresponden las líneas siguientes? (solo se ve la parte del campo a la izquierda de la línea vertical)



7.- ¿En qué parte de un imán están más concentradas las líneas de campo magnético?

**Evaluación. (Conclusiones por equipo).** El secretario de cada equipo anota las conclusiones a las

que llegan los integrantes del equipo y las lee en voz alta para compartir con los otros equipos.

Pregunta 1. \_\_\_\_\_

Pregunta 2. \_\_\_\_\_

Pregunta 3. \_\_\_\_\_

Pregunta 4. \_\_\_\_\_

Pregunta 5. \_\_\_\_\_

Pregunta 6. \_\_\_\_\_

Pregunta 7. \_\_\_\_\_

## **B-2. Hojas de trabajo para la segunda actividad experimental**

### **Preparatoria Alfonso Calderón Moreno BUAP**

**Nombre de la práctica:** Fuentes de Campo Magnético que no son imanes

**Equipo No.** \_\_\_\_\_ **Integrantes:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ **Semestre y grupo** \_\_\_\_\_

**Objetivo de la práctica:** Mostrar el campo magnético producido por cargas en movimiento.

**Material:** Se requieren los materiales siguientes:

- 1.- Un imán con sus polos identificados.
- 2.- Una brújula.
- 3.- Un trozo de alambre recto y una espira de cobre.
- 4.- Pila tipo D.
- 5.- Cinta masking o cinta de aislar.
- 6.- Alambres delgados (de cable de red) para conectar la pila.

**Desarrollo:**

#### **Experimento 1**

**Paso 1.** Se pone la brújula sobre la mesa y se dibuja la posición de la aguja de la brújula (antes). Los estudiantes predicen lo que creen que sucederá al colocar el imán cerca de la brújula y lo anotan

en su libreta.

**Paso 2.** Ahora, se coloca el imán a 1 cm de la brújula. Verifican su predicción y anotan en su libreta si se cumplió o no. Dibujan la posición de la aguja de la brújula después de poner el imán.



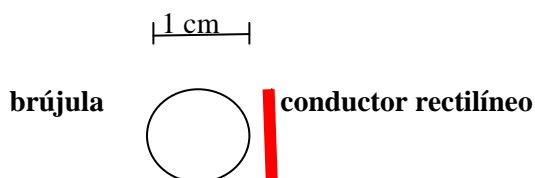
**Paso 3.** Los estudiantes contestan en su libreta las preguntas:

- a) ¿cambió la dirección de la aguja?
- b) ¿por qué crees que cambió?

**Paso 4.** Cada equipo discute las respuestas y llegan a una conclusión, y un representante de cada equipo lee en voz alta, la opinión de su equipo. Anotan en su libreta una conclusión razonada gral.

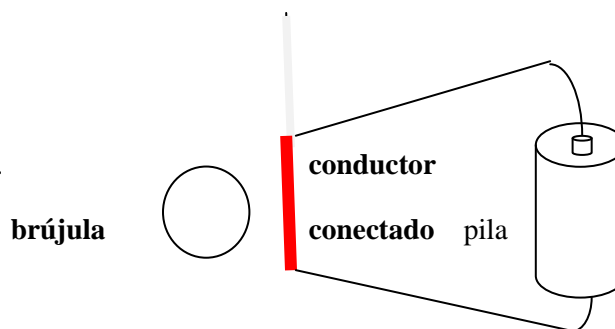
## Experimento 2

**Paso 1.** Ahora en lugar del imán, se coloca el conductor rectilíneo a 1 cm de la brújula. El esquema ahora muestra la orientación de la aguja.



**Paso 2:** Los integrantes de cada equipo, de manera interna en su equipo, realizan una predicción de lo que sucederá al conectar la pila a los extremos del conductor rectilíneo, llegando a un consenso (una sola opinión por equipo) y la anotan en su libreta.

**Paso 3.** Se conecta la pila a los extremos del conductor.



**Paso 4.** Los estudiantes anotan lo que observan, contestando las preguntas:

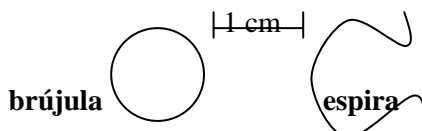
- a) ¿cambió la dirección de la aguja? \_\_\_\_\_
- b) ¿por qué crees que cambió? \_\_\_\_\_
- c) ¿Crees que hay algún parecido con lo sucedido con el imán? \_\_\_\_\_
- d) ¿qué conclusión obtienes? \_\_\_\_\_

**Paso 5:** Los estudiantes marcan la nueva dirección de la aguja de la brújula en el dibujo que muestra la pila conectada al conductor rectilíneo.

**Paso 6.** Cada equipo discute lo observado en la realización del experimento y cada estudiante anota en su libreta las conclusiones obtenidas.

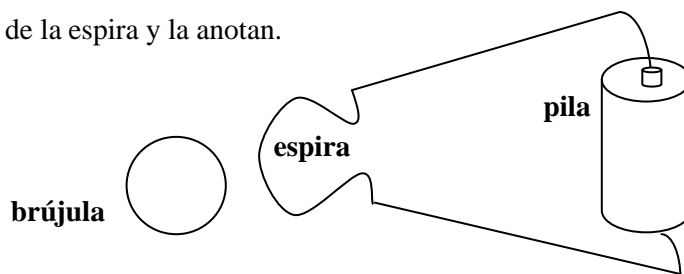
### Experimento 3

**Paso 1.** Ahora se coloca la espira de cobre a 1 cm de la brújula. Se realiza un esquema mostrando la orientación de la aguja.



**Paso 2:** Los integrantes de cada equipo, de manera interna en su equipo, realizan una predicción de lo que sucederá al conectar la pila a los extremos de la espira y la anotan.

**Paso 3.** Se conecta la pila a la espira.



**Paso 4.** Los estudiantes contestan en su libreta, las preguntas:

- ¿Ocurrió lo que esperaban?
- ¿por qué crees que ocurrió este resultado?
- ¿hay algún parecido con los experimentos anteriores?

**Paso 5.** Los estudiantes marcan la nueva dirección de la aguja de la brújula en el dibujo que muestra la espira conectada a la pila.

**Paso 6.** Los estudiantes discuten lo observado en la realización del experimento, analizando las analogías que encuentran con los experimentos 1 y 2, contestando la pregunta:

¿Existen cargas en movimiento en el conductor y en la espira cuando están conectados a la pila?.  
SI/NO, expliquen su respuesta. \_\_\_\_\_

## Cuestionario para la práctica 16.

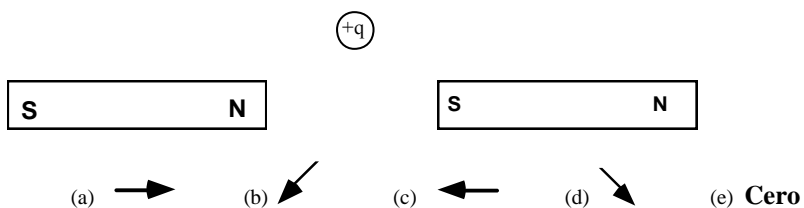
Habiendo observado los efectos magnéticos de las cargas en movimiento, en los experimentos anteriores, responda las preguntas siguientes.

1) ¿Qué le pasa a una carga positiva que descansa(no se mueve) en un **campo magnético uniforme**?

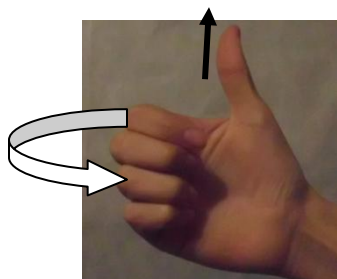
(un campo uniforme es aquel cuya fuerza y dirección son iguales en todos los puntos)

- a) Se mueve con una velocidad constante, ya que la fuerza tiene una magnitud constante.
- b) Se mueve con una aceleración constante, ya que la fuerza tiene una magnitud constante.
- c) Se mueve en un círculo a una velocidad constante, ya que la fuerza siempre es perpendicular a la velocidad.
- d) Se acelera en círculo, ya que la fuerza siempre es perpendicular a la velocidad.
- e) Permanece inmóvil, ya que la fuerza y la velocidad inicial valen cero.

2) Una partícula cargada positivamente (+q) permanece en reposo en el plano entre dos barras magnéticas fijas, como se muestra. El magneto de la izquierda es tres veces más fuerte que el de la derecha. ¿Cuál de las opciones de abajo, representa mejor la fuerza **MAGNETICA** resultante ejercida por los magnetos sobre la carga?



Ahora, recuerden que el campo magnético es un campo vectorial (como se vio con las limaduras de hierro), y su dirección está dada por la “regla de la mano derecha” (ver figura).



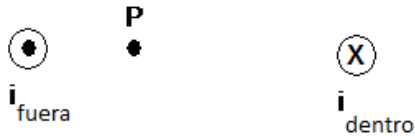
Regla de la mano derecha para el campo magnético correspondiente a la corriente  $i$  fluyendo por un conductor rectilíneo.

El pulgar se extiende en la dirección de la corriente  $i$  y los dedos se enrollan en la dirección del campo magnético  $B$

Usen la regla de la mano derecha y respondan las preguntas siguientes:

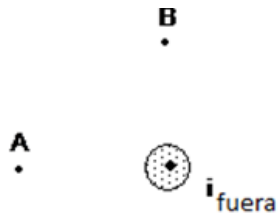
3) El alambre 1 tiene una corriente  $i$  muy grande que fluye hacia afuera de la página

( $\odot$ ), como se muestra en el diagrama. El alambre 2 tiene una corriente muy grande  $i$  que fluye hacia el interior de la página( $\otimes$ ). ¿En qué dirección apunta el campo magnético en la posición P?



- (a) (b) (c) (d) (e) ninguno de los anteriores





4) El diagrama muestra un alambre con una corriente grande  $i$  ( $\odot$ ), que se dirige hacia afuera del papel. ¿En qué dirección estará el campo magnético en las posiciones A y B?

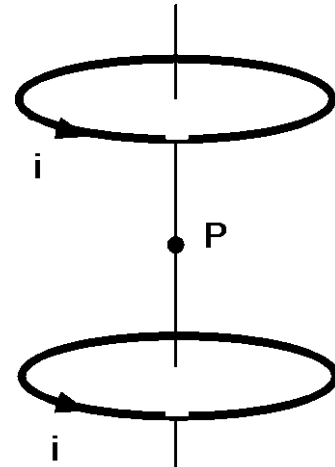


- (a) (b) (c) (d) (e) Ninguna de estas



5) Dos espiras idénticas de alambre transportan corrientes idénticas  $i$ . Las espiras se ubican como se ve en el diagrama. ¿Cuál de las flechas representa mejor la dirección del campo magnético en el punto P que está en medio de las espiras?

- (a) 
- (b) 
- (c) 
- (d) 
- (e) Cero



**Evaluación. (conclusiones del equipo)**

Un representante de cada equipo, lee en voz alta las respuestas de su equipo y se anota en libreta, una respuesta razonada grupal para cada pregunta.

Pregunta 1) \_\_\_\_\_

Pregunta 2) \_\_\_\_\_

Pregunta 3) \_\_\_\_\_

Pregunta 4) \_\_\_\_\_

Pregunta 5) \_\_\_\_\_

# Anexo C

## Temarios de Magnetismo

En este apéndice se presentan los temarios correspondientes al curso de física impartido en las preparatorias de las escuelas participantes en esta investigación. Los temas listados son los correspondientes a la unidad de magnetismo.

El temario de la unidad de magnetismo de la preparatoria Canoa es el siguiente:

**PROGRAMA ACADÉMICO: FÍSICA II**  
**SEMESTRE: CUARTO**  
**CAMPO DISCIPLINAR: CIENCIAS EXPERIMENTALES**

<b>ELECTROMAGNETISMO.</b>		
Conceptos elementales de magnetismo.	¿Qué es un imán?	¿Cómo se identifican los polos de un imán?
Campos electromagnéticos.	¿Qué es la magnetita?	¿Cómo se verifica el polo de referencia terráqueo?
	¿Qué es un campo electromagnético?	

El temario de la unidad de magnetismo de la Preparatoria Alfonso Calderón de la BUAP es el siguiente:

**FECHA DE DISEÑO DEL PROGRAMA: 2006**

**FECHA DE REVISIÓN Y/O ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA: 25 de julio de 2008**

V.5. Magnetismo.

- Imanes.
- Fuerza magnética.
- Campo magnético.
- Densidad de flujo magnético.

# Anexo D

## *Supercomet*

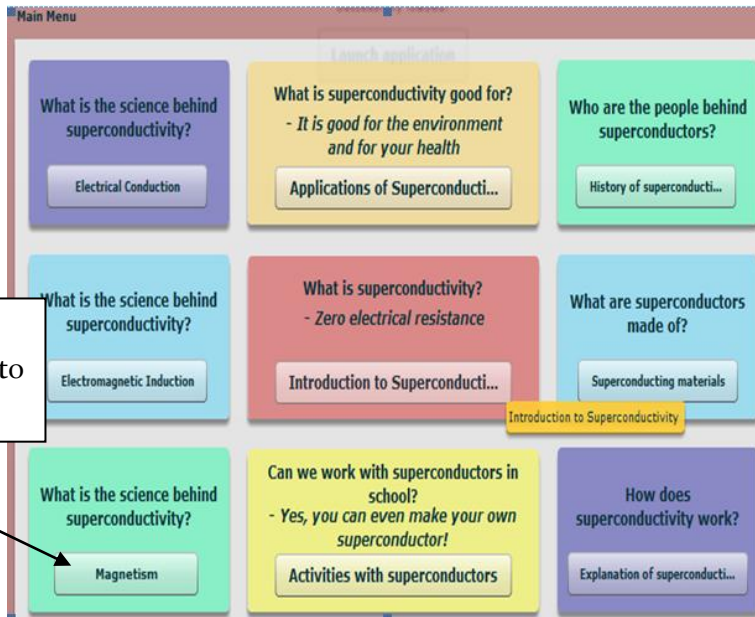
*Supercomet* es un multimedia interactivo que fue desarrollado por ocho grupos de cuatro países europeos para el enseñanza de la superconductividad y el electromagnetismo y que resulta particularmente útil, interesante y muy amigable como material de apoyo para estudiantes y profesores.

Se tiene disponible en <http://online.supercomet.no> en varios idiomas y solo requiere de multimedia Flash Player. Se decidió usar este multimedia, después de conocer los resultados obtenidos en experiencias docentes en la enseñanza de la física (Luisa Ma. Fernández y col., 2009), a través de trabajo colaborativo.

Cabe señalar que se ha realizado un estudio exhaustivo del multimedia *Supercomet* por investigadores europeos, para validar su utilidad en la enseñanza del electromagnetismo y la superconductividad.

También se ha utilizado *Supercomet* para entrenar a profesores de física (Martínez, F. y col, 2010), aprovechando los manuales de usuario para este multimedia, que existen en varios idiomas.

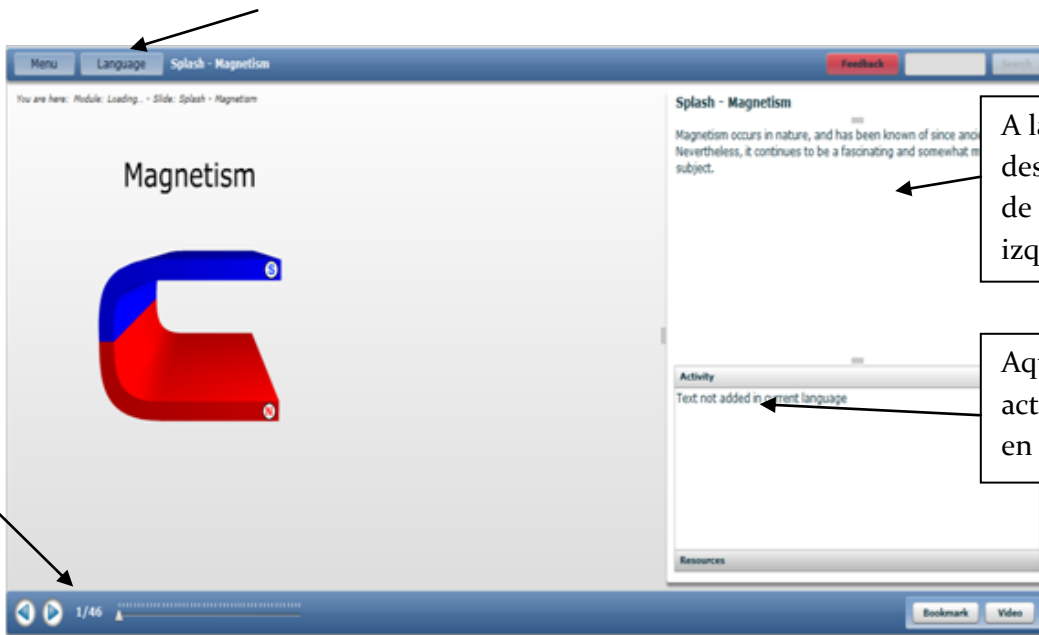
A continuación, se describen brevemente la interface del usuario de este multimedia. Al acceder a la liga [http:// online.supercomet.no/](http://online.supercomet.no/), se muestra el menú principal de *Supercomet*



Se usa esta opción del menú para la enseñanza del concepto de campo magnético

Figura D- 1 Menú del multimedia Supercomet

La primera pantalla del menú del tema de magnetismo permite elegir el idioma, haciendo click en la pestaña *Language*



A la derecha se despliega la explicación de la figura en el lado izquierdo.

Aquí se indica la actividad a realizar en la pantalla actual

Aquí se indica el número de pantalla actual

Se puede avanzar o retroceder pantallas, haciendo click en las flechas

Figura D- 2 Primera pantalla del tema de magnetismo en Supercomet

El multimedia, proporciona un número de animaciones que ilustran los conceptos básicos de magnetismo. Es muy amigable para el usuario, ya que tiene botones para ir interactuando y observando los cambios en experimentos simulados, que permiten comprender las características del campo magnético.

Debido a que el lugar donde se implementó esta propuesta, no dispone de internet en el aula, se procedió a capturar las pantallas de interés en una presentación Power Point.

Para lograr un efecto similar al proporcionado por el multimedia, se insertaron las pantallas necesarias, agregando los comentarios pertinentes, según fuera el caso.

Por ejemplo, si se desea ilustrar la ley de los polos, se usa la pantalla no. 20 del apartado de magnetismo de *Supercomet*, la cual inicialmente no muestra las líneas de campo magnético, pero haciendo la actividad indicada, se muestran las líneas de CM

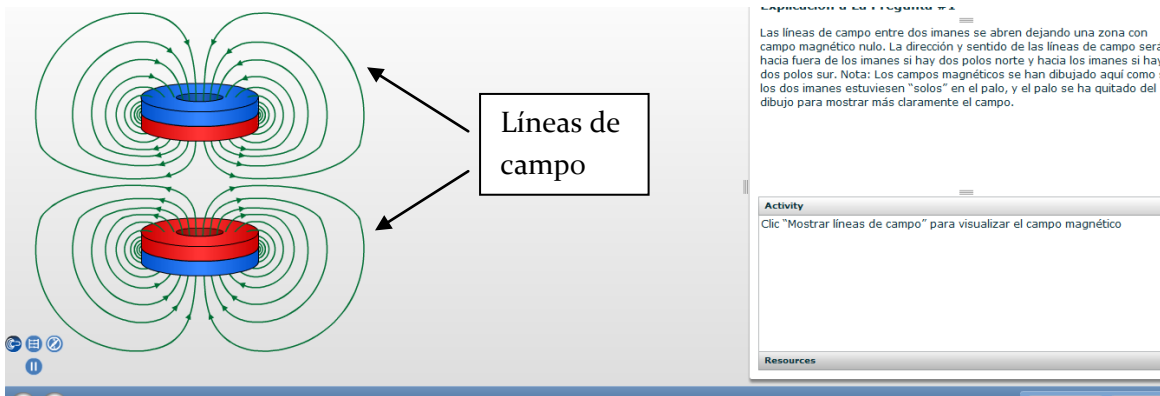


Botón que muestra las líneas de campo

En este caso, la **actividad** indica hacer click en el botón “mostrar las líneas de campo”

Figura D- 3 Pantalla 20 del multimedia Supercomet

Realizando la actividad indicada en la pantalla 20 (click en “mostrar líneas de campo”), se obtiene la pantalla con **líneas de campo**, que se muestra en la figura 3.4.

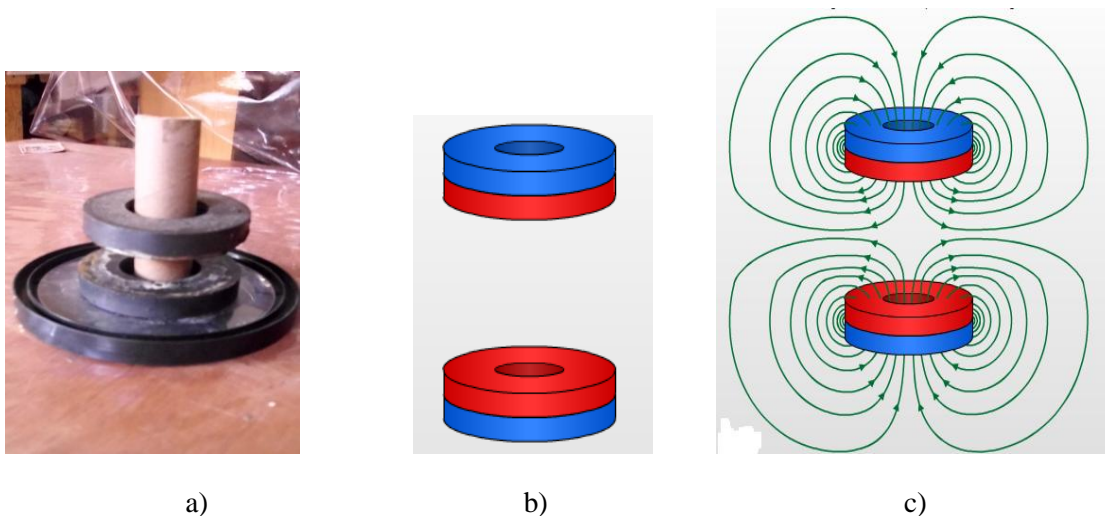


**Figura D- 4 Pantalla 20 de Supercomet mostrando las líneas de campo**

De esta manera, aunque no se disponía de internet para realizar la visualización interactiva de las pantallas, se simulaba dicha interacción, capturando la misma pantalla en dos momentos sucesivos.

Para usar este material en el aula, se requirió una Laptop y un cañón de diapositivas solamente.

A continuación se muestran algunas de las pantallas y se explica su utilización.



**Figura D- 5 Imanes con el mismo polo frente a frente**

La figura D-5 ilustra la ley de los polos magnéticos, en D-5 a) se muestra el experimento con dos imanes con sus polos del mismo signo frente a frente, y como puede verse al ser polos iguales, se rechazan.

La figura D-5b) muestra la simulación con *Supercomet* ocultando el tubo de soporte.

La figura D-5c) muestra la simulación con *Supercomet* mostrando las líneas de campo, se muestra el polo norte del imán en color rojo y el polo sur en color azul.

Usadas de esta forma las pantallas y habiendo realizado el experimento, los estudiantes además de haber visto los resultados y efectos del fenómeno físico, pueden visualizar las líneas de campo magnético en la simulación que muestra la pantalla no. 20 de *Supercomet*, capturada e incluida en la presentación Power Point.

Esta explicación con diapositivas les sirve de repaso, pues recuerdan la experiencia realizada en la sesión de laboratorio y ahora visualizan el efecto de una manera atractiva. Así aparte de terminar de comprender, reafirman el concepto involucrado.

Se da la dirección del sitio de *Supercomet* a los estudiantes para que puedan usarlo en su casa o en un cibercafé y puedan repasar de una manera atractiva e interactiva el tema. Esto permite que puedan terminar de comprender y repasar los conceptos vistos en la escuela.

La figura D-6 muestra la forma en que se determina la dirección del campo magnético.

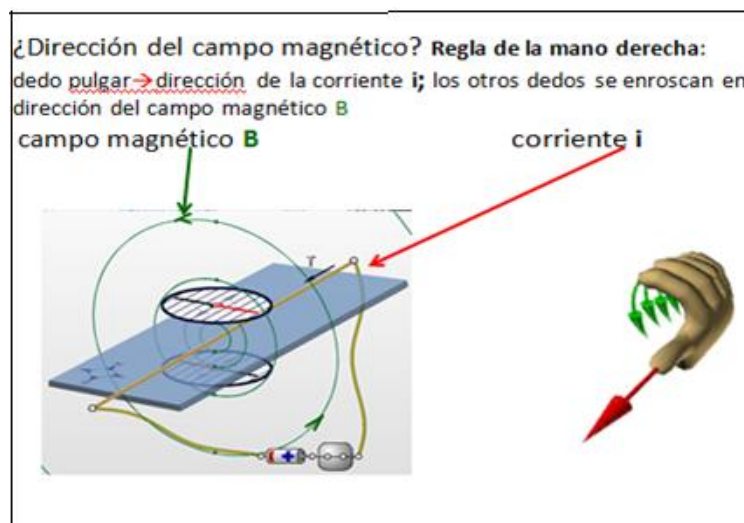


Figura D- 6 Regla de la mano derecha para la dirección del campo magnético

En la figura D-6 se usan dos pantallas de *Supercomet* (5 y10), además contiene comentarios explicativos pertinentes que aclaran la idea principal.

Otra parte del material para el aula, se elaboró totalmente por la autora de esta tesis. Tal es el caso de la explicación del dipolo magnético y que se muestra en la figura D-7.

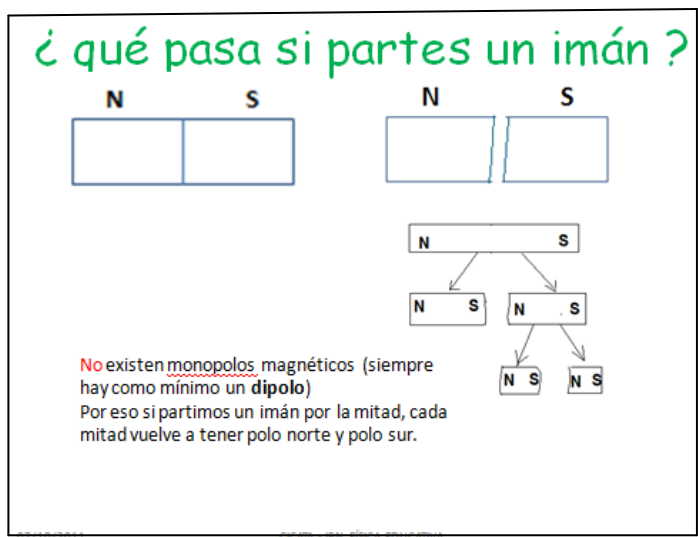


Figura D- 7 Explicación del dipolo magnético

Se usó una segunda diapositiva para terminar de explicar el dipolo magnético y se muestra en la siguiente figura.

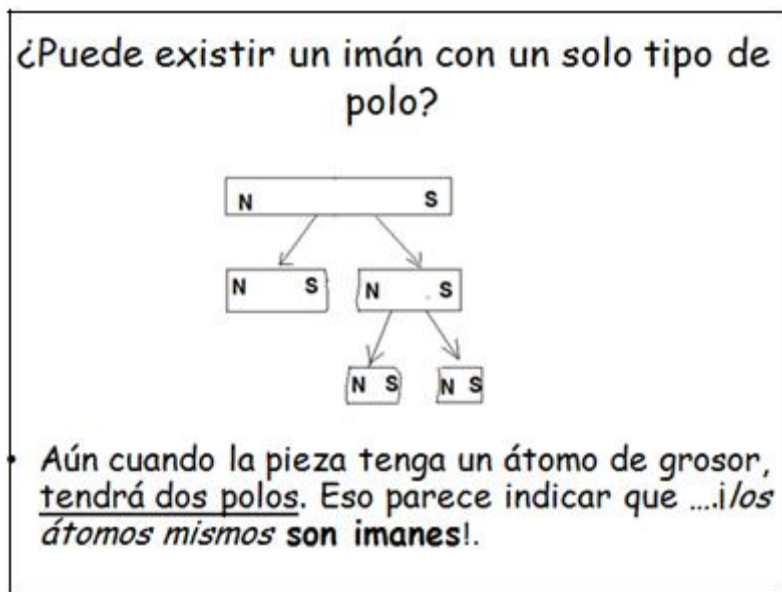
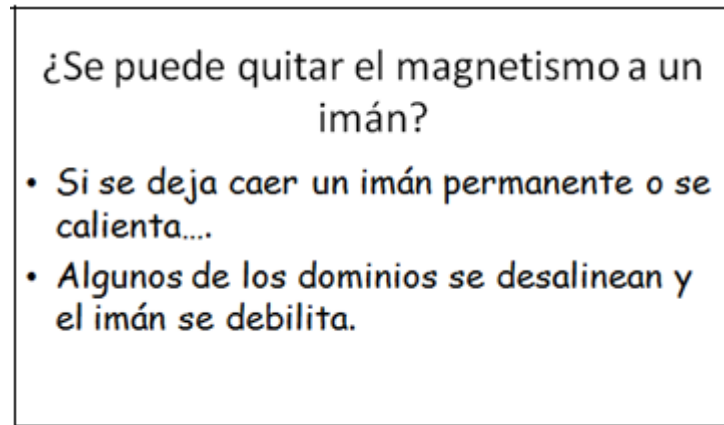


Figura D- 8 Dipolo magnético encontrado en las porciones de imanes



Una pregunta que hicieron los estudiantes acerca de si un imán puede perder su magnetismo, se explicó con la diapositiva siguiente y describiendo lo que son los dominios magnéticos



**Figura D- 9 Causas de pérdida de magnetismo en un imán**

De esta manera, se ha descrito la constitución general del material audiovisual de apoyo usado para el trabajo en el aula.

# Anexo E

## Tabla del estadístico *t* de Student

T- Test						
Grado de significación para test de dos colas						
df	.20	.10	.05	.02	.01	.001
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.941
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.859
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.405
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373
$\chi$	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291

# Anexo F

## Encuesta a estudiantes

- 1.- ¿Te gustó el método usado en el tema de magnetismo?, si/no ¿porqué?
  
- 2.- ¿Te ayudó a comprender el concepto de campo magnético?, si/no, ¿cómo?
  
- 3.- ¿Crees que realizar los experimentos, facilitó tu aprendizaje del tema?
  
- 4.- ¿Cuál experimento te gustó más?
  
- 5.- ¿Te pareció interesante y/o motivador este método de enseñanza?
  
- 6.- ¿Crees que ayudó a que los alumnos que no querían estudiar, se sintieran motivados a participar y aprender?
  
- 7.- ¿Te ayudó a comprender mejor el tema trabajando en equipo? Si/no, ¿cómo?
  
- 8.- ¿Te interesa seguir investigando sobre este tema y sus aplicaciones prácticas?
  
- 9.- ¿Te gustaría estudiar alguna carrera que tenga que ver con la física y las matemáticas?
  
- 10.- ¿qué carrera te gustaría estudiar? ¿Porqué y para qué?
  
- 11.- Por favor escribe un comentario personal acerca de lo visto en el tema de campo magnético.

¡MUCHAS GRACIAS POR TU PARTICIPACIÓN, TE DESEO MUCHO ÉXITO EN TUS PROYECTOS DE VIDA!