ATLANTIC INTERNATIONAL UNIVERSITY

METHODOLOGICAL STRATEGIES TO EMPOWER ELECTROMAGNETISM COMPREHENSION IN ENGINEERING PROGRAMS

TESIS DOCTORAL

Presentada por:
Hermes Fernando Ortiz Orjuela

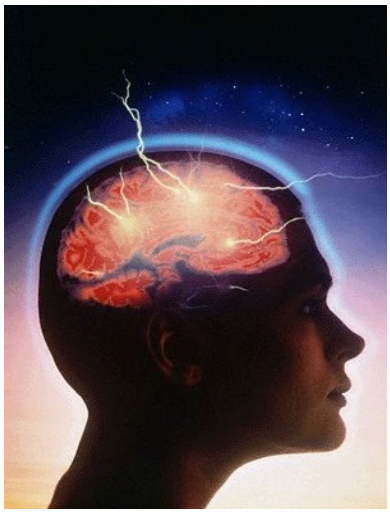
Dirigida por:
Franklin Valcín
Ángel Ranal

B0GOTÁ D.C. 2008

Hermes Fernando Ortiz Orjuela. hfortiz@ucatolica.edu.co

“METHODOLOGICAL STRATEGIES TO EMPOWER ELECTROMAGNETISM COMPREHENSION IN ENGINEERING PROGRAMS”

Hermes Fernando Ortiz Orjuela



Comprendiendo el Electromagnetismo.

Tesis Doctoral

“Propuesta para optar el grado de Doctor en Educación”

ATLANTIC INTERNATIONAL UNIVERSITY

Honolulu, Hawai
2008

Hermes Fernando Ortiz Orjuela. hfortiz@ucatolica.edu.co

La portada representa una imagen sencilla del cerebro humano que nos permite asociarlo con un fenómeno natural que ha requerido de siglos e ingentes esfuerzos de muchos científicos para descifrarlo.

Es responsabilidad del docente de hoy indagar sobre la mejor manera para que sus estudiantes lo comprendan realmente.

La imagen representa el desarrollo de esta investigación.

Hermes Fernando Ortiz Orjuela. hfortiz@ucatolica.edu.co

Agradecimientos...

Ante todo agradezco a Dios... que todo lo puede.

A Atlantic International University, por haberme dado la oportunidad de cumplir con una de las metas trascendentales en mi proyecto de vida, ser Doctor en Educación.

Al Departamento Académico de Atlantic International University y de manera especial a los Doctores Franklin Valcín y Ángel Ranal, asesores académicos.

A los estudiantes de los cursos de Electromagnetismo, del programa de Ingeniería de la Universidad Católica de Colombia, que estuvieron bajo mi orientación durante los semestres académicos, primero y segundo de 2007 y segundo de 2008. A todos ellos un agradecimiento muy especial.

A Isidro Urbina, excelente compañero y colega, por su gran colaboración en la aplicación y orientación de algunas de las estrategias metodológicas, propuestas en esta Tesis, en la Universidad Piloto de Colombia y por sus valiosos aportes extractados de las continuas charlas y reflexiones que sostuvimos .

A los estudiantes de Ingeniería, de la Universidad Piloto de Colombia, que tomaron el curso de Electromagnetismo durante el primer semestre de 2007, por su empeño e interés al llevar a cabo las actividades propuestas.

Dedicatoria:

A mi madre, María Concepción.
A la memoria de mi padre, Luis María.
A mis hijos:
Francisco Oswaldo
Christian David y
Hermes Fabián.

Hermes Fernando Ortiz Orjuela. hfortiz@ucatolica.edu.co

Para empezar…

Los motivos que originaron el tema de esta tesis han estado ligados a las continuas reflexiones y cuestionamientos que he venido realizado a lo largo de mi ejercicio pedagógico durante más de 20 años, a acerca del papel que debe jugar un maestro de Física en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la misma, en los niveles de educación media y superior (bachillerato y universitario).

La experiencia adquirida gracias a una práctica docente de 25 años en la educación media y de 20 años en la educación universitaria colombiana, ha sido determinante para haber podido llevar a cabo esta investigación que culmina con la tesis aquí propuesta, y que busca optar el título de Doctor en Educación.

Así, mi experiencia durante este tiempo, enseñando la Física en diferentes Instituciones Educativas de la ciudad de Bogotá como: El Liceo de Cervantes Norte, Universidad Católica de Colombia, Universidad Jorge Tadeo Lozano y Universidad De San Buenaventura, entre otras… me permite afirmar que si es posible que los estudiantes comprendan la Física y los docentes la enseñen, disfrutando mutuamente sus roles correspondientes. Claro está que esto sólo es posible en la medida en que el docente esté continuamente actualizándose e innovando sus estrategias metodológicas. La Tesis tiene que ver precisamente con la didáctica de la Física, particularmente con el Electromagnetismo orientado en los programas de Ingeniería y algunas estrategias metodológicas novedosas que buscan que los estudiantes lo comprendan significativamente, de forma más fácil y con agrado, mediante el uso de herramientas propias de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación.

Es una triste realidad que los índices de fracaso en los estudiantes colombianos que realizan algún curso de Física es bastante alto. ¿Por qué? Son muchas las posibles causas, que pueden ser el motivo de otras investigaciones. Así por ejemplo, en la educación superior existe un marcado

memorismo, los estudiantes pretenden ver en la Física una materia más de Matemáticas, son precarios los niveles de conceptualización, es relativamente poco lo que leen y es evidente que persiguen más un título que aprender. La aplicación de las estrategias metodológicas, aquí propuestas, son una alternativa que procura aportar a la solución de esta compleja problemática.

Pretendo que esta Tesis sirva a los docentes de Física en general, y de manera particular a aquellos que enseñan el Electromagnetismo en los diversos programas de Ingeniería, al encontrar en ella alternativas válidas para la enseñanza-aprendizaje, orientaciones para su implementación e información relevante y pertinente que incita a reflexionar sobre el papel que debe asumir el docente de Física en la época actual caracterizada por los rápidos y continuos cambios socioculturales.

Particularmente, me interesa compartir esta Tesis con tantos docentes de Física que disfrutan de su quehacer pedagógico, que no claudican en el noble empeño de que sus estudiantes aprendan y que siempre están dispuestos a afrontar profesionalmente los cambios que impone la sociedad, pues estos hacen que la acción pedagógica no sea la misma en los diferentes escenarios y con diferentes actores.

El tiempo dedicado a la Tesis, las largas lecturas, los escritos, la persistencia en el diseño de actividades didácticas, la elaboración de mapas y mapas, los numerosos borradores, y las continuas, y fructíferas, conversaciones y reflexiones con tantos colegas docentes de Física han hecho que evolucione y crezca profesionalmente para beneficio propio y de mis estudiantes.

Dedicada a todos los colegas docentes
De Física de cualquier lugar de la tierra,
A quienes invito a no claudicar en el noble
Empeño de facilitar a sus estudiantes la
Comprensión de esta hermosa Ciencia.

Hermes Fernando Ortiz Orjuela. hfortiz@ucatolica.edu.co

Tabla de contenidos

PRELIMINARES
Agradecimientos
Dedicatoria
Para empezar
INTRODUCCIÓN…… 21
CAPITULO I…… 28
1 FUNDAMENTOS DE DOS GRANDES TEORÍAS DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE…… 28
1.1 Elementos fundamentales de la Teoría Enseñanza-Aprendizaje para la Comprensión (EApC) …… 29
1.1.1 Hilos Conductores…… 30
1.1.2 Tópicos Generadores…… 32
1.1.3 Metas de Comprensión …… 35
1.1.4 Desempeños de Comprensión…… 37
1.1.4.1 Enseñar con Desempeños de Comprensión…… 39
1.1.4.2 Tres tipos de Desempeños de Comprensión…… 40
1.1.5 Valoración Continua …… 40
1.2 Fundamentos de la Teoría del Aprendizaje Significativo…… 42
1.2.1 Los organizadores anticipados …… 44
1.2.2 Tipos de Aprendizaje Significativo…… 44
1.2.3 Características del Aprendizaje Significativo…… 45
1.2.4 Responsabilidad del docente ante el Aprendizaje Significativo…… 46
1.2.5 El mapa conceptual…… 47
1.2.5.1 Estructura del mapa conceptual …… 47
1.2.5.2 Un antecedente significativo en la implementación de los mapas conceptuales en la educación universitaria…… 51
CAPITULO II…… 53
2 SOBRE LAS ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS Y LA COMPRENSIÓN DEL ELECTROMAGNETISMO…… 53
2.1 Comprensión del electromagnetismo…… 54
2.2 Desempeños de comprensión y competencias básicas…… 56
2.2.1 Competencias, niveles y desempeños de comprensión para un curso 58

de electromagnetismo de los programas de ingeniería……
2.3 Preguntas que obligan a esforzarse por comprender los diversos tópicos del electromagnetismo …… 62
2.4 El mapa conceptual y la comprensión del electromagnetismo…… 68
2.5 Las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTICs) en la Educación…… 70
2.5.1 Competencias de un docente universitario en el uso de las NTICs 72
2.6 Las NTICs y la comprensión del electromagnetismo…… 78
2.6.1 El Hipertexto…… 78
2.6.2 Elaboración de mapas conceptuales dinámicos…… 85
2.6.3 El ordenador en la enseñanza de la física…… 88
2.6.4 Prácticas virtuales interactivas…… 92
2.6.4.1 La Consulta Interactiva Guiada …… 94
2.6.4.2 El laboratorio virtual…… 96
2.6.4.3 El Taller Virtual…… 98
2.6.4.4 Las Prácticas Experimentales…….. 99
2.7 Las guías de estudio …… 116
2.8 El relato…… 132
CAPITULO III……..... 134
3 EL ELECTROMAGNETISMO EN MAPAS CONCEPTUALES DINAMICOS…… 134
3.1 El Cmap Tools y la construcción de mapas conceptuales dinámicos 135
3.2 Características de los mapas conceptuales dinámicos…… 138
3.3 Instructivo para la incorporación de fislets en los mapas conceptuales 141
3.4 Curso de Electromagnetismo en mapas conceptuales dinámicos…….. 161
3.4.1 Relación de fislets incorporados en los mapas conceptuales…… 161
3.4.2 Contenidos programáticos de un curso de Electromagnetismo … 163
3.4.3 Campos eléctricos…… 168
3.4.4 Potencial Eléctrico y Capacitancia…… 181
3.4.5 Circuitos de Corriente Directa…… 195
3.4.6 Campos magnéticos y fuentes de campos magnéticos…… 204
3.4.7 Ecuaciones de Maxwell…… 216

3.4.8 Circuitos de Corriente Alterna …… 231
3.4.9 Ondas electromagnéticas……. 243
3.5 Muestra de mapas conceptuales elaborados por los estudiantes…… 246
3.5.1 Mapa1. El experimento de Millikan …… 247
3.5.2 Mapa 2. Medidores eléctricos…… 250
3.5.3 Mapa 3: Fuentes de corriente alterna …… 251
3.6 Competencias, en el uso de las NTICs, involucradas en el diseño, elaboración e implementación de mapas conceptuales dinámicos…… 254
CAPITULO IV…… 257
4 LOS FISLETS EN EL ELECTROMAGNETISMO…… 257
4.1 Los fislets en la enseñanza de la Física……... 258
4.2 Exploración y selección de páginas Web con fislets insertados…… 261
4.3 Tres prácticas virtuales interactivas utilizando fislets …… 265
4.3.1 Laboratorio virtual…… 265
4.3.1.1 Estructura de la guía de laboratorio virtual para el estudiante 266
4.3.1.2 Un ejemplo de laboratorio virtual …… 268
4.3.1.3 Guía de laboratorio virtual para el estudiante…… 271
4.3.2 Taller virtual…… 275
4.3.2.1 Estructura de la guía de taller virtual para el estudiante…… 275
4.3.2.2 Un ejemplo de taller virtual …… 276
4.3.2.3 Guía de taller virtual para el estudiante…… 279
4.3.3 Consulta interactiva guiada …… 284
4.3.3.1 Estructura de la guía de consulta interactiva guiada para el estudiante ……..…… 284
4.3.3.2 Un ejemplo de consulta interactiva guiada…… 286
4.3.3.3 Guía de la consulta interactiva guiada para el estudiante … 288
4.3.4 Competencias básicas de un docente en el uso de las NTICs, involucradas en el diseño y aplicación de las tres prácticas virtuales interactivas propuestas …… 291
CAPITULO V…… 293
5 EL RELATO EN EL ELECTROMAGNETISMO…… 293
5.1 El relato y la comprensión del electromagnetismo…… 294
5.2 El relato y la memoria…… 296

5.3 El relato y los hemisferios del cerebro humano…… 302
5.4 Relatos escritos por el docente …… 305
5.4.1 Relato 1: ¡Levántate y anda! 305
5.4.2 Relato 2: Particular guerra en “Tierras de Nunca Jamás”…… 311
5.4.3 Relato 3: La lucha por Lufa Fem …… 317
5.5 Relatos escritos por los estudiantes …… 324
5.5.1 Relato 1: Fuente de alimentación continúa…… 324
5.5.2 Relato 2: La prueba atlética de la corriente eléctrica…… 327
5.5.3 Relato 3: El rayo …… 329
CAPITULO VI…… 333
6 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS …… 333
6.1 Introducción…… 334
6.2 Análisis de resultados …… 336
6.2.1 Grupos de la Universidad Católica de Colombia…… 336
6.2.1.1 Evaluación diagnóstica…… 336
6.2.1.2 Listados de estudiantes y calificaciones generales…… 341
6.2.2 Curso de Vacaciones de la Universidad Católica de Colombia…… 350
6.2.3 Grupo de estudiantes de la Universidad Piloto de Colombia…… 353
6.3 Comentarios del autor de la Tesis…… 356
CONCLUSIONES…… 362
ANEXOS…… 376
Anexo 1: Encuesta realizada a los estudiantes para evaluar las estrategias metodológicas implementadas en el curso de Electromagnetismo…… 377
Anexo 2: Gráficos que ilustran los resultados de la encuesta realizada a los estudiantes para evaluar las estrategias metodológicas implementadas en el curso de Electromagnetismo …… 380
BIBLIOGRAFÍA…… 389

Índice de tablas

Tabla 2.1 Estructura de la competencia Teórico-Explicativa, niveles y 59

desempeños de comprensión para un curso de Electromagnetismo de los programas de Ingeniería…….
Tabla 2.2 Estructura de la competencia Procedimental y Metodológica, niveles y desempeños de comprensión para un curso de Electromagnetismo de los programas de Ingeniería…… 60
Tabla 2.3 Competencias básicas……. 61
Tabla 2.4 Competencias de un docente universitario en el uso de las NTICs…… 78
Tabla 3.1 Fislets incorporados en los mapas conceptuales dinámicos…. 163
Tabla 3.2 Constantes dieléctricas para diferentes sustancias……. 189
Tabla 5.1 Asociación entre la resistencia eléctrica de un conductor y el Relato “Levántate y Anda”. 310
Tabla 6.1 Listado de estudiantes del curso 416. Primer semestre de 2007. UCC…… 341
Tabla 6.2 Listado de estudiantes del curso 267. Segundo semestre de 2007. UCC…… 342
Tabla 6.3 Listado de estudiantes del curso 268. Segundo semestre de 2007. UCC…… 343
Tabla 6.4 Listado de estudiantes del curso 743. Primer semestre de 2008. UCC…… 344
Tabla 6.5 Promedios generales de los cursos de Electromagnetismo de la UCC…….. 345
Tabla 6.6 Porcentajes de aprobación de los cursos de Electromagnetismo de la UCC……. 347
Tabla 6.7 Comparativo de las notas de la evaluación diagnóstica y las notas definitivas de los estudiantes……. 348
Tabla 6.8 Listado de estudiantes del curso, de vacaciones, de Electromagnetismo. 2007 UCC…… 351
Tabla 6.9 Listado de estudiantes del curso de Electromagnetismo. IS - 2007 UPC……. 354

Índice de figuras

Figura 1.1 Mapa conceptual sobre los elementos de la Teoría Enseñanza 30

Aprendizaje para la Comprensión……..
Figura 1.2 Mapa conceptual sobre Los Hilos Conductores…… 31
Figura 1.3 Mapa conceptual sobre Los Tópicos Generadores…….. 33
Figura 1.4 Mapa conceptual sobre Las Metas de Comprensión……... 35
Figura 1.5 Mapa conceptual sobre Los Desempeños de Comprensión..... 37
Figura 1.6 Mapa conceptual sobre La Valoración Continua…….. 41
Figura 1.7 Mapa conceptual sobre la Teoría del Aprendizaje Significativo. 43
Figura 1.8 Mapa conceptual sobre la estructura del mapa conceptual…… 48
Figura 1.9 Mapa conceptual sobre el mapa conceptual según Joseph D. Novak…… 49
Figura 2.1 Mapa conceptual sobre la comprensión del Electromagnetismo. 54
Figura 2.2 Mapa conceptual sobre las competencias de un docente universitario en el uso de las NTICs……..... 74
Figura 2.3 Mapa conceptual sobre El Hipertexto……. 79
Figura 2.4 Mapa conceptual sobre las características del Hipertexto…… 80
Figura 2.5 Mapa conceptual sobre el Mapa Conceptual Dinámico……..... 86
Figura 2.6 Mapa conceptual sobre el ordenador en la enseñanza de la Física……. 88
Figura 2.7 Mapa conceptual sobre prácticas virtuales en electromagnetismo…….. 93
Figura 2.8 Equipo y materiales utilizados en la práctica de laboratorio sobre *ondas estacionarias*……. 101
Figura 2.9 Equipo y materiales utilizados en la práctica de laboratorio sobre *oscilador armónico forzado*……. 102
Figura 2.10 Equipo y materiales utilizados en la práctica de laboratorio sobre la *Ley de Ohm*…….. 102
Figura 2.11 Equipo y materiales utilizados en la práctica de laboratorio sobre las *Bobonas de Helmotz*……. 103
Figura 2.12 Equipo y materiales utilizados en la práctica de laboratorio sobre *circuitos RC*……. 103
Figura 3.1 Mapa conceptual sobre el Mapa Conceptual Dinámico……. 135
Figura 3.2 Mapa conceptual sobre la organización de los mapas conceptuales de un curso de Electromagnetismo…….. 161

Figura 3.3 Mapa conceptual sobre el currículo de Física de los programas de Ingeniería de la UCC……. 164
Figura 3.4 Mapa conceptual sobre el programa del curso de Electromagnetismo para las ingenierías la UCC…… 165
Figura 3.5 Mapa conceptual sobre el estudio de la Electrostática y la Electrodinámica…… 166
Figura 3.6 Mapa conceptual sobre los fenómenos electromagnéticos…….. 167
Figura 3.7 Mapa conceptual sobre el estudio de las ondas electromagnéticas…… 167
Figura 3.8 Mapa conceptual sobre el fenómeno de la Electrización……. 168
Figura 3.9 Imagen sobre el proceso de carga por inducción…… 168
Figura 3.10 Imagen sobre ionización…… 169
Figura 3.11 Imagen sobre el efecto fotoeléctrico…… 169
Figura 3.12 Fislet, carga inducida en un conductor esférico…… 170
Figura 3.13 Fislet, conductor esférico en un campo eléctrico uniforme……. 171
Figura 3.14 Mapa conceptual sobre la carga eléctrica…….. 172
Figura 3.15 Imagen sobre la fuerza electrostática……. 173
Figura 3.16 Fislet, modelo atómico de Bohr……. 173
Figura 3.17 Fislet, modelo atómico de Kelvin-Thomson……... 174
Figura 3.18 Fislet, medición de la relación carga/masa…… 175
Figura 3.19 Fislet, medición de la unidad fundamental de carga. El experimento de Millikan…….. 176
Figura 3.20 Fislet, fuerza entre dos esferas conductoras……. 177
Figura 3.21 Fislet, la ley de Coulomb……... 177
Figura 3.22 Mapa conceptual sobre el cálculo del campo eléctrico…… 178
Figura 3.23 Imagen, líneas de campo eléctrico para cargas puntuales……. 179
Figura 3.24 Imagen, campo eléctrico debido a un sistema de dos cargas puntuales…….. 179
Figura 3.25 Imagen, campo eléctrico debido a una línea de carga……. 179
Figura 3.26 Imagen, campo eléctrico debido a un disco cargado……... 180
Figura 3.27 Fislet. Cálculo del campo eléctrico producido por un anillo cargado…….. 180
Figura 3.28 Fislet. Cálculo del campo eléctrico producido por una línea de 181

carga……
Figura 3.29 Mapa conceptual sobre el potencial eléctrico……. 182
Figura 3.30 Imagen, energía potencial eléctrica en un sistema de dos cargas puntuales……... 182
Figura 3.31 Imagen, trabajo y potencial eléctrico…… 183
Figura 3.32 Imagen, potencial eléctrico debido a cargas puntuales…… 183
Figura 3.33 Imagen, superficies equipotenciales…… 184
Figura 3.34 Imagen, líneas de campo eléctrico para cargas puntuales…….. 184
Figura 3.35 Fislet, equipotenciales y campo eléctrico para cargas puntuales…… 185
Figura 3.36 Fislet, separador de semillas……. 185
Figura 3.37 Fislet, generador de Van de Graaff…….. 186
Figura 3.38 Mapa conceptual sobre la capacitancia……... 187
Figura 3.39 Imagen, condensador de placas planas paralelas……. 188
Figura 3.40 Imagen, condensador cilíndrico…… 188
Figura 3.41 Imagen, condensador esférico……. 188
Figura 3.42 Fislet, condensador plano-paralelo. Balanza……. 189
Figura 3.43 Fislet, descarga de un condensador a través de un péndulo…. 190
Figura 3.44 Fislet, el osciloscopio…….. 191
Figura 3.45 Fislet, condensador cilíndrico. Balanza…… 192
Figura 3.46 Fislet, energía en un condensador con dieléctrico……. 192
Figura 3.47 Mapa conceptual sobre los circuitos C…… 193
Figura 3.48 Capacitores en serie……... 194
Figura 3.49 Capacitores en paralelo……. 194
Figura 3.50 Capacitores en conexiones mixtas. Circuito equivalente…… 194
Figura 3.51 Mapa conceptual sobre los circuitos de corriente continua…… 195
Figura 3.52 Imagen, circuito eléctrico. Ley de Ohm…….. 195
Figura 3.53 Imagen, ecuaciones. Ley de Ohm…… 196
Figura 3.54 Ley de Ohm. Gráfico……... 196
Figura 3.55 Leyes de Kirchhoff. Circuito- mallas y nodos…….. 196
Figura 3.56 Leyes de Kirchhoff. Convenciones……... 197
Figura 3.57 Resistores. Conexiones mixtas……. 197
Figura 3.58 Resistores. Circuito equivalente…… 197

Figura 3.59 Mapa conceptual sobre los circuitos RC……. 198
Figura 3.60 Circuito RC……. 198
Figura 3.61 Carga de un capacitor……. 199
Figura 3.62 Descarga de un capacitor…….. 199
Figura 3.63 Curvas de carga de un capacitor…….. 199
Figura 3.64 Curvas de descarga de un capacitor……. 200
Figura 3.65 Fislet, circuito de dos condensadores y una resistencia…….. 200
Figura 3.66 Fislet, medición de la velocidad de una bala…….. 201
Figura 3.67 Fislet, carga de un condensador……... 202
Figura 3.68 Fislet, descarga de un condensador…… 203
Figura 3.69 Fislet, gráficos V v_s t para la carga y descarga de un condensador…….. 203
Figura 3.70 Mapa conceptual sobre los fenómenos electromagnéticos……. 204
Figura 3.71 Fislet, medición del campo magnético……. 205
Figura 3.72 Fislets, el ciclotrón……... 206
Figura 3.73 Fislet, movimiento de cargas en campos eléctricos y magnéticos……. 207
Figura 3.74 Fislet, el espectrómetro de masas…… 208
Figura 3.75 Mapa conceptual sobre las fuentes de los campos magnéticos. 209
Figura 3.76 Imagen, imán permanente……. 210
Figura 3.77 Imagen, fuerza magnética…….. 210
Figura 3.78 Imagen, fuerza magnética sobre una corriente…….. 210
Figura 3.79 Imagen, fuerza entre conductores paralelos……... 211
Figura 3.80 Imagen, campo magnético producido por una corriente eléctrica…….. 211
Figura 3.81 Imagen, momento de torsión sobre una espira de corriente….. 211
Figura 3.82 Imagen, campo magnético de un solenoide…….. 212
Figura 3.83 Fislet, fuerza magnética sobre una varilla conductora……. 212
Figura 3.84 Fislet, cálculo del campo magnético en el centro de una espira de corriente…… 213
Figura 3.85 Fislet, momento de torsión sobre una espira de corriente…….. 214
Figura 3.86 Mapa conceptual sobre la ley de Biot-Savart……. 215
Figura 3-87 Imagen, ley de Biot-Savart……. 215

Figura 3.88 Mapa conceptual sobre las ecuaciones de Maxwell…….. 216
Figura 3.89 Imagen, onda electromagnética…… 217
Figura 3.90 Mapa conceptual sobre la ley de Gauss de los campos eléctricos…… 217
Figura 3.91 Imagen, superficie gausiana prismática rectangular……. 218
Figura 3.92 Imagen, ley de Gauus. Carga puntual……. 218
Figura 3.93 Imagen, ley de Gauus. Carga lineal……. 218
Figura 3.94 Imagen, ley de Gauus. Carga superficial plana……. 219
Figura 3.95 Imagen, ley de Gauus. Esfera con carga uniforme…….. 219
Figura 3.96 Mapa conceptual sobre la ley de Gauus de los campos magnéticos……. 219
Figura 3.97 Imagen, inexistencia de monopolos magnéticos…… 220
Figura 3.98 Imagen, líneas de campo magnético……. 220
Figura 3.99 Imagen, ley de Ampere…….. 221
Figura 3.100 Mapa conceptual sobre la ley de Ampere……. 221
Figura 3.101 Fislet, ley de Ampere. Campo magnético producido por una corriente rectilínea……. 222
Figura 3.102 Fislet, ley de Ampere. Campo magnético producido por un solenoide……. 222
Figura 3.103 Mapa conceptual sobre la Ley de Faraday……... 223
Figura 3.104 Imagen, Ley de Faraday…….. 224
Figura 3.105 Imagen, flujo magnético……. 224
Figura 3.106 Imagen, Ley de Lenz……. 224
Figura 3.107 Fislet, Espira de corriente en un campo magnético variable…. 225
Figura 3.108 Fislet, comprobación de la Ley de Inducción de Faraday. Gráficos…… 226
Figura 3.109 Fislet, la cubeta de Faraday……. 227
Figura 3.110 Mapa conceptual sobre aplicaciones de las leyes de Faraday y de Lenz……. 228
Figura 3.111 Fislet, El Betatrón. Acelerador de partículas……. 228
Figura 3.112 Fislet, caída de una varilla conductora en un campo magnético…… 229
Figura 3.113 Fislet, varilla conductora en movimiento en un campo 230

magnético……
Figura 3.114 Mapa conceptual sobre la inductancia…… 231
Figura 3.115 Imagen, auto inductancia……. 232
Figura 3.116 Imagen, inductancia mutua…….. 232
Figura 3.117 Fislet, medición de la autoinducción de un anillo…… 233
Figura 3.118 Mapa conceptual sobre los circuitos con inductores…… 234
Figura 3.119 Circuito RL, decaimiento de la corriente…… 234
Figura 3.120 Circuito LC…….. 235
Figura 3.121 Circuito LRC en serie…… 235
Figura 3.122 Fislet, elementos de un circuito de CA…….. 235
Figura 3.123 Mapa conceptual sobre los circuitos LR…… 236
Figura 3.124 Circuito LR. Decaimiento de la corriente……. 237
Figura3.125 Fislet, circuito LR. Osciloscopio…… 237
Figura 3.126 Mapa conceptual sobre los circuitos LC……. 238
Figura 3.127 Circuito LC……... 238
Figura 3.128 Imagen, circuito LC. Oscilación de la corriente y la carga…….. 239
Figura 3.129 Mapa conceptual sobre los circuitos LRC……. 239
Figura 3.130 Circuito LRC en serie…… 240
Figura 3.131 Circuito LRC. Descarga……. 240
Figura 3.132 Fislet, circuito LRC conectado a una batería……. 240
Figura 3.133 Circuito LRC en dos instantes…….. 241
Figura 3.134 Fislet, circuito LRC en serie. Gráficos……. 242
Figura 3.135 Mapa conceptual sobre el estudio de las ondas electromagnéticas…….. 243
Figura 3.136 Mapa conceptual sobre las ondas electromagnéticas……. 244
Figura 3.137 Onda electromagnética……. 244
Figura 3.138 Imagen, espectro electromagnético…… 245
Figura 3.139 Onda electromagnética, transporte de energía……. 245
Figura 3.140 Fislet, medición de la velocidad de la luz……... 245
Figura 3.141 Mapa conceptual sobre el Experimento de Millikan……. 247
Figura 3.142 Experimento de Millikan. Equipo……. 248
Figura 3.143 Experimento de Millikan…… 248
Figura 3.144 Experimento de Millikan. Diagrama de fuerzas…… 249

Figura 3.145 Fislet. Experimento de Millikan…… 249
Figura 3.146 Mapa conceptual sobre los Medidores Eléctricos……. 250
Figura 3.147 Imagen de un medidor eléctrico…….. 251
Figura 3.148 Mapa conceptual sobre los circuitos de corriente alterna…….. 252
Figura 3.149 Imágenes. Medidores eléctricos…….. 253
Figura 3.150 Resistencias eléctricas…….. 253
Figura 3.151 Gráfico, corriente alterna…….. 253
Figura 4.1 Mapa conceptual sobre actividades virtuales usando fislets……. 265
Figura 4.2 Mapa sobre el laboratorio virtual usando fislets…… 266
Figura 4.3 Balanza de Kelvin…….. 268
Figura 4.4 Balanza de Kelvin desequilibrada…… 269
Figura 4.5 Balanza de Kelvin equilibrada…….. 269
Figura 4.6 Diferencia de potencial entre las placas de un condensador con la balanza de Kelvin…….. 270
Figura 4.7 Mapa conceptual sobre el taller virtual usando fislets……. 275
Figura 4.8 Fislet para el estudio de partículas cargadas, en movimiento, dentro de campos eléctricos y magnéticos…… 277
Figura 4.9 Desviación nula de una partícula cargada, en movimiento, en una región de campos eléctrico y magnético cruzados…….. 278
Figura 4.10 Desviación de una partícula cargada, en movimiento, en una región donde existe un de campo eléctrico……... 278
Figura 4.11 Desviación de una partícula cargada, en movimiento, en una región donde existe un de campo magnético…… 279
Figura 4.12 Mapa conceptual sobre la consulta interactiva usando fislets…. 284
Figura 4.13 Fislet para estudiar cualitativamente la interacción entre cargas eléctricas puntuales opuestas……. 286
Figura 4.14 Fislet para estudiar cualitativamente la fuerza que experimenta un electrón debido a un sistema de dos cargas puntuales de signos opuestos……. 287
Figura 4.15 Algunos electrones en la vecindad de un sistema de dos cargas puntuales de signos opuestos……. 287
Figura 4.16 Muchos electrones en la vecindad de un sistema de dos cargas puntuales de signos opuestos……. 287

Figura 4.17 Campo de fuerza debido a un sistema de dos cargas puntuales de signos opuestos…… 288
Figura 5.1 Mapa conceptual sobre la estructura del relato según William Labov…… 294
Figura 5.2 Mapa conceptual sobre el relato y el electromagnetismo…… 295
Figura 5.3 Mapa conceptual sobre la memoria humana……. 297
Figura 5.4 Mapa conceptual sobre la memoria a corto plazo…… 297
Figura 5.5 Mapa conceptual sobre la memoria a largo plazo……. 298
Figura 5.6 Mapa conceptual sobre el relato y el cerebro humano……. 302
Figura 5.7 a: Portadores de carga abriéndose paso, atravesando un conductor. b: Competidores abriéndose paso, atravesando la pista…… 305
Figura 5.8 La corriente eléctrica. a) corriente directa (continua). b) corriente alterna…….. 311
Figura 5.9 a) Villa Fem. b) Circuito RC…….. 317
Figura 5.10 Carga de un capacitor. a) Inmediatamente antes de cerrar el interruptor. b) Cuando se cierra el interruptor……... 321
Figura 5.11 La corriente i y la carga q del capacitor en función del tiempo en el circuito RC…….. 323
Figura 5.12 UPS, fuente de alimentación continua…….. 324
Figura 5.13 a) competencia atlética. b) corriente eléctrica……. 327
Figura 6.1 Gráfica. Comparativo, nota de la evaluación diagnóstica y nota definitiva. Estudiantes UCC……. 348
Figura 6.2 Gráfica, notas definitivas de los grupos. Estudiantes UCC……. 349
Figura 6.3 Gráfico, resultados estrategias. Curso de vacaciones 2007 UCC. 352
Figura 6.4 Gráfico, resultados estrategias. Curso de Electromagnetismo IS 2007 UPC…… 354
Figura A2-1_26. Gráficos sobre los resultados de la encuesta realizada a los estudiantes…… 380

INTRODUCCION

Erradicar la baja calidad de la educación constituye uno de los desafíos más importantes de la nueva etapa de desarrollo educativo para el nuevo milenio en Latino América y particularmente en Colombia.

La descentralización de la gestión educativa, la profundidad y velocidad de los cambios mundiales actuales y los grandes avances tecnológicos, son hechos concretos que indiscutiblemente traen consigo consecuencias para la educación. Se impone la necesidad de desempeñar un papel más protagónico en la modernización de los estilos de gestión educativa y dominar los nuevos conocimientos y competencias de base para las profundas transformaciones de los procesos de enseñanza aprendizaje. Introducirse y mantenerse en la competitividad mundial en el sector educativo significa garantizar el desarrollo pleno del potencial humano; y este desarrollo va de forma paralela, fundamentalmente, a la satisfacción de las nuevas necesidades de aprendizaje y al fortalecimiento de la profesionalización del educador y la acción educativa. Esto se logra a través de la investigación.

Es así que el ejercicio pedagógico no puede ser rutinario, deber ser dinámico, cambiante, actualizado e innovador. La responsabilidad de los docentes frente al desarrollo de las naciones es muy grande y todo el que esté implicado en esta empresa debe asumirla; por esta razón es necesario que los docentes estén en continua preparación. Este trabajo de Tesis es una muestra particular del ejercicio de dicha responsabilidad. La Dra. Mesa (2001)[1] dijo, “la práctica docente de nuestros días está sometida a la necesidad de un constante perfeccionamiento, que requiere de la actuación autónoma y creadora de los maestros en la búsqueda de soluciones a los disímiles problemas que tienen lugar en el contexto escolar”.

Para la mayoría de los investigadores en educación, no existe una diferencia esencial entre: investigación educativa, investigación en educación e investigación sobre educación. La investigación en educación, se refiere a todo

[1] Mesa, Nancy. (2001). La investigación curricular: una vía para el perfeccionamiento profesional. Instituto Superior Pedagógico de Villa Clara. Cuba.

estudio investigativo relacionado con educación, sea investigación educativa o investigación sobre educación. Es de carácter genérico, mientras que las otras dos son específicas.

La investigación educativa se refiere generalmente a la centrada en lo pedagógico, ya sea que tenga que ver con estudios históricos sobre pedagogía, o la definición de su espacio intelectual, o con la investigación aplicada a objetos pedagógicos en busca del mejoramiento de la educación, por ejemplo, la indagación sobre currículo, los métodos de enseñanza y otros factores inherentes al acto educativo. Se realiza al interior del proceso educativo, sobre tópicos que tienen que ver con lo pedagógico (pedagogía y didáctica), lo sociológico (sociología de la enseñanza) o lo sicológico (sicología educativa). A esta corresponden los estudios evolutivos sobre la práctica pedagógica y estudios comparativos sobre la efectividad de la enseñanza: currículo, evaluación del aprendizaje, estilos de enseñanza, motivación hacia los saberes; en fin, objetos inherentes a la pedagogía indagados con intencionalidad pedagógica, bien sea de conocimiento o de mejoramiento.

La investigación sobre educación se ocupa de aquellos procesos relacionados con la educación como fenómeno social. Se refiere más a estudios científicos explicativos o comprensivos de fenómenos relacionados con la educación y que son abordados por otras ciencias y disciplinas como la filosofía, la antropología, la economía, la administración, la sociología y la sicología, desde una mirada no pedagógica. Estas disciplinas y ciencias aportan conceptos, teorías e instrumentos que apoyan el análisis de problemas de la educación y ofrecen marcos conceptuales a la investigación en educación.

La Tesis, *Estrategias Metodológicas para Potenciar la Comprensión del Electromagnetismo en los programas de Ingeniería,* está enmarcada dentro de la *Investigación Educativa* y tiene que ver particularmente con tópicos de pedagogía y didáctica que buscan contribuir con el mejoramiento de los procesos de enseñanza aprendizaje del Electromagnetismo a través de estrategias metodológicas cuya aplicación favorece la comprensión por parte de los estudiantes de Ingeniería e incluso del bachillerato. Tiene que ver con la pedagogía experimental centrada en el *campo de la enseñanza de las ciencias naturales* a través del desarrollo (diseño, construcción y validación) de

estrategias de enseñanza aprendizaje apoyadas en la aplicación de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTICs).
De otra parte, la Tesis es un sustento de aplicaciones de dos grandes teorías de enseñanza y aprendizaje a la generación de estrategias y métodos de enseñanza aprendizaje. Estas teorías son La *Teoría del Aprendizaje Significativo*[2] y la *Teoría de la Enseñanza para la Comprensión*[3]. El método utilizado en la investigación es el método de Investigación-Acción a partir de la compresión previa de dichas teorías.

El aporte novedoso de esta Tesis Doctoral a la educación, tiene que ver concretamente con el diseño, aplicación y evaluación de tres estrategias metodológicas que potencian la comprensión de la Física en general y específicamente del Electromagnetismo impartido a los estudiantes de los diferentes programas de Ingeniería. Estas estrategias son: La elaboración de relatos escritos, el diseño y construcción de mapas conceptuales dinámicos y la implementación de actividades virtuales.

En cuanto a la elaboración de relatos, se pretende relacionar el conocimiento común, sobre lo cotidiano de la vida tanto del docente como del estudiante, con el conocimiento científico favoreciendo así la memoria de largo plazo y algo más importante aún…el ejercicio del hemisferio derecho del cerebro, imprescindible para la comprensión de la Física. La propuesta es, entonces, que los relatos sean escritos por docentes y estudiantes. Por los docentes con una intencionalidad inédita como introducción a las diversas temáticas, y por los estudiantes como un desempeño de comprensión.

El diseño y construcción de mapas conceptuales dinámicos por el docente, le permiten una adecuada organización de sus materiales de enseñanza, presentar a sus estudiantes los contenidos programáticos de una manera diferente y bien estructurada, y en general exposiciones llamativas e interesantes para los estudiantes, algo que los motiva, dada la interactividad. Los mapas conceptuales dinámicos elaborados por los estudiantes, además de

[2] Teoría de David Ausubel.
[3] Teoría que hace parte del Proyecto Zero de Harvard de Howard Gardner, David Perkins y Vito Perrone.

ser un desempeño de comprensión, desarrolla en ellos diversas competencias informáticas, pues su diseño y construcción implican el uso de las NTICs, además desarrollan habilidades para sintetizar y organizar tanto lo aprendido como sus objetos de estudio.

Otro aporte significativo de este trabajo de investigación lo constituye la implementación de actividades virtuales para los estudiantes, con sus respectivas guías de trabajo, bajo un sustento científico-pedagógico, a través del marco general de la Teoría de la Enseñanza para la Comprensión. Son tres las actividades virtuales propuestas, a saber: Consulta Interactiva Guiada, Taller Virtual y Laboratorio Virtual. Estas actividades son del mayor agrado de los estudiantes y favorecen tanto el aprendizaje autónomo como el aprendizaje cooperativo.

Las actividades virtuales y la elaboración de mapas conceptuales, según la propuesta de esta Tesis, son estrategias impensables sin el uso de las NTICs. Es así que las NTICs juegan un papel relevante, en toda la extensión del trabajo, para promover la comprensión del Electromagnetismo. Aspecto manifiesto en:

- El uso del constante del correo electrónico, facilitando la comunicación entre el docente y sus estudiantes.
- La utilización del software Cmap Tools, programa informático en lenguaje Java, para la elaboración de los mapas conceptuales dinámicos.
- El adecuado uso de la Internet y sus innumerables aplicaciones a la Educación.
- La incorporación de fislets en los mapas conceptuales dinámicos y en las actividades virtuales diseñadas para los estudiantes.
- La investigación, selección y valoración de páginas Web que contienen fislets apropiados para las estrategias metodológicas propuestas.
- La elaboración de Hipertextos y la Navegación Hipertextual.

- El desarrollo de competencias básicas en el uso de las NTICs, en los estudiantes.
- El desarrollo de competencias (unas básicas, otras deseables y algunas avanzadas) de un docente universitario en el uso de las NTICs. Aspecto trascendental para el docente que piense incorporar las NTICs en su quehacer pedagógico.
- La utilización de materiales y equipos especializados para las prácticas experimentales en Electromagnetismo, como osciladores, sensores de fuerza, sensores de campo magnético y sensores de movimiento, entre otros.
- El uso del ordenador con software especializado para las prácticas experimentales en Electromagnetismo.

La Tesis está compuesta de cinco capítulos, un análisis de los resultados de la aplicación de las estrategias metodológicas, conclusiones y anexos.

En el primer capítulo, **"**Fundamentos de dos grandes Teorías de Enseñanza Aprendizaje", se exponen los elementos fundamentales de las teorías: Enseñanza para la Comprensión y Aprendizaje Significativo.
En el caso de la teoría de la Enseñanza para la Comprensión, se hace claridad a cerca de los elementos: Hilos Conductores, Tópicos Generadores, Metas de Comprensión, Desempeños de Comprensión y Valoración Continua. Los últimos cuatro elementos, son elementos de planeación e instrucción estrechamente relacionados con cuatro preguntas centrales acerca de la enseñanza y que David Perkins ha denominado los "cuatro pilares de la pedagogía", a saber: ¿Qué debemos enseñar?, ¿Qué vale la pena comprender?, ¿Cómo debemos enseñar para comprender? y ¿Cómo pueden saber estudiantes y maestros lo que comprenden los estudiantes y cómo pueden desarrollar una comprensión más profunda?
En el caso de la teoría del Aprendizaje Significativo, se consideran los diferentes tipos y características de Aprendizaje Significativo, los organizadores anticipados, la responsabilidad del docente ante el Aprendizaje Significativo, la importancia del mapa conceptual y su estructura. Se expone también un

antecedente significativo en la implementación de los mapas conceptuales en la educación universitaria.

El segundo capítulo, está dedicado a las estrategias metodológicas para la comprensión del Electromagnetismo. En él se reflexiona sobre la verdadera comprensión y se proponen las competencias, niveles y desempeños de comprensión para un curso de Electromagnetismo de los programas de Ingeniería. Se exponen las competencias de un docente universitario en el uso de las NTICs y se proponen diversas estrategias metodológicas mediante la incorporación de las mismas. De igual manera se muestra la aplicación de guías de estudio y de prácticas experimentales como estrategias que contribuyen con la comprensión del Electromagnetismo, procurando un aprendizaje significativo y con más sentido para el estudiante.

Los últimos tres capítulos tienen que ver, directamente, con la aplicación de las tres estrategias metodológicas centrales de esta investigación; un capítulo para cada una de ellas: “El Electromagnetismo en mapas conceptuales dinámicos”, Los fislets en el Electromagnetismo” y “El relato en el Electromagnetismo”.
En el capítulo tres se proponen los contenidos programáticos de un curso de Electromagnetismo, de los programas de Ingeniería, en mapas conceptuales dinámicos. Mapas diseñados y construidos por el autor de la Tesis, con el software Cmap Tools. De igual forma, se exponen algunos mapas elaborados por los estudiantes y se incluye un instructivo para la incorporación de fislets en los mapas.
En el capítulo cuatro podemos apreciar la aplicación de las prácticas virtuales interactivas, de Consulta, Taller y Laboratorio, en los cursos de Electromagnetismo de los programas de Ingeniería, a través de la incorporación de fislets. Los fislets utilizados para tal propósito se encuentran en la Internet y fueron previamente seleccionados y valorados de tal manera que satisficieran intencionalidades didácticas específicas según la actividad. Para cada una de estas actividades se expone la aplicación de una práctica concreta, con sus respectivas guías para los estudiantes y se dan pautas y recomendaciones para el diseño, elaboración e implementación de las mismas.

Y, en el capítulo quinto se exponen algunos relatos escritos por el autor y otros escritos por estudiantes. En el caso de los relatos escritos por el autor, se deja en claro la intencionalidad didáctica y se incluye un análisis de los fundamentos científicos del Electromagnetismo relacionados con el relato.

Después de los cinco capítulos referenciados anteriormente, encontramos una parte sumamente importante de este documento que es el análisis de los resultados de la aplicación de las estrategias metodológicas, aplicadas en varios cursos de Electromagnetismo en la Universidad Católica de Colombia y en un curso de la Universidad Piloto de Colombia, durante los años 2007 y 2008. Se destacan las fortalezas y debilidades de la aplicación de cada una de las estrategias, una síntesis de los comentarios de los estudiantes durante su aplicación y algunas recomendaciones y sugerencias para su mejoramiento.

La parte final del documento, como es lógico, es dedicada a las conclusiones generales de la investigación.
También se incluyen dos anexos. Uno es una encuesta realizada a los estudiantes para evaluar las estrategias metodológicas implementadas en los cursos de Electromagnetismo. Y el otro contiene una serie de gráficos que ilustran los resultados de dicha encuesta.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS DE DOS GRANDES TEORÍAS DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

1.1 Elementos fundamentales de la Teoría Enseñanza-Aprendizaje para la Comprensión (EApC)

El marco de la Enseñanza-Aprendizaje para la Comprensión (EApC) queda consolidado a partir de las ideas y pensamientos, y del trabajo en equipo de maestros e investigadores del proyecto de investigación, Enseñanza para la Comprensión, en el Proyecto Cero de la Escuela de Educación de Postgrado de Harvard a comienzos de los años 90. Hicieron parte de este grupo de investigación Howard Gardner, David Perkins y Vito Perrone, entre otros.
El trabajo de investigación de este equipo duró seis años, durante los cuales desarrollaron los currículos, los sometieron a prueba en el aula, realizaron prácticas de observación, hablaron con los estudiantes y escribieron los casos de estudio llegando a formalizar un marco que identifica los aspectos centrales de la planeación y la enseñanza para la comprensión.

La teoría EApC, plantea cuatro elementos de planeación e instrucción a saber: Tópicos Generativos[4], Metas de Comprensión, Desempeños de Comprensión y Valoración Continua. Estos cuatro elementos fundamentales quedan enlazados y relacionados estrechamente con cuatro preguntas centrales acerca de la enseñanza que son: ¿Qué debemos enseñar?, ¿Qué vale la pena comprender?, ¿Cómo debemos enseñar para comprender? y ¿Cómo pueden saber estudiantes y maestros lo que comprenden los estudiantes y cómo pueden desarrollar una comprensión más profunda? Preguntas que David Perkins ha denominado los "cuatro pilares de la pedagogía".

Así mismo, el marco brinda una serie de pautas generales para apoyar los esfuerzos de los maestros en la transformación de sus propias prácticas pedagógicas. También, guía y proporciona suficiente espacio para la expresión personal de docentes y estudiantes. Los elementos fundamentales de la EApC y los “cuatro pilares de la pedagogía” quedan enlazados de la siguiente manera:

[4] En el marco de la EApC se ha denominado a este elemento, “Tópico Generativo”. En adelante lo llamaré “Tópico Generador”.

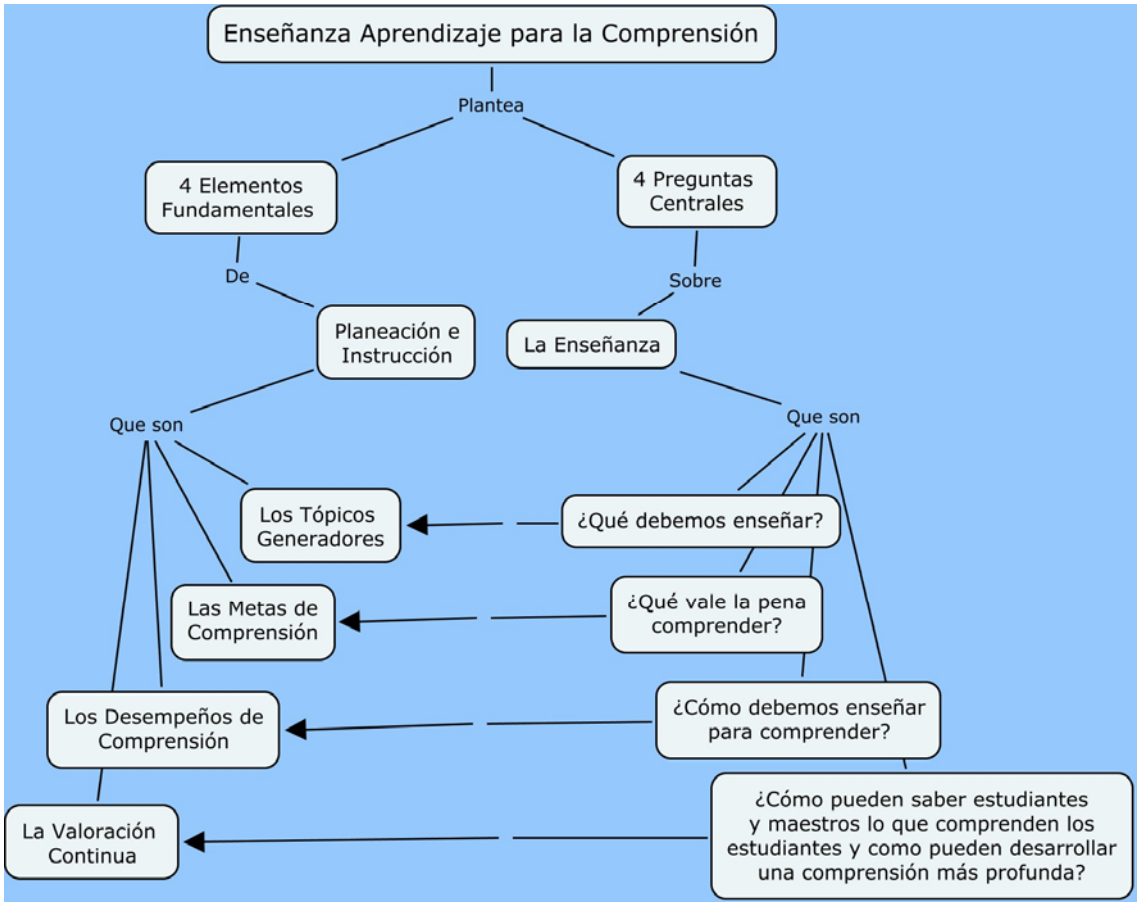


Figura 1.1 Mapa conceptual sobre los elementos de la Teoría Enseñanza Aprendizaje para la Comprensión

1.1.1 Hilos Conductores

Las Metas de Comprensión Abarcadoras o Hilos Conductores, tienen que ver con la esencia de todo el curso. Describen las comprensiones más importantes que deberían desarrollar los estudiantes durante el curso. Las Metas de Comprensión de las unidades particulares deberían relacionarse estrechamente por lo menos con uno de los Hilos Conductores del curso.

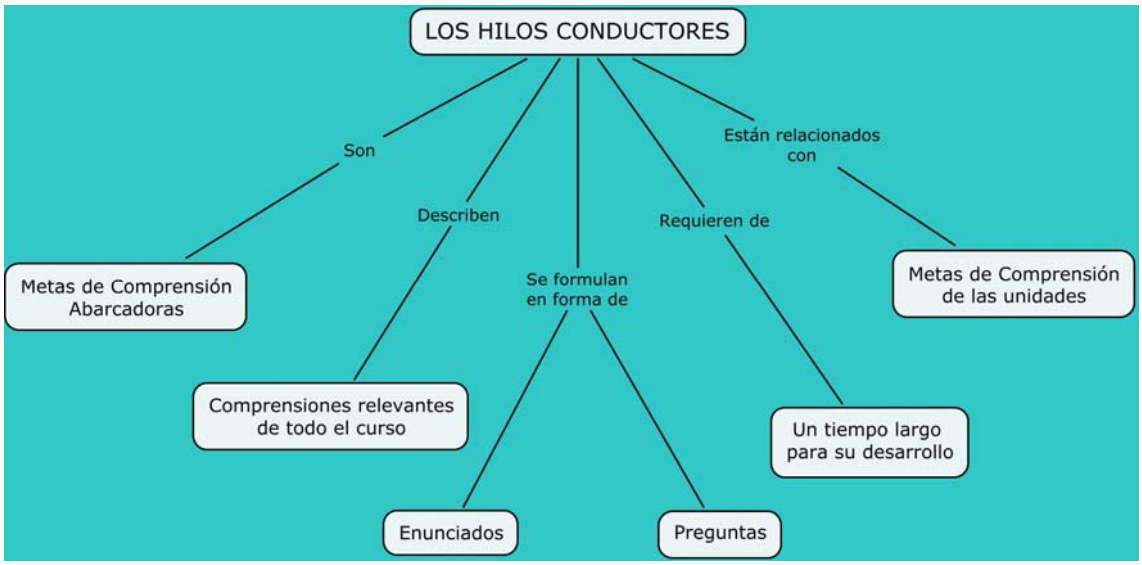


Figura 1.2 Mapa conceptual sobre Los Hilos Conductores.

Los Hilos Conductores pueden ser identificados después de haber desarrollado algunas de las unidades del curso, observando las metas similares que aparecen en forma recurrente en más de una unidad. También es posible, escribiendo al principio del semestre (del curso), las cosas más importantes que los estudiantes deberían obtener de nuestras clases, pero realizando revisiones periódicamente. De esta manera podemos obtener una buena lista de Hilos Conductores.

Es común que los Hilos Conductores procedan de creencias y valores profundamente arraigados (pero rara vez enunciados) respecto de la materia, de la enseñanza y del aprendizaje. Por consiguiente, lleva más tiempo—en ocasiones incluso años—desarrollarlos y mejorarlos. No ocurre lo mismo con las Metas de Comprensión de la unidad, que se desarrollan y son susceptibles de mejorar en un tiempo más corto.

¿Cómo planear los Hilos Conductores?

Los Hilos Conductores deben reflejar lo que piensa el docente que es esencial que comprenda el estudiante y se lleve consigo al finalizar el curso. Las metas que a menudo son consideradas importantes suelen estar tan profundamente arraigadas en el pensamiento del docente y en su enseñanza que le cuesta trabajo articularlas.

Son de gran ayuda las siguientes pautas en el planteamiento de los hilos conductores:

- Revisar algunas de las unidades planeadas.
- Determinar los temas concurrentes.
- Identificar las comprensiones, habilidades o conceptos que emergen una y otra vez cuando se planifica y enseña.
- Indagar a los estudiantes, ¿qué suponen que el docente desea que ellos logren en la clase? Y preguntarles, ¿qué quieren ellos lograr de la clase?
- Es importante mantener continua comunicación con los estudiantes; el Dr. Perdomo (1996) dijo, “en la clase el maestro tiene la responsabilidad de eliminar (o contribuir a su eliminación) las barreras que impiden o dificultan la comunicación”.
- Los Hilos Conductores pueden ser formulados en forma de enunciados o en forma de preguntas.
- Los Hilos Conductores deben estar relacionados con los Tópicos Generativos y con las Metas de Comprensión de las unidades que han sido o van a ser creadas y deben cubrir todo aquello que se considera lo más importante que deben comprender los estudiantes.

1.1.2 Tópicos Generadores

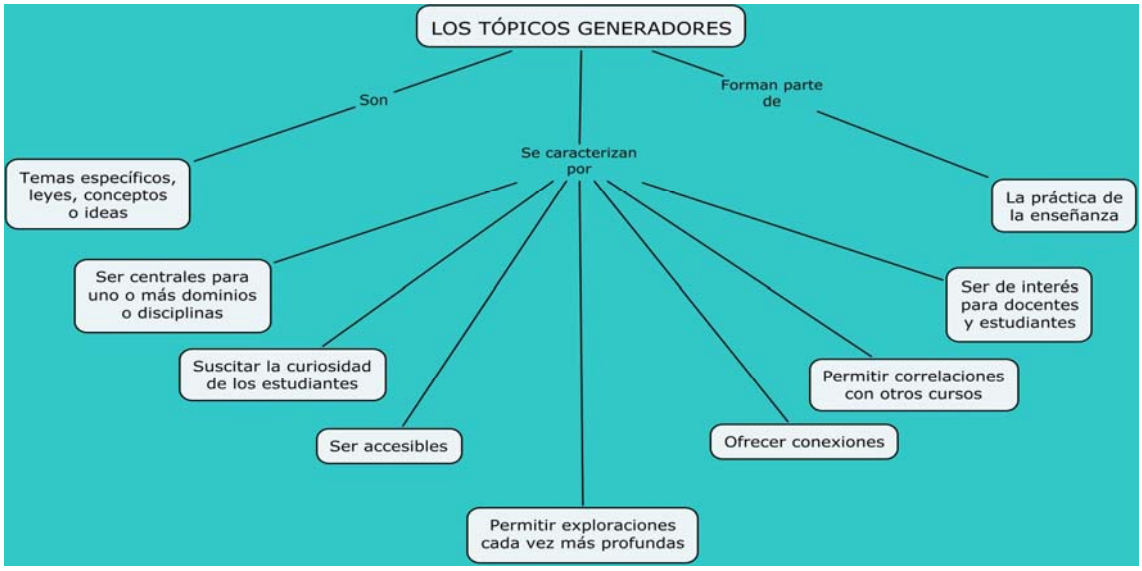


Figura 1.3 Mapa conceptual sobre Los Tópicos Generadores.

Los Tópicos Generadores son los temas, las cuestiones, los conceptos e ideas, entre otros, que ofrecen profundidad, significado, conexiones y variedad de perspectivas en un grado suficiente como para apoyar el desarrollo de comprensiones significativas por parte del estudiante. Le permiten al docente determinar y seleccionar el material de enseñanza más conveniente y eficaz, teniendo en cuenta la necesidad del trabajo independiente de los estudiantes, dado que tienen mucho que aprender pero el tiempo de las clases generalmente no es suficiente para hacerlo.

Los Tópicos Generadores están caracterizados por:

- Ser *centrales para uno o más dominios o disciplinas.* Los temas que promueven la comprensión dan a los estudiantes la oportunidad de adquirir las habilidades y comprensiones necesarias para emprender con éxito trabajos más sofisticados y profundos dentro de ese dominio o disciplina. Estos temas también despiertan el interés de los profesionales en ese campo de estudio.
- *Suscitar la curiosidad de los estudiantes*. El caudal generador de un tópico varía con la edad, el contexto social y cultural, los intereses personales y la experiencia intelectual de los estudiantes.
- Ser *de interés para los docentes*. La pasión y la curiosidad del docente por un asunto específico o un interrogante son el mejor modelo para los estudiantes que están aprendiendo a explorar el territorio desconocido y complejo de las preguntas abiertas.
- Ser *accesibles.* La accesibilidad significa, en este caso, disponer de muchísimos recursos adecuados a la edad para investigar el tópico y poder abordarlo mediante una variedad de estrategias y actividades que ayudarán a los estudiantes a comprenderlos, cualesquiera sean sus capacidades y preferencias.
- *Ofrecer la ocasión de establecer numerosas conexiones*. Por ejemplo, vincularlos a las experiencias previas, tanto dentro como fuera del aula.
- Y, además tienen una cualidad inagotable: la de permitir exploraciones cada vez más profundas.

¿Cómo planear los Tópicos Generadores?

Para planear los Tópicos Generadores es conveniente, primero, tener sesiones de discusión y "lluvia de ideas" con otros colegas. Debe pensarse en lo que más le interesa al docente en la actualidad, y en los tópicos que más le interesaron a los estudiantes en el pasado.

Una vez identificadas las nociones posiblemente más prometedoras, puede elaborarse una “malla” o "red de ideas", que podría ser un *mapa conceptual* alrededor de ellas. No existen límites al pensamiento; se pueden considerar conceptos, proyectos, recursos, conexiones... Las ideas entrelazadas pueden refinarse más adelante a medida que se vaya decidiendo qué es lo más importante.

Es pertinente seleccionar apartes de la "red de ideas". Centrar la atención en las partes de la red donde convergen más conexiones, permite la búsqueda de tópicos capaces de suscitar polémicas, que admitan múltiples y diferentes perspectivas, que no se presten a una "única" respuesta "correcta" y que les exijan a los estudiantes formular sus propias opiniones.

En la planeación de los Tópicos Generadores, juegan un papel importante, tanto la experiencia de los docentes, como la consulta y socialización con otros docentes o expertos en la materia que se esta enseñando.

Los Tópicos Generadores deben representar conceptos, leyes o temas fundamentales para las disciplinas. Deben ser de interés, tanto para el estudiante como para el maestro. Deben ofrecer a los estudiantes la posibilidad de correlaciones con otros cursos, al igual que con la vida, cotidiana, fuera del aula o con su desempeño ocupacional (laboral). Se deben presentar de forma interesante, de tal manera que involucre a los estudiantes haciéndolos sentir partícipes.

Es claro, que se requiere contar con los recursos y materiales que le permitan al estudiante acceder al tópico.

Los ambientes y contextos juegan un papel importante. Los Tópicos Generadores entran a formar parte de la práctica de la enseñanza, en la medida que el docente conozca bien a sus estudiantes. Debe conocer que les

agrada, que les desagrada, que cuestiones les despierta el interés, sobre que tópicos tienen opiniones bien fundamentadas.

Para enseñar con Tópicos Generadores, es importante no apurar a los estudiantes, ellos deben tomarse su tiempo. Ningún tópico será generador si los estudiantes no tienen el tiempo suficiente para explorar el material, establecer conexiones y desarrollar la comprensión. Es preciso concederles el tiempo necesario para examinar el contenido esencial y no para que lo desperdicien cubriendo materiales más extensos y menos generadores.
Igualmente, puede ser de gran utilidad hacer que los estudiantes creen sus propias redes o mapas conceptuales en torno de un tópico. Observar dónde se concentran las conexiones y así detectar nuevos ángulos, cuestiones o perspectivas que sugieren tales redes.

1.1.3 Metas de Comprensión

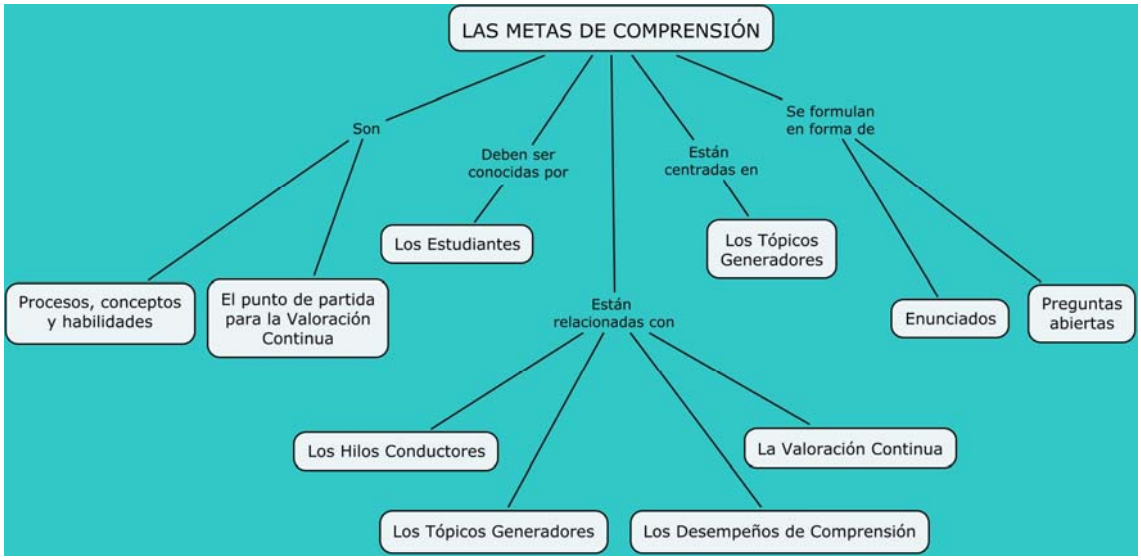


Figura 1.4 Mapa conceptual sobre Las Metas de Comprensión.

En el marco de la Enseñanza para la Comprensión, se conocen como Metas de Comprensión a los conceptos, procesos y habilidades que deseamos que comprendan los estudiantes y que contribuyen a establecer un centro cuando determinamos hacia dónde habrán de encaminarse. Se formulan de dos maneras, al igual que los Hilos Conductores, como enunciados o como preguntas abiertas.

Las Metas de Comprensión de las unidades se enfocan en los aspectos centrales del Tópico Generador. Una unidad puede tener dentro de sí misma otras Metas de Comprensión. Son utilizadas como punto de partida para la elaboración de criterios de Valoración Continua. Cuando se evalúan los trabajos deberá prestarse mayor atención a aquello que más interesa que los estudiantes comprendan.

¿Cómo planear las Metas de Comprensión?

El Dr. Dorado (2004) dijo, "el saber planificar, regular y evaluar... qué técnicas, cuándo y cómo, por qué y para qué, se han de aplicar a unos contenidos determinados con el objetivo de aprenderlos hace que el estudiante se vuelva estratégico".

Para comenzar a planear las Metas de Comprensión de una unidad hay que tener claridad sobre las comprensiones que se pretende que los estudiantes desarrollen como resultado del trabajo en esa unidad. De igual manera hay que saber por que se enseña ese tópico. El trabajo en equipo con otros docentes siempre es fructífero en estas tareas.
No necesariamente se tiene que empezar una unidad con las Metas de Comprensión; se puede comenzar por los Tópicos Generadores o los Desempeños de Comprensión y sólo entonces tratar de identificar esas metas. Lo realmente importante es que deberán estar relacionadas con sus Hilos Conductores, con el Tópico Generador, con los Desempeños de Comprensión y con sus Valoraciones Continuas.

Al enseñar con Metas de Comprensión es conveniente, desde un comienzo, enunciarlas y formular los Hilos Conductores (hacer listados), dialogando con los estudiantes y mostrándoles como se relacionan. Conviene también colocar las listas en un lugar visible del aula.
Las Metas de Comprensión y los Hilos Conductores deben irse desarrollando a lo largo de cada unidad y del curso en general. Es preciso que los estudiantes conozcan las Metas de Comprensión de la unidad y las Metas Abarcadoras en las que están trabajando cuando emprenden cada uno de los Desempeños de

Comprensión. Es importante remitirse a las metas con frecuencia a medida que se guía a los estudiantes en sus distintos desempeños.

La forma enunciativa de las Metas de Comprensión ("Los estudiantes desarrollan comprensión...") tienen algo de parecido a cómo se formulan los objetivos comportamentales ("Los estudiantes serán capaces de..."), pero en realidad existen diferencias importantes entre estos dos enunciados. Los objetivos comportamentales enuncian cuánto harán los estudiantes; las Metas de Comprensión formulan, en cambio, cuánto deberían aprender los estudiantes a partir de lo que están haciendo. Las Metas de Comprensión dicen por qué son importantes las actividades de aprendizaje. Los objetivos comportamentales se centran en la acción y, por lo tanto, se relacionan más con los Desempeños de Comprensión (aunque difieren de ellos en algunos aspectos cruciales).

1.1.4 Desempeños de Comprensión

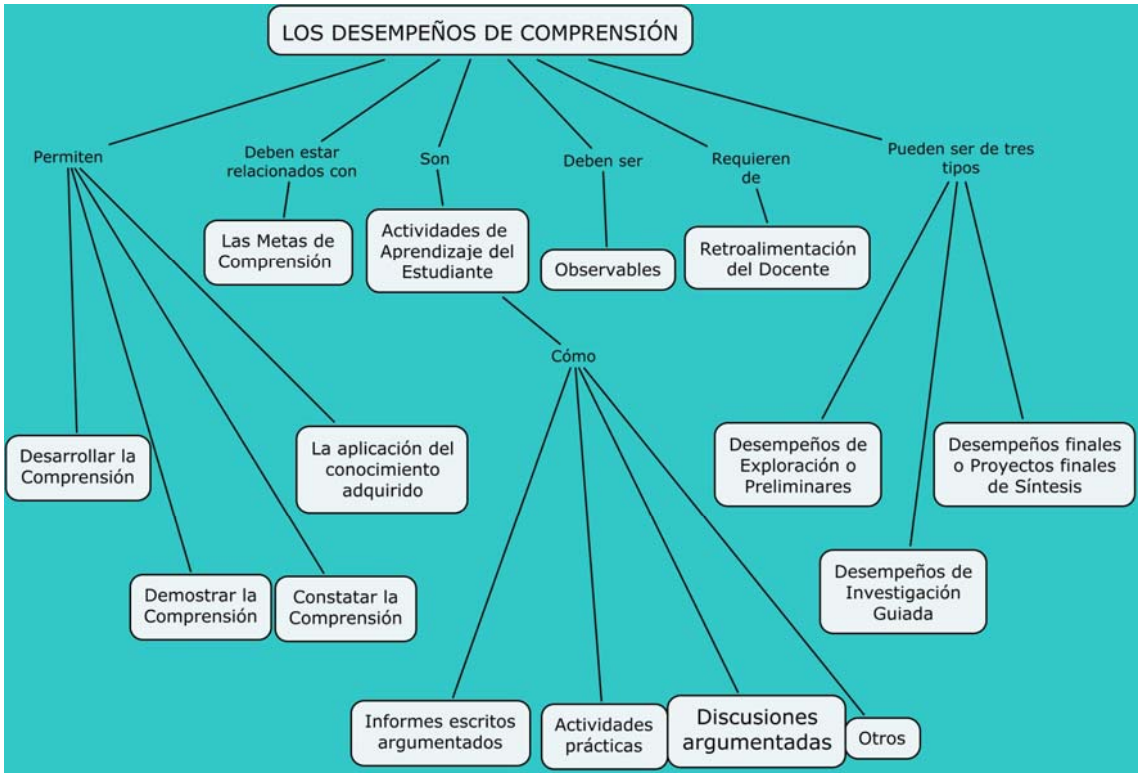


Figura 1.5 Mapa conceptual sobre Los Desempeños de Comprensión.

El término "desempeño" se refiere en rigor a las actividades de aprendizaje, y no debe tomarse como alusivo a un acontecimiento final. Estas actividades le brindan tanto al docente como a los estudiantes la oportunidad de constatar el desarrollo de la comprensión a lo largo del tiempo, en situaciones nuevas y desafiantes.

Los Desempeños de Comprensión son, pues, todo aquello realizado por los estudiantes para desarrollar y demostrar las comprensiones enunciadas en las Metas de Comprensión. Son las actividades que proporcionan a los estudiantes las ocasiones de aplicar los conocimientos adquiridos, de manera fragmentada, a partir de los libros y de las clases magistrales, a una diversidad de situaciones con la guía de un docente experto. El desarrollo de la comprensión, entonces, está supeditado a la aplicación de lo aprendido, a través de los Desempeños de Comprensión.

A través de los Desempeños de Comprensión, el estudiante tiene que ir más allá de la información recibida con el propósito de crear algo nuevo reconfigurando, expandiendo, profundizando y aplicando lo que ya sabe, así como extrapolando y construyendo a partir de esos conocimientos.

Una característica importante de Los Desempeños de Comprensión es que deben ser *observables*. No es concebible un estudiante que logre comprensión pero no se desempeñe, en tal caso, esta comprensión quedaría sin demostrarse, sería probablemente frágil y no podría ser sometida a evaluación. Así, los Desempeños de Comprensión obligan a los estudiantes a demostrar públicamente cuanto han aprendido.

¿Cómo planear los Desempeños de Comprensión?

A la hora de planear los desempeños de comprensión, es bueno pensar en aquellas actividades del pasado que resultaron particularmente productivas para los estudiantes.
Una vez identificadas las Metas de Comprensión, podemos examinar la lista de desempeños para seleccionar aquellos que apoyarían mejor esas metas. En estos desempeños deben ser incorporadas diversas oportunidades tendientes

a que los estudiantes reciban retroalimentación sobre su trabajo y lo revisen a medida que lo ejecutan.

Cuando se hayan generado algunos Desempeños de Comprensión, debemos asegurarnos que se llevarán a cabo a lo largo de la unidad, desde el inicio hasta la conclusión.

1.1.4.1 Enseñar con Desempeños de Comprensión

Mientras los estudiantes están involucrados en los Desempeños de Comprensión, el papel del docente debe ser el de orientador, guía y acompañante que está atento al progreso de sus estudiantes, escucha sus preguntas, sus confusiones y sus inquietudes, para tratarlas posteriormente en grupos de discusión o en clases magistrales. Mediante el dialogo con los estudiantes, éstos, darán razones a sus respuestas ofreciendo pruebas que las respalden, estando en condiciones de hacer predicciones. Los estudiantes deben tener la oportunidad de escribir sus reflexiones acerca de sus desempeños, de evaluar su trabajo y el de los demás, así como de revisarlo antes de una entrega final.

Las habilidades básicas juegan un papel importante, por lo que es necesario dedicar suficiente tiempo para proporcionar a los estudiantes la práctica y el apoyo que necesitan para desarrollarlas. El incorporar la práctica de las habilidades básicas al contexto de los Desempeños de Comprensión permite a los estudiantes percibir su verdadera importancia y utilidad.

Las actividades prácticas no necesariamente son Desempeños de Comprensión; lo esencial es que exista relación estrecha entre desempeños y Metas de Comprensión relevantes.

Actividades típicas, como los informes escritos y las discusiones, pueden ser Desempeños de Comprensión. Cuando el informe es algo más que un simple registro y el estudiante presenta una opinión o un punto de vista y lo defiende con pruebas y argumentos, ciertamente está participando en un Desempeño de Comprensión. Si el análisis exige que el estudiante descifre nuevos problemas o preguntas, extraiga conclusiones, haga predicciones a partir de las pruebas, debata ciertos asuntos, etc., entonces la discusión se transforma en un Desempeño de Comprensión para los participantes.

1.1.4.2 Tres tipos de Desempeños de Comprensión

- *Desempeños preliminares o Desempeños de exploración.* Estos son los Desempeños de Comprensión que generalmente corresponden al inicio de la unidad. Dan a los estudiantes la ocasión de explorar el Tópico Generador y al docente, le da la oportunidad de conocer la comprensión que tienen los estudiantes sobre el tópico. De estas exploraciones surge la posibilidad de establecer vínculos entre los intereses personales del estudiante y el tópico.
- *Desempeños de investigación guiada.* En este tipo de desempeños, los estudiantes se centran en desarrollar la comprensión de problemas o aspectos concretos del Tópico Generador que a juicio del docente son importantes. Los desempeños de investigación guiada se producen por lo general en la mitad de las unidades.
- *Desempeños finales o Proyectos finales de síntesis.* Estos desempeños más complejos corresponden a la última etapa y permiten que los estudiantes sinteticen y demuestren la comprensión alcanzada a través de los otros Desempeños de Comprensión.

1.1.5 Valoración Continua

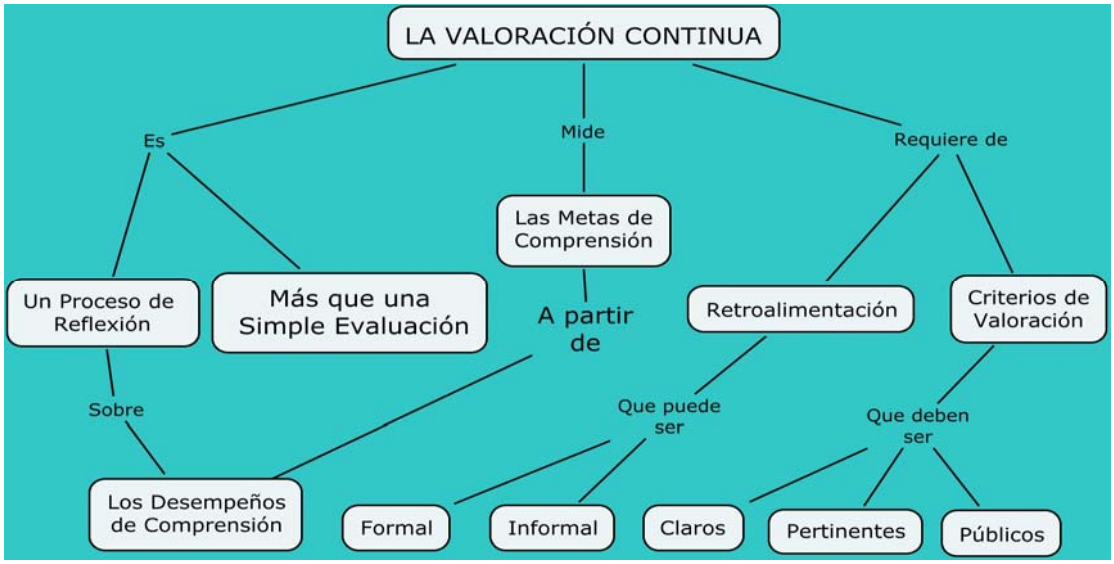


Figura 1.6 Mapa conceptual sobre La Valoración Continua.

La Valoración Continua es el proceso por el cual los estudiantes obtienen retroalimentación sobre lo que están haciendo y está basada en criterios claramente articulados aplicables a los desempeños logrados exitosamente. En esencia, es el proceso de reflexión sobre los desempeños para medir el progreso obtenido en el logro de las Metas de Comprensión.

Cuando el propósito de la instrucción es la comprensión, el proceso de valoración es más que una simple evaluación; es una parte importante del proceso de aprendizaje y debe contribuir significativamente al mismo. Las valoraciones que promueven la comprensión (más que simplemente evaluarla) tienen que ser algo más que un examen al final de una unidad. Estas valoraciones deben informarles a los estudiantes y a los docentes las comprensiones que se han alcanzado y cómo proceder en la enseñanza y el aprendizaje posteriores.

Integrar el desempeño y la retroalimentación es justamente lo que necesitan los estudiantes cuando trabajan en el desarrollo de la comprensión de un tópico o concepto específico. En el marco conceptual de la Teoría EApC esto se denomina *Valoración Continua.* Es el proceso de brindar respuestas claras a los Desempeños de Comprensión de los estudiantes, de modo tal que permita mejorar sus próximos desempeños.

El proceso de Valoración Continua consta de dos componentes principales:

- *Establecer criterios de valoración.* Los criterios para valorar cada Desempeño de Comprensión deben ser claros, pertinentes y públicos.
- *Proporcionar retroalimentación.* La retroalimentación debe proporcionarse con frecuencia, desde el inicio hasta la conclusión de la unidad. La retroalimentación puede ser formal y planeada (tal como la retroalimentación sobre las presentaciones) o más informal (como responder a los comentarios de un estudiante en las discusiones de clase).

¿Cómo planear la Valoración Continua?

Los siguientes aspectos son de gran utilidad a la hora de planear la valoración continua:

- A partir de los Desempeños de Comprensión o de las actividades planeadas, se puede pensar en los procedimientos de la Valoración Continua.
- A partir de las Metas de Comprensión se pueden generar los criterios mediante los cuales se pretende valorar el desempeño de los estudiantes.
- Es necesario establecer las oportunidades para valorar el desarrollo de la comprensión por parte de los estudiantes, al comienzo y a lo largo de la unidad.
- La valoración-evaluación no debe realizarse sólo al final de la unidad. De esta manera no se ayuda a los estudiantes a desarrollar y mejorar su comprensión y no sería una valoración continua.
- Es importante que durante el ejercicio del desarrollo de los Desempeños de Comprensión, los estudiantes tengan la oportunidad de adquirir retroalimentación, ya sea por ellos mismos o por parte del docente.
- Deben existir diversas perspectivas de valoración: autovaloración, valoración de pares, y la valoración del docente acerca del trabajo de los estudiantes.
- La auto reflexión y la valoración de compañeros, son un tanto complicado para los estudiantes, pero es algo interesante que el docente debe inculcar y propiciar.

1.2 Fundamentos de la Teoría del Aprendizaje Significativo

"El docente debe establecer
Una nueva relación con el alumno;
Pasar de una función de "solista"
a la de "acompañante",
Convirtiéndose ya no tanto
En el que imparte los conocimientos
Como en el que ayuda a los alumnos a encontrar,
Organizar y manejar esos conocimientos,
Guiando las mentes más que moldeándolas,
Pero manteniéndose muy firme
En cuanto a los valores fundamentales
Que deben regir toda la vida"

(J. Delors: La Educación encierra un tesoro)

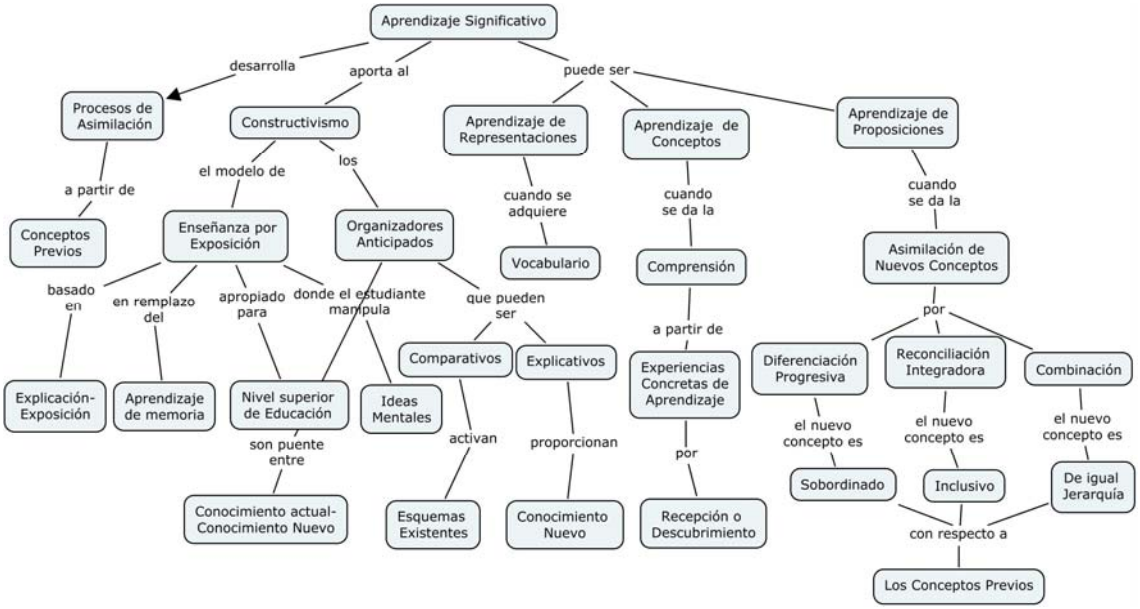


Figura 1.7 Mapa conceptual sobre la Teoría del Aprendizaje Significativo

La teoría del Aprendizaje Significativo fue propuesta y desarrollada por David Ausubel. Se destacan Helen Hanessian por contribuir en su desarrollo, al igual que Joseph Novak con la creación de los mapas conceptuales como una técnica que ayuda a los docentes a organizar sus materiales de enseñanza y a los estudiantes a aprender.

El Aprendizaje Significativo intenta desarrollar *procesos educativos* de *Interiorización* a través de la enseñanza de conceptos científicos que, tienen en cuenta las estructuras mentales, conceptos que tanto el niño como del joven han construido de manera consciente. También, se denominan *Procesos de asimilación*, elaborados a partir de los conceptos descubiertos por el niño en su entorno.

Un importante aporte de la Teoría de Ausubel al constructivismo es el modelo de *enseñanza por exposición*, para promover el aprendizaje significativo en lugar del aprendizaje de memoria. Este modelo consiste en explicar o exponer hechos o ideas. Enfoque muy apropiado para la enseñanza de relaciones entre varios conceptos, cuando se asume que los estudiantes poseen algún conocimiento previo de ellos. Un aspecto importante de este modelo es la edad de los estudiantes, ya que ellos deben manipular ideas mentalmente, aunque

sean simples. Por esto, este modelo es más adecuado para los niveles superiores a la educación primaria.

1.2.1 Los organizadores anticipados

Otro aporte de la Teoría de Ausubel al constructivismo son los organizadores anticipados, los cuales sirven de apoyo al estudiante frente a la nueva información, funcionan como un puente entre el nuevo material y el conocimiento actual del estudiante. Los propósitos de estos organizadores son: dirigir su atención a lo que es importante del material; resaltar las relaciones entre las ideas que serán presentadas y recordarle la información relevante que ya posee. Ayudan al estudiante a que vaya construyendo sus propios esquemas de conocimiento contribuyendo a una mejor comprensión de los conceptos.

Los organizadores anticipados se dividen en dos categorías:

- *Comparativos:* activan los esquemas ya existentes, es decir, le recuerdan lo que ya sabe pero no se da cuenta de su importancia. También puede señalar diferencias y semejanzas de los conceptos.
- *Explicativos:* proporcionan conocimiento nuevo que los estudiantes necesitarán para entender la información subsiguiente. También ayudan al estudiante a aprender, especialmente cuando el tema es muy complejo, desconocido o difícil; pero estos deben sen entendidos por los estudiantes para que sea efectivo.

1.2.2 Tipos de Aprendizaje Significativo

De acuerdo con la Teoría del Aprendizaje Significativo, los nuevos conocimientos se incorporan en forma sustantiva en la estructura cognitiva del estudiante. Esto se logra cuando el estudiante relaciona los nuevos conocimientos con los anteriormente adquiridos, jugando la motivación un papel relevante, por cuanto es necesario que el estudiante se interese por aprender lo que se le está mostrando.

Se distinguen tres tipos de Aprendizaje Significativo a saber:

- *Aprendizaje de representaciones:* es cuando se adquiere el vocabulario. Por ejemplo, el niño primero aprende palabras que representan objetos reales que tienen significado para él. Sin embargo no los identifica como categorías.
- *Aprendizaje de conceptos:* comprensión a partir de experiencias concretas. Se presenta cuando se accede a la comprensión de conceptos abstractos en contextos de aprendizaje por recepción o por descubrimiento.
- *Aprendizaje de proposiciones:* cuando se conoce el significado de los conceptos, pueden formarse frases que contengan dos o más conceptos en donde se afirme o niegue algo. Así, un concepto nuevo es asimilado al integrarlo en una estructura cognitiva con los conocimientos previos. Esta asimilación se da en la siguiente secuencia: *Por diferenciación progresiva*, cuando el nuevo concepto se subordina a conceptos más inclusores que el estudiante ya conocía. *Por reconciliación integradora*, cuando el concepto nuevo es de mayor grado de inclusión que los conceptos que el alumno ya conocía. *Por combinación*, cuando el concepto nuevo tiene la misma jerarquía que los ya conocidos. Ausubel concibe los conocimientos previos del estudiante en términos de esquemas de conocimiento, los cuales consisten en la representación que posee una persona en un momento determinado de su historia sobre una parte de la realidad. Estos esquemas incluyen varios tipos de conocimiento sobre la realidad, como son: los hechos, los sucesos, las experiencias, las anécdotas personales, y las actitudes, entre otras.

1.2.3 Características del Aprendizaje Significativo

El Aprendizaje Significativo está caracterizado por:

- Producir una retención más duradera de la información.
- Facilitar la adquisición de nuevos conocimientos relacionados con los anteriormente adquiridos de forma significativa, ya que al estar claros en la estructura cognitiva se facilita la retención del nuevo contenido.

- Favorecer la *memoria a largo plazo*, dado que la nueva información es relacionada con la anterior.
- Ser activo, pues depende de la asimilación de las actividades de aprendizaje por parte del estudiante.
- Ser personal, pues la significación de aprendizaje depende los recursos cognitivos del estudiante.
- La Significatividad lógica del material. El material que presenta el docente al estudiante debe estar bien organizado, para que éste pueda construir conocimiento.
- La Significatividad psicológica del material. El estudiante conecta el nuevo conocimiento con los conocimientos previos, para comprenderlos. La memoria de largo plazo es relevante para no olvidar todo al poco tiempo.
- Requerir de una actitud positiva del estudiante. Ningún aprendizaje puede darse si el estudiante no lo desea. En este aspecto puramente emocional y actitudinal, el docente sólo puede influir a través de la motivación.

1.2.4 Responsabilidad del docente ante el Aprendizaje Significativo

El docente debe tener certeza de conocer los conocimientos previos del estudiante. Debe asegurarse de que el contenido a presentar pueda relacionarse con las ideas previas del estudiante, esto ayuda a la hora de la planeación.

Así mismo, el docente debe organizar los materiales en el aula de manera lógica y jerárquica. La forma de presentar los contenidos a los estudiantes es importante.

De igual forma, tendrá que establecer una buena relación con sus estudiantes, haciendo que se sientan a gusto en la clase. Esto contribuye a propiciar una actitud favorable para que los estudiantes se interesen por aprender. La motivación es un factor fundamental que deberá ser considerada por el docente. Su creatividad y competencias son necesarias para el diseño y/o utilización de dibujos, gráficas, diagramas, fotografías, mapas conceptuales...

mediante los cuales enseñará los conceptos de los diferentes contenidos programáticos.

1.2.5 El mapa conceptual

Es mucho lo que se ha escrito acerca de los mapas conceptuales, y acceder a dicha información es sumamente fácil a través de la Internet, por ejemplo. Incluso, se pueden obtener de forma gratuita diversos programas para su elaboración, también a través de la Internet, muy fáciles de aprender a manejar. Por estas razones es pertinente precisar que uno de los objetivos de esta Tesis es incorporarlos como estrategia metodológica para la enseñanza-aprendizaje, para la comprensión, de la física en general, tomando como caso particular un curso universitario de electromagnetismo y de ninguna manera, entrar a teorizar sobre los mismos es un objetivo primordial. Más sin embargo, es necesario ilustrar de manera general sobre lo que es un mapa conceptual, cual es su estructura y cuales sus elementos.

1.2.5.1 Estructura del mapa conceptual

El mapa conceptual es una técnica para la representación gráfica del conocimiento, basada en la construcción de una red o malla de conceptos y proposiciones.

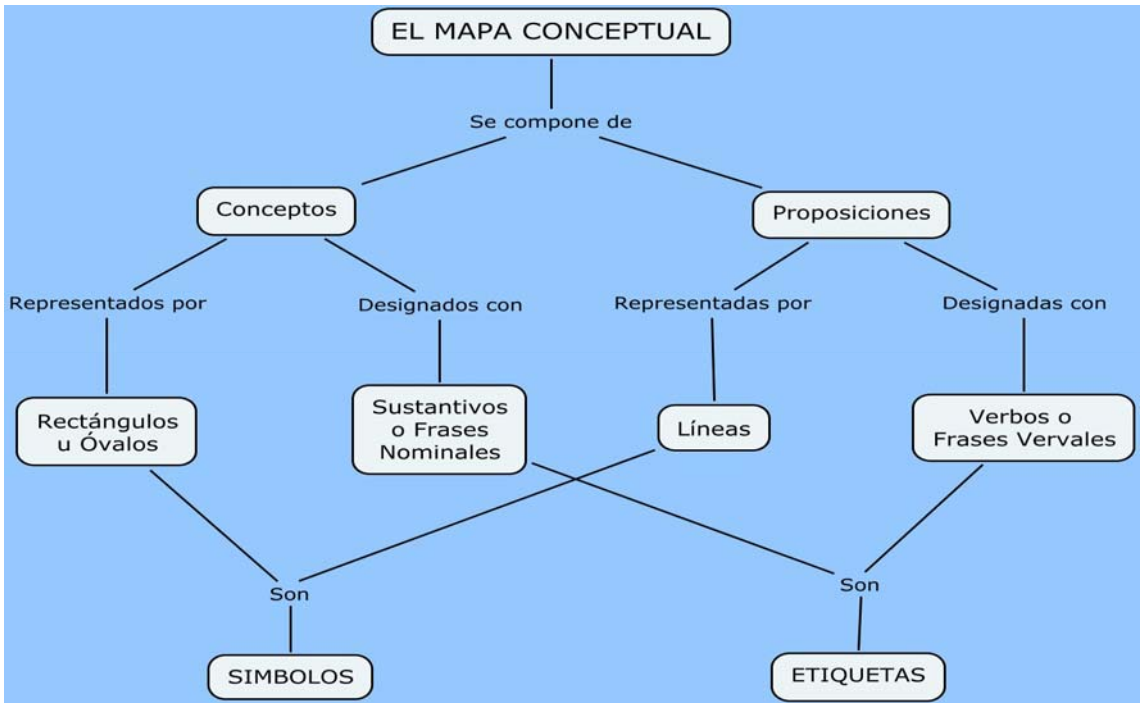


Figura 1.8 Mapa conceptual sobre la estructura del mapa conceptual

En la malla o red los *nodos* representan los conceptos, y los enlaces las relaciones entre éstos. Los conceptos se representan comúnmente por óvalos o rectángulos siendo designados por frases nominales o sustantivos y las proposiciones se designan con verbos o frases verbales y se representan con líneas. Los óvalos y las líneas son símbolos y los sustantivos, o frases nominales, y los verbos, o frases verbales, son etiquetas.

En el campo de la Educación, el mapa conceptual puede tener varios propósitos según la intencionalidad al ser construidos, como por ejemplo: Generar ideas en los estudiantes, diseñar estructuras complejas (como es el caso de los textos largos), comunicar ideas complejas, explorar el conocimiento previo y los errores conceptuales de los estudiantes, evaluar la comprensión de los estudiantes, fomentar el aprendizaje significativo (el cual contribuye con la formación de estudiantes exitosos), medir la comprensión de conceptos por parte de los estudiantes. Es decir, contribuir a la enseñanza-aprendizaje mediante la integración explícita de conocimientos nuevos y antiguos, de conceptos y pre-conceptos.

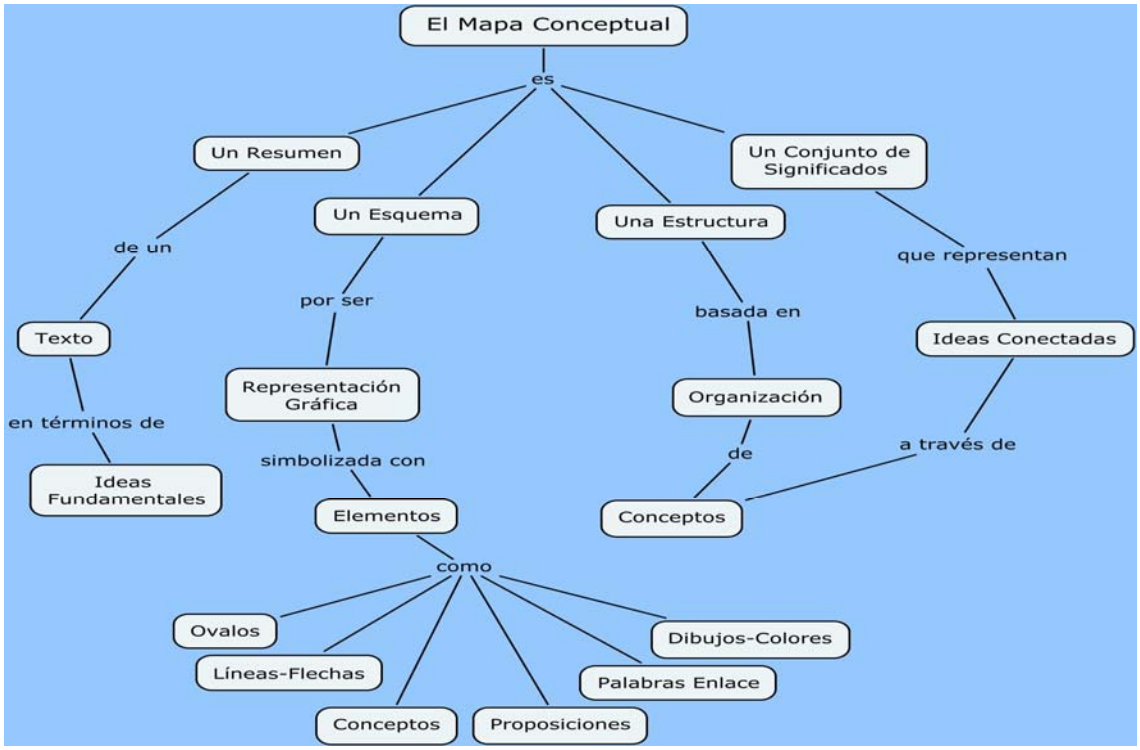


Figura 1.9 Mapa conceptual sobre el mapa conceptual según Joseph D. Novak

Según Joseph D. Novak: "Un mapa conceptual es un resumen esquemático que representa un conjunto de significados conceptuales incluidos en una estructura de proposiciones". *Un Resumen*, ya que contiene las ideas más importantes de un mensaje, tema o texto. *Un Esquema*, dado que es una representación gráfica y se simboliza fundamentalmente con modelos simples (líneas y óvalos) y pocas palabras (conceptos y palabras enlace), dibujos, colores, líneas, flechas (conexiones cruzadas). *Una Estructura*, pues se refiere a la ubicación y organización de las distintas partes de un todo. Y, un *Conjunto de significados*, dado que se representan ideas conectadas y con sentido, enunciadas a través de proposiciones y/o conceptos (frases).

En un mapa conceptual los conceptos más importantes o generales (más inclusivos) se ubican arriba, desprendiéndose hacia abajo los de menores jerarquías (menos inclusivos). Todos son unidos con líneas y se encuentran dentro de óvalos.

Los elementos fundamentales de un mapa conceptual son: Los conceptos, las palabras de enlace, las proposiciones, las líneas y flechas de enlace, y las conexiones cruzadas.

Concepto: El concepto es un evento o un objeto que con regularidad se denomina con un nombre o etiqueta (Novak y Gowin, 1988); por ejemplo, agua, casa, agua, lluvia, circuito, electricidad, carga, mecánica, campo eléctrico. El concepto, puede ser considerado como aquella palabra que se emplea para designar cierta imagen de un objeto o de un acontecimiento que se produce en la mente del individuo. (Segovia, 2001). Existen conceptos que nos definen elementos concretos (casa, escritorio) y otros que definen nociones abstractas, que no podemos tocar pero que existen en la realidad (Democracia, Estado, campo eléctrico, campo magnético, partícula, perturbación, onda, inercia...)

Palabras de enlace: Son las preposiciones, las conjunciones, el adverbio y en general todas las palabras que no sean concepto y que se utilizan para relacionar estos y así armar una *"proposición"*, por ejemplo: para, por, donde, como, entre otras. Las palabras enlace permiten, junto con los conceptos, construir frases u oraciones con significado lógico y hallar la conexión entre conceptos. Una *proposición* es dos o más conceptos ligados por palabras enlace en una unidad semántica.

Líneas y Flechas de Enlace: En los mapas conceptuales convencionalmente, no se utilizan las flechas porque la relación entre conceptos esta especificada por las palabras de enlace, se utilizan las líneas para unir los conceptos. Novak y Gowin reservan el uso de flechas "... solo en el caso de que la relación de que se trate no sea de subordinación entre conceptos", es decir, se pueden utilizar para representar una relación cruzada, entre los conceptos de una sección del mapa y los de otra parte del "árbol" conceptual. La flecha nos indica que no existe una relación de subordinación. Por ejemplo: agua, suelo, fruta.

Conexiones Cruzadas: Cuando se establece entre dos conceptos ubicados en diferentes segmentos del mapa conceptual, una relación significativa.
Las conexiones cruzadas muestran relaciones entre dos segmentos distintos de la jerarquía conceptual que se integran en un solo conocimiento. La representación grafica en el mapa para señalar la existencia de una conexión cruzada es a través de una flecha.

1.2.5.2 Un antecedente significativo en la implementación de los mapas conceptuales en la educación universitaria

"Mapas conceptuales: Elementos Fundamentales para la Intervención", es un trabajo que hace parte de una investigación realizada por Rafael Pérez Florez en la Universidad Autónoma Metropolitana de México; y que expuso en la primera Conferencia Internacional de Mapas Conceptuales[5].

Se trata de una investigación que proporciona importantes instrumentos de trabajo para el aula, en el área de matemáticas, principalmente para el logro de aprendizajes significativos en el sentido *ausubeliano* y en concordancia con los principios constructivistas actuales. Se destaca el papel fundamental que juegan los mapas conceptuales en el Programa de Intervención llamado SAM (Sistema de aprendizaje mediado). El Programa SAM armoniza las ideas fundamentales en torno a la construcción del conocimiento expuestas por Ausubel y Novak, sin olvidar algunos elementos en común que estas tienen con las aportaciones de Piaget y Bruner, para lograr el desarrollo de capacidades cognitivas. El profesor del Programa, apoyado en mapas conceptuales y actuando como mediador entre el contenido y el estudiante, contribuye para que el aprendiz logre un aprendizaje constructivo, significativo y por descubrimiento. El Programa SAM fue diseñado en México para el aprendizaje del cálculo en el nivel universitario. Junto con los mapas conceptuales elaborados por el profesor y por el estudiante, el Programa tiene por objetivos el desarrollar el razonamiento lógico y la orientación espacial. Como producto de la utilización de mapas a través de la aplicación del Programa SAM se ha apreciado un aumento significativo en el cociente intelectual de los estudiantes y también un mejor rendimiento académico en el proceso de aprendizaje en las aulas universitarias.

El SAM, a través de los mapas conceptuales, permite dar significación y sentido a los conceptos y hechos, es decir, permite el aprendizaje significativo y constructivo. Permite también la estructuración de manera significativa de la

[5] Conferencia realizada en Pamplona, España en el año 2004.

experiencia y la facilitación del aprendizaje compartido. Esto, a su vez, potencia el interés y la motivación, y facilita el desarrollo de capacidades y destrezas.

Con la construcción y utilización de mapas conceptuales, el SAM permite un aprendizaje de los contenidos de manera constructiva y significativa, y además un adecuado almacenamiento de estos en la memoria para disponer de ellos cuando se requiere. Es muy importante señalar que con un aprendizaje de calidad se facilita la utilización de los contenidos en la vida cotidiana.
El SAM pretende incorporar al estudiante como protagonista de su aprendizaje para que de sentido a lo que aprende y sentido al escenario en donde aprende. El profesor del programa actúa como mediador averiguando como aprende el que aprende y que sentido tiene lo que aprende. Como modelo de aprendizaje-enseñanza, el Programa de intervención fue diseñado con un enfoque sistémico. Es un Programa que consta de tres elementos relacionados entre sí: el *elemento Aprendizaje*, el *elemento Profesor Mediador* y el *elemento Arquitectura del Conocimiento* en done reside una de las partes fundamentales del Programa: *los mapas conceptuales.*

CAPITULO II

SOBRE LAS ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS Y LA COMPRENSIÓN DEL ELECTROMAGNETISMO

2.1 Comprensión del electromagnetismo

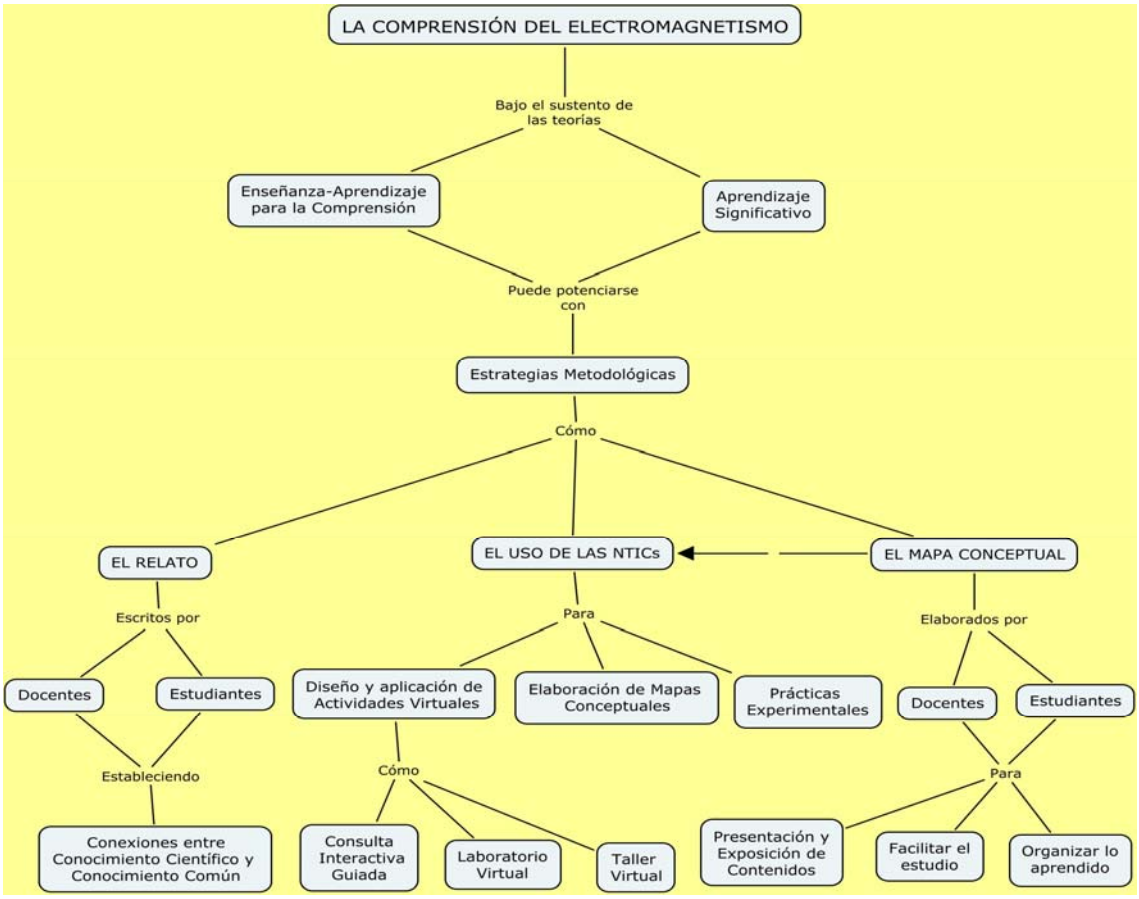


Figura 2.1 Mapa conceptual sobre la comprensión del Electromagnetismo.

La comprensión del electromagnetismo no se reduce al conocimiento de las leyes, principios y conceptos fundamentales del mismo. El estudiante que resuelve hábilmente problemas de electromagnetismo, puede no comprender mucho acerca de él. Comprender qué significan las leyes de Maxwell requiere más que una simple reproducción de información. La comprensión implica más que una habilidad rutinaria bien mecanizada para resolver problemas de aplicación.

Puede hablarse de verdadera comprensión de los conceptos y leyes del electromagnetismo cuando los estudiantes: sean capaces de utilizar dichos conocimientos para analizar diversas aplicaciones reales del mundo actual; puedan demostrar la comprensión en situaciones nuevas de su entorno laboral

y profesional y, adquieran la habilidad de pensar y actuar flexiblemente con lo que conocen.

Aprender hechos importantes relacionados con el desarrollo de la teoría electromagnética, tampoco es aprender para la comprensión del electromagnetismo. Comprender el electromagnetismo, implica no sólo conocer las leyes de Coulomb, Ohm, Kirchhoff, Ampere, Gauss, Faraday... sino pensar a partir de ellas y evidenciarlas a través de desempeños.

¿Cómo apreciamos que un estudiante, en un momento dado, está comprendiendo los diversos tópicos del electromagnetismo?

Si queremos apreciar la comprensión del estudiante es necesario pedirle que haga algo (desempeños) que implique poner la comprensión en juego, como: explicar con sus propias palabras, estableciendo paralelos o ilustrando con ejemplos concretos de la vida cotidiana (puede ser a través de un relato escrito); resolver problemas de manera lógica, sistemática y organizada, justificando siempre sus planteamientos y analizando críticamente sus soluciones (puede ser mediante una actividad virtual); armar conscientemente un determinado modelo electromagnético (puede ser mediante un proyecto práctico o a través del armado de los montajes de las prácticas de laboratorio); proponer nuevas soluciones a problemas ya resueltos; argumentar críticamente; solucionar problemas de tipo conceptual, en los que no se requiere el uso de las matemáticas; elaborar mallas, diagramas de flujo y mapas conceptuales; o, utilizar su comprensión como respuesta a un desafío en particular. Lo que los estudiantes hagan como respuesta no sólo muestra su comprensión actual sino que también es probable que avancen más. Al utilizar su comprensión como respuesta a un desafío en particular llegan a comprender mejor, pues en el reto está implícita la profundización sobre lo estudiado. Plantearles problemas cualitativos que impliquen pensar físicamente en términos electromagnéticos teniendo que recurrir a abstracciones y a un cierto dominio conceptual, más que a las habilidades operacionales rutinarias los obliga a esforzarse por comprender. En muchos casos, sin tener que recurrir a las matemáticas, las respuestas de los estudiantes y sus explicaciones argumentadas revelarán si entendieron los principios del electromagnetismo o

no. Un criterio de desempeño óptimo, por ejemplo, sería la explicación de las diferencias de potencial y su relación con la corriente eléctrica, en términos metafóricos o a través del planteamiento de paralelos (escribir un relato).

Sin embargo, en el proceso de enseñanza-aprendizaje para la comprensión del electromagnetismo hay que tener en cuenta lo que un estudiante es capaz de hacer y aprender en un momento determinado, dependiendo de los pre-requisitos matemáticos y de las estructuras conceptuales que maneje con cierta solvencia, dado que es necesario matematizar con cierto rigor y estar en continuos procesos de abstracción.

Reconocemos, entonces, la comprensión por medio de un *criterio de desempeño flexible*. La comprensión se presenta cuando el estudiante puede pensar y actuar flexiblemente con lo que sabe. Por el contrario, cuando el estudiante no puede ir más allá de un pensamiento y acción memorísticos y rutinarios, significa que hay falta de comprensión. ¿De qué sirve que los estudiantes se aprendan las ecuaciones de Maxwell en sus formas *Integral* y *Diferencial* de memoria, si no entienden realmente lo que ellas encierran o no son capaces de aplicarlas correctamente en la solución de un problema de aplicación de su entorno profesional u ocupacional?

2.2. Desempeños de comprensión y competencias básicas

El M.E.N.[6] (1998, p. 34) establece, “La noción de competencias es una categoría pensada desde la constitución y formación de los sujetos en diferentes dimensiones de su desarrollo. Pero esta noción está relacionada básicamente a potencialidades y/o capacidades. Las competencias se definen en términos de *las capacidades con que un sujeto cuenta para...* Pero es claro que estas competencias, o más bien el nivel de desarrollo de las mismas, sólo se visualiza a través de desempeños, de acciones, sea en el campo social, cognitivo, cultural, estético o físico. Esta parece ser una de las características básicas de la noción de competencia, el estar referidas a una situación de desempeño, de actuación, específica”.

[6] Ministerio de Educación Nacional Colombiano.

Se puede decir entonces que, una persona es competente si sabe hacer las cosas, entiende lo que está haciendo y comprende, además, las implicaciones de sus acciones.

La competencia entendida como "saber hacer en contexto" implica también el saber entender. Se puede decir entonces que, una persona es competente si sabe hacer las cosas, entiende lo que está haciendo y comprende, además, las implicaciones de sus acciones.

De acuerdo con los técnicos del ICFES (Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior), las competencias se manifiestan en tres tipos de acciones: interpretativas, argumentativas y propositivas. Estos tipos de acciones, además, podrían considerarse como niveles de competencias. Pues las acciones propositivas implican, en cierta forma, a las argumentativas y éstas a las interpretativas.

Alarcón, J. (2000, p. 9) dice, “Si una persona competente es aquella que sabe hacer las cosas en un contexto determinado, la mejor forma de evaluar sus competencias es observando y analizando el desempeño en la ejecución de una tarea determinada. Por ejemplo, la competencia pedagógica de un profesor se puede evaluar valorando su trabajo y de manera especial su impacto en la formación de sus estudiantes como personas competentes. Esta es una manera directa de evaluar; sin embargo, existen otras formas indirectas mediante las cuales se pueden obtener indicios de que una persona es competente. Entre las formas indirectas se cuentan las entrevistas y el desarrollo de pruebas, entre otras”.

Con base en los lineamientos generales de la estructura de las competencias para las Ciencias Naturales propuesta por el M.E.N. a través del ICFES y los elementos de la Teoría Enseñanza Aprendizaje para la Comprensión se propone la siguiente estructura, correlacionada, de competencias para un curso de Electromagnetismo en la Educación Superior, particularmente para los programas de Ingeniería:

2.2.1 Competencias, niveles y desempeños de comprensión para un curso de Electromagnetismo de los programas de Ingeniería.

COMPETENCIA
TEÓRICO-EXPLICATIVA

Comprende el reconocimiento de las entidades básicas utilizadas en la construcción del electromagnetismo. Hace referencia a la simbolización de los conceptos y su utilización en la construcción de explicaciones y modelos en diferentes contextos, a su matematización, en donde ello sea posible, al establecimiento de relaciones entre esas entidades en forma de principios y leyes, que constituyen la estructura de la teoría electromagnética.

DOMINIOS CONCEPTUALES

(Tópicos generadores)

- *Ecuaciones de Maxwell (Hilo conductor)*
- *Electrostática*
- *Electrodinámica*
- *Circuitos eléctricos*
- *Magnetismo*
- *Ondas electromagnéticas*

		DESEMPEÑOS
NIVEL 1	Reconocimiento y distinción del sistema de significación básico	• Diferenciar los distintos tópicos del electromagnetismo, de otros contextos de la física. • Asociar a los nuevos conceptos las palabras, signos o símbolos que los representan y de este modo dotarlos de significación. • Comprender y saber interpretar un texto científico en el campo del electromagnetismo.
NIVEL 2	Uso comprensivo	• Utilizar de manera apropiada los códigos de comunicación propios de la física, y del electromagnetismo en particular. • Establecer relaciones de orden e interdependencia al interior de la teoría electromagnética. • Establecer las propiedades comunes de objetos o hechos en distintos contextos, relacionados con el electromagnetismo. • Resolver situaciones problemáticas, que impliquen interacciones eléctricas y magnéticas.

NIVEL 3	Argumentación y síntesis	• Predecir un resultado no evidente. • Generalizar: extender determinados conceptos o propiedades a un dominio más amplio.(perfiles profesionales y ocupacionales) • Generar nuevos desarrollos conceptuales. (aplicaciones tecnológicas) • Concebir formas alternativas de explicación a una situación dada de la fenomenología de las interacciones eléctricas y magnéticas.

Tabla 2.1 Estructura de la competencia Teórico-Explicativa, niveles y desempeños de comprensión para un curso de Electromagnetismo de los programas de Ingeniería.

COMPETENCIA
PROCEDIMENTAL Y METODOLÓGICA

Relacionada con: la observación y recolección de información sobre hechos experimentales o de la vida cotidiana, relacionados con el electromagnetismo, y su interpretación desde los conocimientos aprendidos; el seguimiento de instrucciones; el uso adecuado y seguro de materiales, sustancias y equipos en el laboratorio; el uso adecuado de las nuevas tecnologías; la interpretación correcta de situaciones problemáticas en contextos científicos o fuera de ellos y la búsqueda de alternativas de solución a las mismas.

DOMINIOS CONCEPTUALES

(Tópicos generativos)

- *Ecuaciones de Maxwell (Hilo conductor)*
- *Electrostática*
- *Electrodinámica*
- *Circuitos eléctricos*
- *Magnetismo*
- *Ondas electromagnéticas*

		DESEMPEÑOS
NIVEL 1	Reconocimiento y distinción del sistema de significación básico	• Formular en el lenguaje común las regularidades observadas de las interacciones eléctricas y magnéticas. (Relatos) • Recolectar y organizar informaciones adecuadas acerca de determinadas observaciones o situaciones experimentales relacionadas con el electromagnetismo. (Mapas conceptuales; prácticas de laboratorio, ya sean reales o virtuales; consultas de páginas Web.)
NIVEL 2	Uso comprensivo	• Interpretar y aplicar conocimientos a hechos o situaciones cotidianas o experimentales. (Análisis de aplicaciones tecnológicas del electromagnetismo) • Identificar y medir atributos.
NIVEL 3	Argumentación y síntesis	• Predecir resultados de un proceso. • Proponer nuevas situaciones experimentales a los contextos teóricos tratados en el aula. • Elaborar conclusiones derivadas de un proceso experimental. (prácticas de laboratorio ya sean reales o virtuales)

Tabla 2.2 Estructura de la competencia Procedimental y Metodológica, niveles y desempeños de comprensión para un curso de Electromagnetismo de los programas de Ingeniería.

Acción interpretativa:

Comprende acciones orientadas a “encontrar el sentido” de un texto, de un problema, de una gráfica, de un mapa conceptual, de una práctica de laboratorio, de un esquema, de los argumentos (proposiciones) a favor o en contra de los tópicos de la teoría electromagnética o de una propuesta.

Acción argumentativa: tiene como fin:

- Dar razones a una afirmación, expresadas en la “explicación de los porqués” de un argumento o proposición.
- La “articulación de los conceptos y la teoría electromagnética” para justificar una afirmación.
- La “demostración matemática”; deducciones analíticas.
- La “conexión” de reconstrucciones parciales de un texto que fundamenten la reconstrucción global.
- La “organización de premisas” (indicios) para sustentar una conclusión.

Acción propositiva: se refiere a:

- Generación de hipótesis.
- Resolución de problemas.
- Proposición de alternativas de solución.

En términos generales resumimos las *tres competencias básicas* así:

COMPETENCIA	**CARACTERÍSTICA**
INTERPRETATIVA (comentar, comprender, descifrar, explicar)	INTERPRETAR SITUACIONES
ARGUMENTATIVA (proponer, razonar, objetar)	ESTABLECER CONDICIONES
PROPOSITIVA (exponer, formular)	PLANTEAR Y CONTRASTAR HIPÓTESIS

Tabla 2.3 Competencias básicas.

2.3 Preguntas que obligan a esforzarse por comprender los diversos tópicos del electromagnetismo[7]

Es posible evaluar la comprensión de los estudiantes, planteándoles situaciones problemáticas y preguntas de tipo conceptual que permitan la reflexión, la discusión y la argumentación. El siguiente es un banco de preguntas y situaciones problemicas muy útiles para tal fin. Varias de ellas les fueron formuladas a los estudiantes de Ingeniería en el transcurso del curso de Electromagnetismo de la Universidad Católica de Colombia, en los semestres de los años 2006 y 2007. Las discusiones entre docente y estudiantes a partir de estas preguntas y situaciones problemicas resultó ser una experiencia enriquecedora para todos, contribuyendo a fundamentar la comprensión de los diversos tópicos del curso.

Algunas de estas preguntas y situaciones problemicas se implementaron como introducción a tópicos específicos con el ánimo de sondear los conocimientos previos de los estudiantes y encaminar la clase a partir de sus desaciertos. En otros casos, fueron implementadas durante el desarrollo de los temas o al final de la unidad.

Evalúe su comprensión acerca de los diversos tópicos del electromagnetismo:

- Suponga que las líneas de campo eléctrico en una región del espacio son líneas rectas. Si se libera en esa región una partícula con carga inicialmente en reposo, la trayectoria de la partícula *será* una línea recta. Explique por qué.
- Cuando hace buen tiempo, aparece un campo eléctrico sobre la superficie de la tierra, que apunta hacia el interior de ésta. ¿Cuál es el signo de la carga del suelo en dicho caso?
- ¿Qué es erróneo en la siguiente afirmación? “10000 voltios de electricidad recorrieron el cuerpo de la víctima”.

[7] Algunas de estas preguntas fueron tomadas de Física Universitaria. Undécima edición. Volumen 2. Sears – Zemansky –Young - Freedman. 2005. Otras, de Física II. Texto basado en cálculo. Tercera edición. Serway-Jewet. 2002. En muchos casos fueron adaptadas.

- Si una molécula de agua está orientada con su momento dipolar formando un ángulo de 90º con respecto a un campo eléctrico de magnitud conocida, ¿cómo evalúa el momento de torsión sobre la molécula?
- Una caja de forma prismática rectangular contiene una carga positiva adentro. Si se aumentan todas las dimensiones de la caja por un factor de tres, ¿qué efecto tendrá este cambio en el flujo eléctrico a través de la caja?
- A fin de generar la cantidad máxima de energía posible, los paneles solares se instalan de modo que estén aproximadamente de cara al Sol como sea posible. Explique en que sentido esta orientación es análoga a la obtención del flujo eléctrico máximo a través de una superficie plana.
- Se coloca una cantidad de carga eléctrica en un conductor. Si se conoce el tamaño y la forma del conductor, ¿se puede usar la ley de Gauss para calcular el campo eléctrico en una posición arbitraria externa al conductor?
- Para una superficie gaussiana a través de la cual el flujo neto sea cero, las siguientes cuatro afirmaciones *podrían* ser ciertas. ¿Cuáles de ellas *deben ser necesariamente* ciertas? a) No hay cargas en el interior de la superficie. b) La carga neta en el interior de la superficie es cero. c) El campo eléctrico es cero en todos los puntos de la superficie. d) El número de líneas de campo eléctrico que entran en la superficie es igual al número de líneas de campo que salen de ella.
- Los componentes de computadora sensibles se transportan a veces en recipientes eléctricamente conductores. ¿De qué modo protege esta práctica los componentes?
- ¿Cuál es la energía potencial total de un sistema de tres cargas positivas de igual magnitud colocadas en los vértices de un triángulo equilátero? ¿Es positivo o negativo el resultado? ¿Cuál es la interpretación física de este signo?
- Considere dos cargas eléctricas puntuales positivas, separadas una pequeña distancia. Represente en un mismo diagrama las superficies

equipotenciales y las líneas de campo eléctrico. ¿Cómo cambiaría el diagrama si se invierten los signos de las cargas?

- En cierta región del espacio el potencial eléctrico está dado por: $V=A+Bx+Cy^3+Dz^2$, donde A, B, C y D son constantes. ¿Cuál es el campo eléctrico en esta región?
- Si se duplica la cantidad de carga de un capacitor, ¿cómo cambia la capacitancia? ¿Depende su respuesta del tamaño o forma de los conductores que constituyen el capacitor? (Suponga que sólo hay vacío entre los conductores).
- Si se conectan en paralelo un capacitor de 2 μF y un capacitor de 4 μF, ¿cuál de ellos tiene la diferencia de potencial más grande entre sus bornes? ¿Cuál tiene la carga más grande?
- Si se conectan en serie un capacitor de 2 μF y un capacitor de 4 μF, ¿cuál de los dos tiene la mayor cantidad de energía almacenada? ¿Y si los capacitares se conectan en paralelo?
- Se dispone de una serie de bombillas y una batería. Se comienza con una bombilla conectada a la batería y se observa su iluminación. A continuación se añade otra bombilla y cada nueva bombilla que se va añadiendo se conecta en serie con la anterior. A medida que se añaden bombillas, a) ¿qué ocurre con la iluminación de las bombillas?, b) ¿con la corriente de las bombillas?, c) ¿con la potencia transferida por la batería?, d) ¿con el tiempo de vida de la batería? y e) ¿con el voltaje entre las terminales de la batería? Responda a estas mismas preguntas si las bombillas se añaden una por una en paralelo con la primera.
- El espacio entre las placas de un capacitor de placas paralelas está ocupado por una placa de dieléctrico con una constante dieléctrica K. A continuación se extrae la placa de dieléctrico. Las dos placas del capacitor tienen cargas Q y –Q, las cuales no cambian al mover la placa. ¿La energía almacenada en el capacitor es mayor, menor o la misma después de quitar el dieléctrico? Si es mayor, ¿cuál es la fuente de energía extra? Si es menor, ¿dónde está la energía perdida?

- Consulte una tabla de de constantes dieléctricas para diversas sustancias. ¿Por qué tiene el agua una constante dieléctrica tan grande?
- ¿Cuál es la magnitud del campo eléctrico a una distancia r desde una sola carga eléctrica puntual q incrustada en un dieléctrico cuya constante dieléctrica es K?
- Se mantiene un campo eléctrico constante en el interior de un objeto semiconductor al mismo tiempo que se reduce la temperatura del semiconductor. ¿Qué le ocurre a la densidad de corriente del semiconductor?
- En promedio, ¿qué distancia recorre entre colisiones un electrón a la deriva en el interior de un alambre de cobre? Especifique plenamente las consideraciones y variables tenidas en cuenta.
- La energía almacenada en un capacitor está dada por la expresión $U = q^2 / 2C$. Cuando se descarga un capacitor, ¿qué fracción de la energía inicial permanece cuando ha transcurrido un lapso equivalente a una constante de tiempo? ¿Depende la respuesta de cuánta energía había almacenada inicialmente?
- En una linterna de dos baterías, estas se conectan normalmente en serie. ¿Por qué no conectarlas en paralelo? ¿Qué posible ventaja se podría ganar conectando varias baterías idénticas en paralelo?
- Dos resistores R_1 y R_2 están conectados en paralelo a una fuente de fem con resistencia interna insignificante. ¿Qué le ocurre a la corriente que pasa por R_1 cuando se quita R_2 del circuito? Explique su razonamiento.
- Dos resistores R_1 y R_2 están conectados en serie a una fuente de fem con resistencia interna insignificante. ¿Qué le ocurre a la corriente que pasa por R_1 cuando se conecta un tercer resistor R_3 en paralelo con R_2? Explique su razonamiento.
- Dibuje las líneas de campo magnético debidas a una espira circular portadora de una corriente. ¿Cuál es la dirección del momento magnético de esta espira? ¿Cuál de los lados de la espira equivale al polo norte de un imán, y cuál lado equivale al polo sur?

- Suponga que se le entrega un trozo de metal con una concentración de electrones móviles conocida. Explique como podría medir la intensidad de un campo magnético utilizando sólo este trozo de metal, una fuente de fem, un voltímetro y un amperímetro.
- Se dispara una partícula con carga eléctrica hacia una región cúbica del espacio donde hay un campo magnético uniforme. Afuera de esta región no hay campo magnético alguno. ¿Es posible que la partícula permanezca dentro de la región cúbica? ¿Por qué?
- ¿Puede una partícula con carga trasladarse a través de un campo magnético sin experimentar ninguna fuerza? De ser así, ¿cómo? En caso contrario, ¿por qué?
- ¿Cómo puede utilizarse el movimiento de una partícula cargada para diferenciar entre un campo magnético y un campo eléctrico en una determinada región?
- Si dos protones viajan paralelos uno del otro en la misma dirección y con la misma rapidez, ¿es de atracción o de repulsión la fuerza magnética entre ellos? ¿Y la fuerza neta entre ellos? (Suponga que la rapidez de los electrones es mucho menor que la rapidez de la luz)
- Se lanzan dos partículas cargadas a una región en la que el campo magnético es perpendicular a sus velocidades. Si las cargas se desvían en direcciones opuestas, ¿qué se puede decir de ellas? Justifique sus respuestas.
- Todas las líneas de campo magnético forman espiras cerradas. Con base en la ley de Ampere, explique por qué toda espira cerrada debe encerrar una corriente. Explique por qué un imán de barra debe tener corrientes en su interior.
- Considere un alambre conductor que se extiende a lo largo del eje central de un cilindro conductor hueco. Un arreglo de este tipo, conocido como cable coaxial, tiene numerosas aplicaciones en el campo de las telecomunicaciones. En un cable coaxial fluye una corriente i en un sentido a lo largo del cilindro conductor hueco, la cual se extiende uniformemente en toda el área de sección transversal del cilindro. Una corriente igual fluye en el sentido opuesto a lo largo del

alambre central. Con base en la ley de Ampere, explique por qué las corrientes no crean campo magnético alguno afuera del cable.

- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas relativas de la ley de Ampere y de la ley de Biot y Savart respecto al cálculo práctico de campos magnéticos?
- El flujo de partículas con carga que el Sol emite durante los periodos de actividad solar genera una perturbación en el campo magnético terrestre. ¿Cómo ocurre esto?
- El campo magnético de la tierra apunta hacia el norte (magnético). Para simplificar, suponga que el campo no tiene componente vertical (como es el caso cerca del ecuador terrestre). Si usted sostiene una barra metálica en la mano y camina hacia el este, ¿cómo orientaría la barra para obtener la máxima fem de movimiento entre sus extremos? ¿Cómo debe sostenerla para obtener una fem nula? ¿En qué dirección debe caminar para que la fem de movimiento entre los extremos de la barra sea nula, no importa cómo esté orientada la barra?
- Si menea con rapidez para un lado y otro un imán en su mano, ¿genera un campo eléctrico? De ser así, ¿es conservativo este campo?
- Si se invierte el sentido de la corriente en un solenoide conservando la misma magnitud, ¿cuál es el efecto sobre el campo magnético del interior del solenoide? ¿Cuál es el efecto sobre la energía de campo magnético almacenada en el solenoide?
- Se aplica un voltaje oscilante de amplitud fija entre los extremos de un elemento de circuito. Si se aumenta la frecuencia de este voltaje, ¿cómo cambia la amplitud de la corriente a través del elemento si se trata de a) un resistor, b) un inductor o c) un capacitor?
- ¿Cómo cambia la frecuencia de resonancia de un circuito R-L-C en serie si se acorta la distancia entre las placas del capacitor?
- ¿Por qué a veces la recepción de los teléfonos celulares es mala en el interior de los edificios que tienen estructura de acero?
- ¿Es posible que una onda puramente eléctrica, es decir, una onda compuesta de un campo eléctrico pero ningún campo magnético, se

propague a través del espacio vacío? ¿Y una onda puramente magnética, con un campo magnético pero ningún campo eléctrico?

- Una onda electromagnética sinusoidal viaja en la dirección z negativa. ¿Cuáles son las posibles funciones de onda de **E** y **B** si la onda está linealmente polarizada en la dirección x?
- ¿Tiene energía una onda electromagnética *estacionaria*? ¿Tiene cantidad de movimiento? ¿Son sus respuestas a estas preguntas las mismas que las correspondientes a una onda viajera (mecánica)?
- Cite varios ejemplos de ondas electromagnéticas que se presenten en la vida diaria. ¿En qué se parecen todos ellos? ¿En qué difieren?
- Una onda electromagnética transfiere energía a lo largo del eje z positivo. En un cierto instante, el vector de campo eléctrico está orientado en la dirección negativa de x. ¿En qué dirección apunta el vector de campo magnético en ese instante?

2.4 El mapa conceptual y la comprensión del electromagnetismo

Los mapas conceptuales, son una técnica muy utilizada en el ámbito educativo. Han sido utilizados desde la educación preescolar hasta la educación superior, para la elaboración de informes, organigramas, presentación de síntesis de contenidos programáticos o de diversos textos y en tesis de investigación, entre otros. Un ejemplo inmediato está presente en esta Tesis, en donde se ha utilizado con diversos propósitos.

En cuanto a la Física y particularmente al electromagnetismo, al ser utilizados como técnica de estudio y herramienta de aprendizaje, le permiten al estudiante organizar, interrelacionar y fijar el conocimiento del contenido estudiado, facilitándole de esta manera su comprensión. Al docente le permite estructurar y presentar mejor los contenidos que pretende enseñar y así mismo construir con sus estudiantes, explorando en ellos sus conocimientos previos y preconceptos.

El ejercicio de elaboración de mapas conceptuales fomenta la reflexión, el análisis y la creatividad en los estudiantes, potenciando de esta manera el

aprendizaje autónomo, el cual juega un papel importante en la Teoría de la Enseñanza-Aprendizaje para la Comprensión (EApC). No es sensato pretender que solo con el ejercicio de elaboración de mapas conceptuales se garantice la comprensión, pues el ejercicio debe ser orientado paralelamente con la implementación de otras actividades y estrategias metodológicas como por ejemplo: las prácticas virtuales interactivas (que pueden ser de laboratorio, de consulta guiada o taller de solución de problemas de aplicación…), la experimentación real (prácticas de laboratorio bien pensadas y diseñadas, con su respectivo soporte instruccional para los estudiantes) y el uso pertinente de las nuevas tecnologías, entre otras, mediante las cuales también sean posibles los desempeños de comprensión como resúmenes argumentativos, análisis critico-reflexivos, exposiciones y presentaciones en Power Point, análisis de conceptos, discusiones en grupo, elaboración de informes... Del Castillo y Olivares Barberán (2001) dijeron, "el mapa conceptual aparece como una herramienta de asociación, interrelación, discriminación, descripción y ejemplificación de contenidos, con un alto poder de visualización". De igual manera expresan que “los mapas no deben ser principio y fin de un contenido, siendo necesario seguir adelante con la unidad didáctica programada, clases expositivas, ejercicios-tipo, resolución de problemas, tareas grupales... etc."
Concluimos, entonces, que la implementación de los mapas conceptuales no debe hacerse de forma desvinculada de otras técnicas y estrategias ya que puede limitar el aprendizaje comprensivo. Por ejemplo, el uso de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación, a través de los beneficios de la Internet, facilita la construcción de *mapas conceptuales dinámicos* que permiten ampliar, profundizar e interactuar gracias a los conceptos de *enlace* e *hipertexto*. Los contenidos temáticos del curso de Electromagnetismo para estudiantes de Ingeniería son propuestos, bajo esta perspectiva, en este trabajo en un capítulo aparte.

La implementación de mapas conceptuales contribuye a que los estudiantes comprendan los contenidos de los diferentes cursos de física, aspecto constatado con los diferentes estudiantes de Ingeniería de las Universidades Católica de Colombia y Piloto de Colombia que tomaron el curso de

Electromagnetismo durante los semestres académicos de los años 2006 y 2007.

Los mapas conceptuales elaborados por docentes y/o estudiantes con una finalidad didáctica, que busca la comprensión del electromagnetismo, entre otras cosas:

- Facilitan la organización lógica y estructurada de los contenidos de aprendizaje, ya que son útiles para seleccionar, extraer y separar la información significativa o importante de la información superficial.
- Permiten interpretar, comprender, extrapolar e inferir de la lectura realizada.
- Permiten integrar la información en un todo, estableciendo relaciones de subordinación e interrelación.
- Contribuyen con el desarrollo de ideas y conceptos a través de un aprendizaje interrelacionado, pudiéndose precisar si un concepto es en si válido e importante y si hacen falta enlaces; lo cual le permite al estudiante determinar la necesidad de investigar y profundizar en el contenido.
- Facilitan la inserción de nuevos conceptos en la propia estructura de conocimiento.
- Permiten organizar el pensamiento.
- Sirven para expresar el propio conocimiento actual acerca de un tópico.
- Facilitan la organización del material de estudio.
- Al utilizarse imágenes y colores, facilitan mayor fijación en la memoria, dada la capacidad del hombre de recordar imágenes.

2.5 Las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTICs) en la Educación

Gracias a las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTICs) la sociedad actual se encuentra experimentando profundos cambios en todos los frentes… la Educación no escapa a este fenómeno. La velocidad de la comunicación y la producción de información se aceleran, creciendo la interdependencia a escala global. La base tecnológica de este nuevo proceso es la Internet, la cual ha ocasionado que los sistemas educacionales estén

cambiando, y tendrán que seguir cambiando, para adaptarse a las nuevas circunstancias. Este hecho se hace evidente de manera particular en el ámbito de la educación superior (universitaria).

Para promover un cambio cualitativo en la educación, debe partirse de nuevos modelos de relación entre docentes y estudiantes y de las experiencias educativas presénciales y no presénciales que diseñen los docentes para generar nuevos conocimientos, destrezas y habilidades pertinentes en sus estudiantes. La Internet es un espacio (ciberespacio) donde estos nuevos mecanismos para generar y construir el conocimiento tienen un mayor dominio. En ella se produce una construcción de los significados, mediados por los elementos tecnológicos, de manera compartida. El manejo y la distribución del conocimiento han sufrido grandes modificaciones gracias a la Internet, el acceso a él es para todo aquel que se conecte a la red.

Es fundamental, entonces, que los docentes dispongan de un conocimiento teórico justificado en la investigación-acción, que junto con su experiencia les permitan el desarrollo coherente de prácticas educativas adecuadas a los nuevos entornos, materiales y medios. Estas prácticas deberán integrar el uso de las NTICs con el fin de promover procesos de enseñanza –aprendizaje *en* y *para* la sociedad de la información.

La integración de las NTICs a las prácticas educativas debe llevarse a cabo desde tres perspectivas distintas: Una, la consideración del conjunto de destrezas y competencias que supone el uso de las NTICs para docentes y estudiantes. Otra, como potente recurso en manos del docente, medio eficaz y motivador de presentación y tratamiento de la información orientado a fomentar procesos de organización del conocimiento del mundo del estudiante. Y la tercera, como agente de cambio por el impacto que suponen respecto a los modos de acceder al conocimiento, al intercambio de información y a la metodología de los procesos de enseñanza–aprendizaje. Esta práctica educativa requiere que los docentes se comprometan en acciones que abarcan desde la elaboración de materiales curriculares hasta su ensayo en la práctica, evaluación y posterior implementación. Es necesario que este proceso sea intencional y planificado; se trata de diseñar actividades mediadas de

aprendizaje concretas, en las que intervengan como elementos del proceso: el diseño, el análisis, la selección, aplicación y evaluación de los recursos tecnológicos centrados en el aprendizaje.

Las actividades que diseñe el docente, para los estudiantes, deberán ser tales que, si se inician en el entorno presencial puedan ser continuadas en el entorno virtual; en el primero, con la guía, orientación y acompañamiento del docente, en el segundo con la actuación más libre y autónoma de los estudiantes.

Este tipo de actividades, interactivas en el caso de la Física, particularmente del Electromagnetismo, son de gran agrado para los estudiantes universitarios, siendo las NTICs el elemento primordial que posibilita el enriquecimiento del proceso enseñanza-aprendizaje.

La innovación tecnológica motiva y obliga al cambio, haciendo pensar en una transformación de las concepciones y prácticas pedagógicas, lo que significa generar nuevos espacios para el aprendizaje caracterizados por la flexibilidad, el cambio en las formas organizativas del tiempo y el espacio, el desarrollo de modelos de aprendizaje distintos a los tradicionales, la formulación de nuevas estrategias de enseñanza y de aprendizaje. La integración de las NTICs a las actividades regulares de la clase exige del docente más tiempo y, además, la voluntad de experimentar nuevos enfoques y métodos. Estos cambios de actitudes y de prácticas pedagógicas no se pueden realizar de la noche a la mañana, y no basta con la buena voluntad y capacitación actualizada de los docentes, si las instituciones universitarias no apoyan con la infraestructura requerida a todo nivel.

El rol del docente debe ser el de orientar y facilitar el aprendizaje, guiando al estudiante en el manejo del material que debe conocer, induciéndolo a la reflexión crítica y profundización de lo aprendido. Juega un papel importante como asesor y consejero en cuanto a las técnicas de estudio, la resolución de consultas y otras dificultades de aprendizaje que pueda presentar.

2.5.1 Competencias de un docente universitario en el uso de las NTICs

Es necesario hacer explicito cuales pueden ser los aportes de las NTIC en la educación, realizando las adaptaciones curriculares que permitan su efectiva inclusión al ámbito universitario. Por lo tanto, los docentes se constituyen en el elemento primordial en la integración de las NTIC siendo necesario que desarrollen las competencias que les permitan aprovecharlas en las diferentes materias que orientan.

Diversos países y organizaciones vienen realizando múltiples esfuerzos, por diseñar y divulgar propuestas de estándares y competencias básicas en diferentes áreas del conocimiento, se viene planteando el dominio de las NTICs como una competencia básica transversal a todas las áreas, ubicándola al mismo nivel de la lectura, escritura y el cálculo matemático: En la conferencia mundial de 1998 sobre Educación Superior, la UNESCO definió algunas características, actitudes y aptitudes necesarias en los docentes universitarios para el siglo XXI, entre ellas: “Emplear las posibilidades que brinda el desarrollo de las tecnologías de información y comunicación en el proceso educativo” (UNESCO, 1998).

El comité de acreditación y criterios profesionales de la sociedad internacional para la tecnología en la educación “ISTE” (ISTE@, 2002), desarrolló los Estándares Internacionales de Tecnología en Educación de los EEUU (NETS), en donde se definen los indicadores de desempeño para docentes que utilizan NTICs ya sea que se encuentren en proceso de formación y/o en ejercicio de la profesión docente en diferentes niveles (incluido el universitario).

Diversas universidades Colombianas vienen desarrollando propuestas de formación de docentes incorporando NTICs, desde programas cortos y puntuales (los más comunes), siguiendo con programas institucionales como los de la Universidad del Norte y Universidad de Antioquia[8], hasta el diseño de diplomados con una clara tendencia al desarrollo de habilidades y destrezas como el ofrecido por La Pontificia Universidad Javeriana[9].

[8] Ricardo, 2004; udea@,2004

[9] Javeriana@, 2003.

El gran reto es, entonces, que los docentes desarrollen las competencias apropiadas que les permitan aprovechar con sentido pedagógico el potencial comunicativo e interactivo de las NTICs, permitiéndoles incorporarlas significativamente en el ámbito académico.

Se exponen a continuación dichas competencias, extractadas de una Ponencia de Patricia Toro, Patricia Ochoa, Gustavo Villegas y Claudia Zea, en el Primer Congreso Internacional de Educación Mediada con Tecnologías. Propuesta que las agrupa en cuatro categorías de base[10].

Figura 2.2 Mapa conceptual sobre las competencias de un docente universitario en el uso de las NTICs

[10] Categorías tomadas a partir del modelo Conexiones (Zea; Atuesta; González, 2000).

COMPETENCIAS / CATEGORIAS	*BÁSICAS*	*DESEABLES*	*AVANZADAS*
1. ALFABETIZACIÓN TECNOLÓGICA	**Conceptos** (saber-saber): Conoce los componentes básicos de los sistemas informáticos y sus principales funciones. Conoce la terminología básica de los sistemas operativos. Conoce los diferentes componentes de los computadores y sus periféricos. **Procedimientos** (saber-hacer): Organiza adecuadamente la información mediante archivos y carpetas. Domina la utilización de los elementos genéricos de los diferentes programas. Guarda y recupera la información en el computador y en diferentes soportes externos. **Actitudes** (saber-ser y convivir juntos): Muestra interés por actualizar los conocimientos básicos alrededor de las TIC. Asume una postura proactiva hacia los problemas técnicos cotidianos asociados a estas tecnologías.	N/A	N/A
	Conceptos (saber-saber): Conoce los elementos básicos para navegar por Internet, almacenar recuperar, clasificar e imprimir información. Conoce el ambiente de trabajo del procesador de textos, la hoja de cálculo y de algún software de base de datos. Conoce los elementos básicos de los mapas conceptuales digitales. Conoce los editores básicos para la creación de páginas Web.	**Conceptos** (saber-saber): Conoce las principales funciones de los editores de textos, graficadores y hojas de presentación al que se le adicionan recursos multimediales. Conoce las diferentes técnicas para generar reportes y cruzar información en las bases de datos. **Procedimientos** (saber-hacer): Utiliza los sistemas de gestión de las bases de	

N/A

2. DESARROLLO PRODUCTIVO	**Procedimientos** (saber-hacer): Utiliza motores para búsqueda de información en Web. Utiliza las distintas herramientas del procesador de texto, la base de datos, la hoja de cálculo y las utilidades de impresión y gráficos. Utiliza las funciones básicas de un editor gráfico. **Actitudes** (saber-ser y convivir juntos): Contrasta la validez y actualidad de la información localizada. Valora las ventajas y los inconvenientes de los diferentes soportes electrónicos/digitales. Demuestra conocimiento frente a los problemas de equidad, éticos y humanos relacionados con el uso de la informática y la tecnología. Demuestra un sentido crítico frente a los cibermedios de comunicación.	datos, que le permitan almacenar y acceder a los datos de forma rápida y estructurada. Realiza textos y presentaciones que incluyen recursos multimediales e hipertextuales entre diferentes documentos. Construye mapas conceptuales multimediales, adicionándoles recursos y generando mapas colaborativos con otros docentes y estudiantes. Construye una página Web personal y/o académica. **Actitudes** (saber-ser y convivir juntos): Las mismas de las competencias básicas.	
3. INTEGRACIÓN DE LAS TIC EN AMBIENTES DE APRENDIZAJE	**Conceptos** (saber-saber): Conoce las múltiples fuentes de información que proporciona Internet (biblioteca – cursos – materiales). Conoce diferentes recursos informáticos asociados con las asignaturas que imparte (aplicaciones, simulaciones y software). Conoce el acceso a bibliotecas digitales y a bases de datos especializadas. **Procedimientos** (saber-hacer): Utiliza, explora y evalúa material informático, aplicaciones, simuladores y software educativo. Identifica los recursos para mantenerse al día en aplicaciones informáticas y tecnológicas. Diseña y desarrolla actividades de aprendizaje que integren la informática y la tecnología. **Actitudes** (saber-ser y convivir juntos): Promueve en los estudiantes el uso de las NTIC, como fuente de información y como	Concepto**s** (saber-saber): Conoce las estrategias de integración de los recursos NTIC en la planificación y desarrollo de asignaturas. Identifica y localiza recursos tecnológicos y evalúa su precisión e idoneidad. **Procedimientos** (saber-hacer): Aplica los principios educativos y las investigaciones actuales al uso pedagógico de las NTIC. Planea el manejo de recursos tecnológicos dentro del contexto de las actividades de aprendizaje. Utiliza búsqueda de información digital, en bases de datos especializadas. Elabora talleres, presentaciones y materiales didácticos multimedia de apoyo para los estudiantes. Usa diversas ayudas que aportan las NTIC para el seguimiento y la evaluación de los estudiantes. Usa la tecnología para obtener y analizar datos, interpretar resultados y comunicar	**Conceptos** (saber-saber): Conoce diferentes programas de autor para la generación de materiales electrónicos. **Procedimientos** (saber-hacer): Usa programas de autor para elaborar materiales educativos con actividades interactivas virtuales. Diseña y construye materiales informáticos (aplicaciones, simuladores y software. **Actitudes** (saber-ser y convivir juntos): Las mismas de las competencias básicas.

	medio de expresión. Muestra actitudes favorables para el aprendizaje continuo y la actualización permanente. Posee actitudes favorables al trabajo en equipo y a compartir información digital con otros.	hallazgos con el fin de mejorar las prácticas educativas y el aprendizaje de los estudiantes. Comparte recursos digitales con pares académicos. **Actitudes** (saber-ser y convivir juntos): Las mismas de las competencias básicas.	
4. EDUCACIÓN ON LINE	**Conceptos** (saber-saber): Conoce las diversas posibilidades y funcionalidades de los entornos virtuales de aprendizaje. Conoce las diferentes estrategias de tutoría en ambientes virtuales. Identifica las potencialidades, requerimientos, y características de un sistema de educación On line. **Procedimientos** (saber-hacer): Participa en proyectos de trabajo colaborativo (listas de discusión, debates temáticos, cursos de formación On line). Utiliza las tecnologías informáticas para acceder a la información que incremente la productividad personal y profesional. Realiza un uso eficiente de las tutorías virtuales (hace seguimiento de las actividades, retroalimenta informes...). Utiliza plataformas o campos virtuales. **Actitudes** (saber-ser y convivir juntos): Mantiene una actitud abierta y crítica ante la sociedad de la información. Es abierto a la investigación en el aula para aprovechar al máximo las posibilidades didácticas de los apoyos que proporcionan las NTIC. Muestra actitudes positivas hacia usos de las NTIC que apoyan el aprendizaje continuo y colaborativo.	**Conceptos** (saber-saber): Conoce los elementos asociados con la creación, orientación y síntesis de foros virtuales. Conoce las diversas políticas de derechos de autor para manejo y difusión de materiales electrónicos. **Procedimientos** (saber-hacer): Orienta e interactúa con diseñadores de materiales multimediales. Participa y está en capacidad de organizar actividades educativas por audio-conferencia, tele-conferencia, audio-grafía y videoconferencia. Usa programas de autor para elaborar materiales educativos con actividades interactivas virtuales. Evalúa y selecciona nuevas fuentes de información e innovaciones tecnológicas con fundamento en su adecuación para tareas específicas. **Actitudes** (saber-ser y convivir juntos): Mantiene actitudes abiertas y críticas ante la sociedad actual (era de Internet, sociedad de la información) y las NTIC. Es abierto a la investigación en el aula para aprovechar al máximo las posibilidades didácticas de los apoyos que proporcionan las NTIC. Muestra disposición al aprendizaje continuo y a la actualización permanente en la virtualidad. Tiene actitudes positivas hacia los usos de las NTIC para el trabajo colaborativo y la productividad. Respeta las diversas políticas de derechos de autor en	**Conceptos** (saber-saber): Conoce las diferentes estrategias didácticas y técnicas para la generación de contenidos en ambientes virtuales. **Procedimientos** (saber-hacer): Organiza sesiones virtuales y bimodales aprovechando plenamente el potencial de las NTIC (desarrollo de contenidos, actividades de aprendizaje, seguimiento y evaluación). **Actitudes** (saber-ser y convivir juntos): Las mismas de las competencias deseables.

		materiales electrónicos.	

Tabla 2.4 Competencias de un docente universitario en el uso de las NTICs.

2.6 Las NTICs y la comprensión del electromagnetismo

Tanto docentes como estudiantes, actualmente, se encuentran inmersos en la sociedad de la información y la tecnología. La tecnología está ahí a su disposición, siendo un compromiso de los docentes hacer buen uso de ella innovando y mejorando los procesos de enseñanza-aprendizaje, y un compromiso de los estudiantes involucrarse con los cambios que estas implican en su formación.

La implementación de las NTICs como estrategia metodológica para potenciar la comprensión del electromagnetismo en los programas de Ingeniería, propuesta en este trabajo, y que ha sido llevada a cabo en la Universidad Católica de Colombia, tiene que ver específicamente con: El Hipertexto, la construcción de Mapas Conceptuales Dinámicos, las Prácticas Virtuales Interactivas (taller virtual, consulta guiada y laboratorio virtual) y el manejo de Software especializado para el trabajo experimental (utilizado en las prácticas de laboratorio convencional)

2.6.1 El Hipertexto

El Diccionario de la Real Academia de la Lengua, define el Hipertexto como:”texto que contiene elementos a partir de los cuales se puede acceder a otra información”.

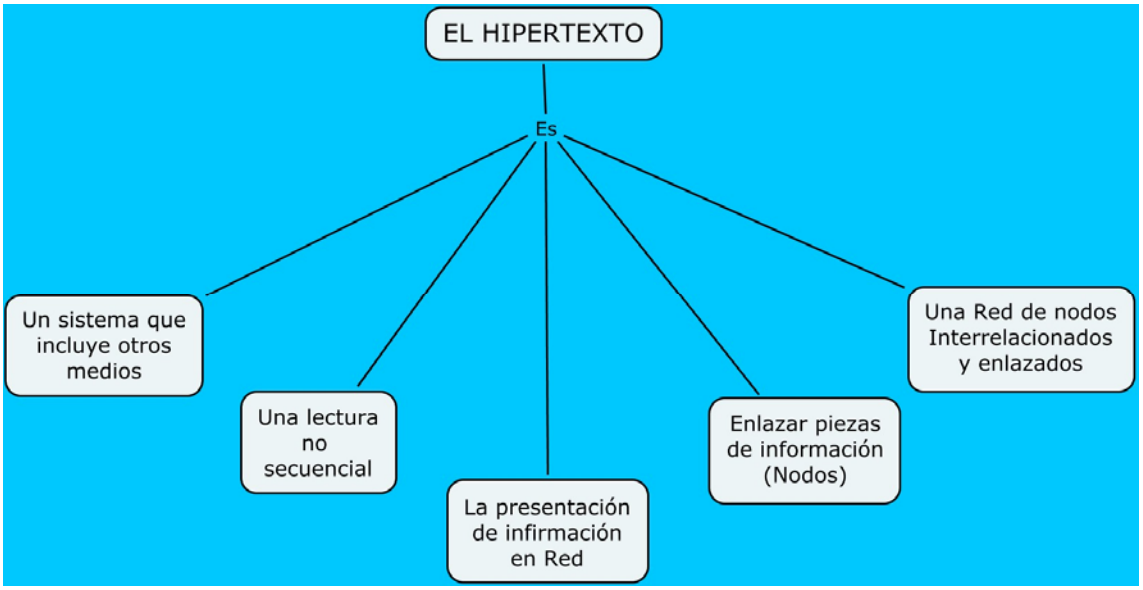


Figura 2.3 Mapa conceptual sobre El Hipertexto.

Jacob Nielsen (2000), utiliza el término Hipertexto para referirse a sistemas que incluyen otros medios como gráficas, video, sonido y animación. Según él, "un verdadero hipertexto debe hacer sentir a los usuarios que pueden moverse libremente a través de la información, de acuerdo con sus propias necesidades".

Theodore Holm Nelson (1965) dio forma a las palabras *hipertexto* e *hipermedia*. Tuvo la gran idea de diseñar un sistema para manejo de textos que permitiera a los escritores revisar, comparar y corregir su trabajo con facilidad. Él lo definió como, "lectura no secuencial" y así: "Hipertexto es la presentación de información como una Red de nodos enlazados a través de los cuales los lectores pueden navegar libremente en forma no lineal. Permite la coexistencia de varios autores, desliga las funciones de autor y lector, permite la ampliación de la información en forma casi ilimitada y crea múltiples rutas de lectura".

Michael Bieber (2000) define el Hipertexto como el concepto de Inter – relacionar (enlazar) piezas de información y utilizar esos enlaces para acceder a otras piezas de información relacionadas (un elemento de información o nodo puede ser desde una simple idea hasta la porción de un documento). "El

hipertexto es una colección o una Red de nodos que están Inter-relacionados o enlazados".

Los términos, *Hipertexto* e *Hipermedia* no son sinónimos. En general, el Hipertexto se refiere a elementos de texto relacionados, mientras que Hipermedia; que es un acrónimo que combina las palabras Hipertexto y Multimedia; incluye relaciones entre elementos de cualquier tipo de medio (texto, imágenes, sonidos, animaciones y videos, entre otros). Los conceptos son idénticos, pero el Hipertexto es más difícil de implementar en un medio no textual.

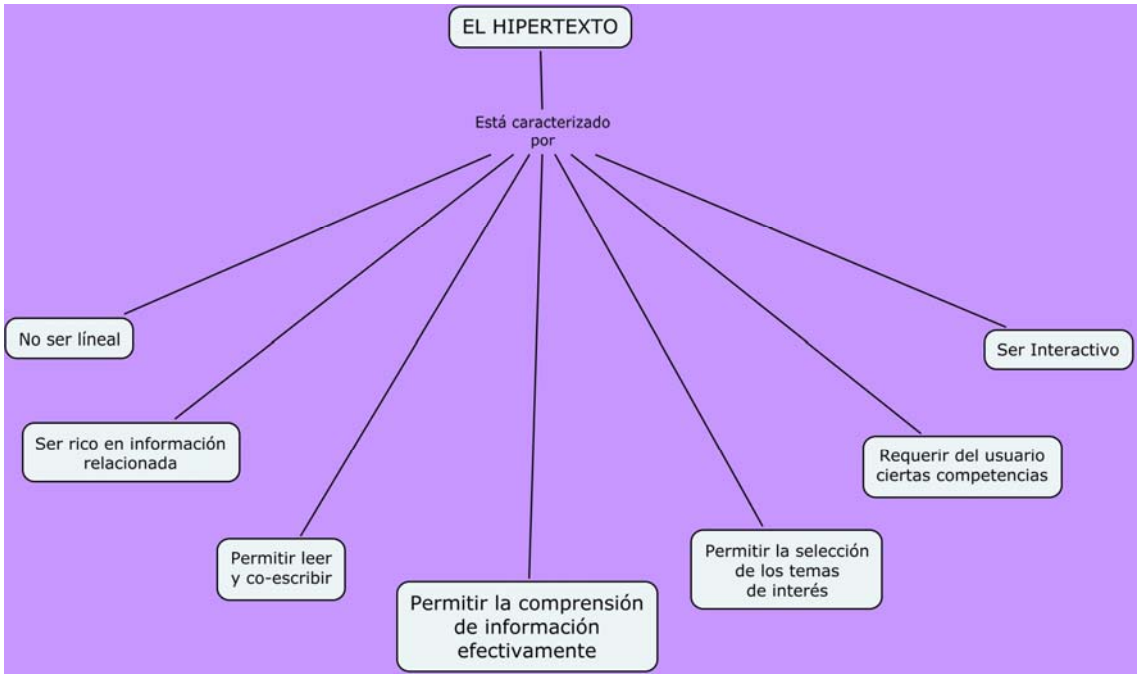


Figura 2.4 Mapa conceptual sobre las características del Hipertexto.

El hipertexto está caracterizado por:

- *No ser lineal*. A través de enlaces de navegación, los lectores pueden "saltar" por el documento como lo deseen. En efecto, ningún orden determina la secuencia de la información que se va a leer. El hipertexto da mayor control a los lectores de los documentos en línea, que el que pueden tener en un documento impreso.
- *Ser eminentemente interactivo.* Permite a cada usuario seleccionar los temas que sean de su interés o que le parezcan más importantes. Es bueno recordar aquí, que el usuario debe entender las ventajas y

desventajas de tener control absoluto de la dirección que tome al escoger los enlaces y estar en capacidad de establecer diferencias y prioridades entre enlaces.

- *Permitirle al autor ofrecer un contexto rico en información relacionada en torno a sus ideas principales.* Los textos escritos constriñen a los autores a seguir en su escritura un formato lineal. El Hipertexto libera a autores y lectores de esta forma de expresión. Los autores pueden estructurar sus textos como una Red de información con enlaces interrelacionados y resaltar la(s) idea(s) principal(es) con ellos.
- *Permitirle al usuario leer, co-escribir y comprender información más efectivamente.* El presentar la información en forma de Red permite a los lectores acceder a ésta de la manera que consideren más apropiada para el cumplimiento de sus objetivos. Además, la libertad de acceso a esa Red enriquecida con información relacionada ofrece un medio fecundo para entenderla. Se cree incluso que mejora la comprensión ya que se imita la Red de asociaciones que la gente usa cognitivamente para guardar y recuperar información.
- *Que si no está bien estructurado o si el usuario no ha desarrollado las competencias adecuadas, se puede desorientar fácilmente.* En los documentos con hipertexto a menudo se pierde el contexto. Los lectores pueden desorientarse y perder la pista de su posición dentro del documento. Sobre este inconveniente se hablará en el siguiente apartado.
- *Permitir seleccionar los temas de interés.* El hipertexto no debe utilizarse para fraccionar textos lineales extensos en varias páginas. El mejor uso del hipertexto consiste en permitirle al lector seleccionar los temas de su interés y descargar solamente esas páginas. La estructura del hipertexto debe basarse en un análisis de la audiencia.

Según Jacob Nielsen, un hipertexto es eficaz si: es fácil de aprender, es eficiente de usar, es fácil de recordar, es prácticamente libre de errores, y es amigable. El, plantea que el hipertexto no es apropiado para todos los usos, y ofrece tres reglas de oro para ayudar a determinar cuando es conveniente usarlo: Cuándo existe un gran cuerpo de información organizado en muchos

fragmentos; cuándo estos fragmentos se relacionan unos con otros; y, cuándo en cualquier momento, los lectores necesitan solamente una pequeña fracción de esta información.

Un sistema de Hipertexto le permite a un autor crear los nodos y los enlaces entre ellos, y permite al lector recorrerlos; esto es, navegar de un nodo a otro utilizando esos enlaces. Por lo general, el sistema de Hipertexto señala los puntos de enlace o indicadores de alguna manera dentro del nodo, cuando se muestran en el monitor del computador. (eje: textos subrayados en los documentos de la Web que se ven en los navegadores). Cuando el usuario selecciona el enlace indicado o marcado, haciendo clic sobre éste con el ratón, el sistema de Hipertexto recorre, busca, y exhibe el nodo que está al otro extremo del enlace. Si un solo marcador representa múltiples enlaces, el sistema de Hipertexto le presenta al usuario una lista de enlaces disponibles (los diseñadores de sistemas deben priorizar, filtrar, o establecer niveles, si consideran que el número de enlaces puede rebasar al usuario). Los principios de diseño de interfaz de usuario de Hipertexto recomiendan que cuando el propósito o destino del enlace no sea claro, el autor le ponga a éste un título. El sistema de Hipertexto incluye muchas características de navegación, anotación y configuración, que se apoyan en la estructura de los nodos y los enlaces para ayudar a los autores y a los lectores.

Veamos un ejemplo concreto. En el siguiente hipertexto, sobre el potencial eléctrico, encontramos diversos enlaces (hipervínculos) en los términos: iluminación, energía eléctrica, fuerza eléctrica, circuitos... que permiten la navegación al interior del mismo. En su construcción están involucradas las siguientes competencias básicas de un docente en el uso de las NTICs:

Competencia de desarrollo productivo:

- *Conceptos* (saber-saber): Conoce los elementos básicos para navegar por Internet, almacenar, recuperar, clasificar e imprimir información. Conoce el ambiente de trabajo del procesador de textos. Conoce los elementos básicos de los mapas conceptuales digitales.

- *Procedimientos* (saber-hacer): Utiliza motores para búsqueda de información en Web. Utiliza las distintas herramientas del procesador de texto y la base de datos.
- *Actitudes* (saber-ser y convivir juntos): Contrasta la validez y actualidad de la información localizada. Valora las ventajas y los inconvenientes de los diferentes soportes electrónicos/digitales. Demuestra un sentido crítico frente a los cibermedios de comunicación.

Competencia de integración de las NTICs en ambientes de aprendizaje:

- *Conceptos* (saber-saber): Conoce las múltiples fuentes de información que proporciona Internet (biblioteca – cursos – materiales). Conoce diferentes recursos informáticos asociados con las asignaturas que imparte (aplicaciones, simulaciones y software). Conoce el acceso a bibliotecas digitales y a bases de datos especializadas.

- *Procedimientos* (saber-hacer): Utiliza, explora y evalúa material informático, aplicaciones, simuladores y software educativo. Diseña y desarrolla actividades de aprendizaje que integren la informática y la tecnología.

- *Actitudes* (saber-ser y convivir juntos): Promueve en los estudiantes el uso de las NTICs, como fuente de información y como medio de expresión. Muestra actitudes favorables para el aprendizaje continuo y la actualización permanente. Posee actitudes favorables al trabajo en equipo y a compartir información digital con otros.

EL POTENCIAL ELECTRICO

“Cada vez que activamos la iluminación, un reproductor de discos compactos o un aparato eléctrico, hacemos uso de la energía eléctrica, un ingrediente indispensable en nuestra sociedad tecnológica.

Así como el concepto de energía permite resolver, de un modo muy sencillo, cierta clase de problemas de mecánica, también facilita la resolución de una gran variedad de problemas de electricidad.

Cuando una partícula con carga se desplaza en un campo eléctrico, el campo ejerce una fuerza eléctrica que puede realizar trabajo sobre la partícula. Este trabajo se puede expresar siempre en términos de energía potencial eléctrica. Del mismo modo que la energía potencial gravitatoria depende de la altura de una masa respecto a la superficie terrestre, la energía potencial eléctrica depende de la posición de la partícula con carga en el campo eléctrico. Describiremos la energía potencial eléctrica con base en un nuevo concepto denominado *potencial eléctrico*, o simplemente *potencial*. En los circuitos, una diferencia de potencial entre un punto y otro suele recibir el nombre de *voltaje*. Los conceptos de potencial y voltaje son cruciales para comprender cómo funcionan los circuitos eléctricos y tienen aplicaciones igualmente importantes en los haces de electrones de los cinescopios de televisión, los aceleradores de partículas de alta energía y muchos otros dispositivos".

En el anterior hipertexto se señalan los puntos de enlace o indicadores mediante un subrayado que permite la navegación de un nodo a otro. Cuando el lector selecciona el enlace indicado, haciendo clic sobre éste con el ratón, el sistema de hipertexto recorre, busca, y exhibe el nodo que está al otro extremo del enlace permitiendo complementar, profundizar e interrelacionar los diversos conceptos y temas involucrados con el potencial eléctrico. Haciendo uso de los enlaces podemos ampliar enormemente la información, incluso sobre temas que aparentemente no tienen relación con el potencial eléctrico pero que permiten una mayor comprensión. Si embargo, la utilización de estos enlaces no es necesaria para interpretar el texto expuesto. Podemos apreciar los siguientes elementos del texto relacionados entre si y con el concepto de potencial eléctrico: *Iluminación, energía eléctrica, electricidad, carga eléctrica, fuerza eléctrica, campo eléctrico, potencial eléctrico, voltaje, electrones y circuitos eléctricos.*

Los enlaces o vínculos son parte muy importante del hipertexto ya que permiten navegar un documento y pasar de un contenido relacionado a otro con un simple clic del ratón. Son una de las grandes ventajas de la lectura en línea pues permiten al lector decidir que ruta seguirá a través de la información.
En el ejemplo ilustrado anteriormente se utilizaron *enlaces de asociación* pretendiendo enriquecer el contenido del documento. Nos podemos dar cuenta que estos apuntan a tópicos que tienen diferentes grados de relevancia con el concepto original *de potencial eléctrico*, tópicos que ofrecen temas paralelos relacionados entre si.
Estos enlaces de asociación se utilizan comúnmente para: Aportar referencias cruzadas a material relacionado, proveer información básica detallada, argumentar sobre un tema sustentándolo en detalle o con la definición de los términos, proponer analogías que clarifiquen las relaciones entre partes disímiles de información, ofrecer reflexiones, ofrecer notas de pie de página o referencias, o permitir acceso a otros sitios Web.

La revolución electrónica ha modificado las formas de composición, de transmisión y apropiación de los textos. El hipertexto, una herramienta tan novedosa, está teniendo repercusiones significativas en el ámbito de la educación en general y en la educación superior en particular, dada la creciente utilización de textos electrónicos que hoy hacen los estudiantes universitarios.

2.6.2 Elaboración de mapas conceptuales dinámicos

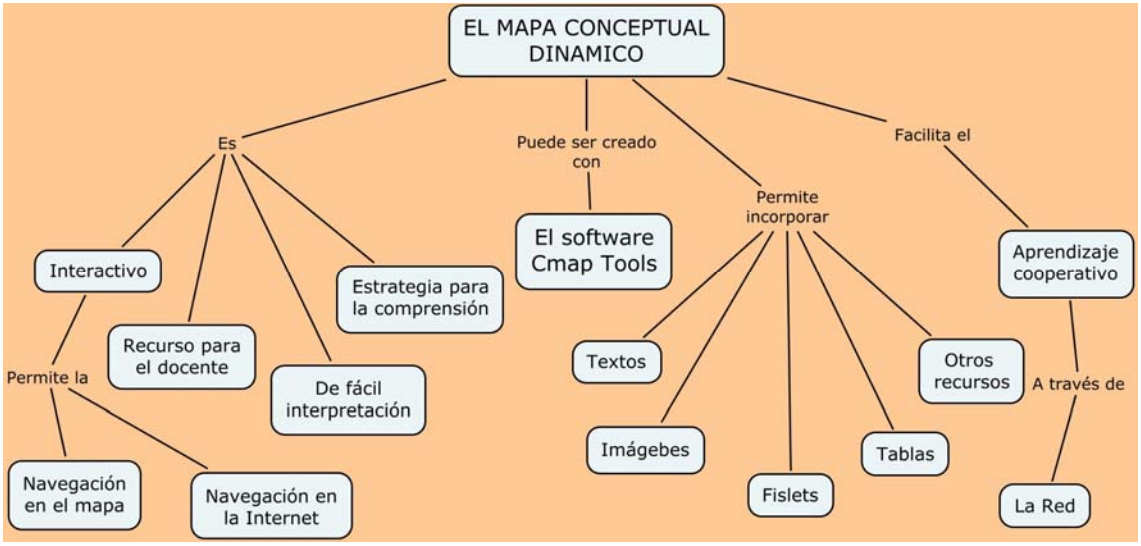


Figura 2.5 Mapa conceptual sobre el Mapa Conceptual Dinámico.

En este trabajo de investigación la implementación del mapa conceptual como estrategia metodológica para la enseñanza-aprendizaje del electromagnetismo jugó un papel de gran relevancia. Un resultado significativo y aporte a la Educación Universitaria, en el ámbito de la Ingeniería, es haber logrado pasar del mapa conceptual estático (tradicional) al *mapa conceptual dinámico*, valioso recurso para el docente que le ayuda a la presentación estructurada de los tópicos generadores del electromagnetismo que pretende enseñar, permitiéndole a su vez la organización de los diferentes materiales de enseñanza. Al estudiante, le permite avanzar significativamente en la comprensión de los temas y conceptos a partir de la elaboración de sus propios mapas, además que le obliga a hacer uso de las NTICs.

Podemos definir el *mapa conceptual dinámico* [11] como: la "técnica para la representación gráfica del conocimiento, basada en la construcción de una red o malla de conceptos y proposiciones que permite la navegación al interior de la misma gracias a las aplicaciones del Hipertexto y la Hipermedia".

Gracias al uso de las NTICs es que se hace posible la construcción de mapas conceptuales con estas características. La hipermedia permite incorporar en el mapa elementos de cualquier tipo de medio, como: textos, imágenes, sonidos, animaciones, simulaciones, aplicaciones físicas (fislets) y videos, entre otros.

[11] Concepto que surge en el transcurso de la investigación ilustrada en esta tesis a partir de los esfuerzos por construir mapas conceptuales enlazados entre si e interactivos a la vez.

Para el diseño y construcción de estos mapas se cuenta con bastante software libre, programas gratuitos que se pueden descargar de la Internet. Después de una minuciosa evaluación sobre varios de estos programas se eligió, pudiéndose recomendar de manera muy especial, el software "Cmap Tools" [12]. Son muchas las ventajas que ofrece este software, como:

- Con él, además de los mapas conceptuales, también pueden elaborarse Telarañas, Mapas de Ideas y Diagramas Causa-Efecto.
- Es fácil de utilizar, se aprende a manejar de manera intuitiva por el método de ensayo y error.
- Combinando el programa con la Internet, fácilmente se pueden buscar diferentes recursos (páginas, imágenes, textos, tablas, diagramas, simulaciones, animaciones, aplicaciones…) navegando por la Web para luego adjuntarlos a los conceptos del mapa.
- Permite adjuntar diversos recursos (imágenes, textos, tablas, diagramas, simulaciones, animaciones, aplicaciones…) a los conceptos del mapa de distintas fuentes, diferentes a la Internet.
- El uso de Cmap Tools, combinado con la Internet posibilita el intercambio intelectual de los estudiantes, propio del siglo XXI.[13] Además, facilita también el intercambio intelectual entre los diferentes usuarios de la Web.
- Es una valiosa herramienta para la educación y para la investigación.
- Es una herramienta basada en multimedia para la construcción de conocimiento que facilita la navegación.
- Facilita el aprendizaje cooperativo a través de la Red.

[12] Software diseñado por el Institute for Human and Machine cognition (Instituto para el conocimiento del hombre y la máquina, IHMC) de la Universidad de West Florida-Estados Unidos. disponible en: http://cmc.ihmc.us/

[13] Joseph D. Novak ha llamado a esta poderosa combinación, "Un Nuevo Modelo para la Educación".

2.6.3 El ordenador en la enseñanza de la física

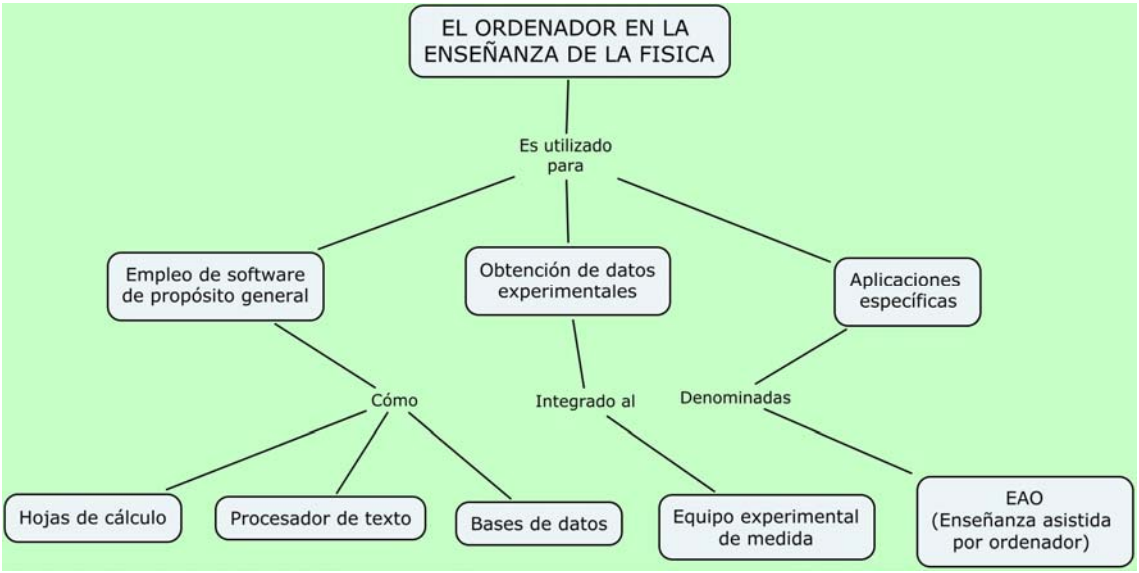


Figura 2.6 Mapa conceptual sobre el ordenador en la enseñanza de la Física.

El ordenador se ha constituido en un instrumento de uso obligatorio en el ámbito actual de la docencia. Numerosos estudios y experiencias realizadas acerca de la utilización de los ordenadores en la enseñanza han permitido clasificar en grupos las diferentes maneras de utilizar el ordenador en el aula: Guisasola (2000), se refiere a tres grandes grupos:

1. Empleo de software de propósito general. Se refiere a aquellas herramientas que no están diseñadas para aplicarlas en un contexto específico, sino que el estudiante puede utilizar para efectuar cálculos, organizar y visualizar datos o redactar textos. Concretamente las hojas de cálculo, procesadores de texto y bases de datos. El estudiante utiliza el ordenador como una herramienta más, como puede ser la regla o el compás en una clase de dibujo. En la actualidad se puede afirmar que todos los estudiantes universitarios manejan con solvencia el ordenador, es una herramienta imprescindible en su formación profesional.

2. Obtención de datos experimentales. El ordenador puede utilizarse tanto como elemento de control de los experimentos como para la obtención de datos experimentales. Desde esta perspectiva, el ordenador es un aparato más

integrado en el equipo experimental de medida, con algunas utilidades específicas de control del experimento que permiten la obtención de datos de una forma automatizada.

3. Aplicaciones específicas. Se le denomina *enseñanza asistida por* ordenador (EAO) y denota, de forma genérica, una metodología que posibilita y facilita la adquisición de unos contenidos de formación a través del ordenador. Se sabe que la utilización del ordenador mejora la actitud del estudiante hacia el aprendizaje de la disciplina, valorando positivamente su utilización. El software tiene como principal objetivo la introducción de conceptos nuevos y suele seguir el esquema conductista de la enseñanza programada, basado en un modelo de enseñanza transmisión-recepción donde el estudiante actúa como receptor de la información. Pocas aplicaciones tienen en cuenta el esquema constructivista de la enseñanza-aprendizaje. En estos casos el estudiante utiliza simulaciones con las que trabaja en forma interactiva.

A. Bartolomé (1992), clasifica el uso del ordenador así:
1. Como medio. Este uso está más centrado en las formas en que el software educativo. Incluye el aprendizaje de lenguajes como medio de enseñanza.
2. Como herramienta. Hace referencia a la posibilidad educativa que brinda cada sistema de aplicación para el tratamiento del conocimiento en que esté estrechamente relacionado con él.

J. A. Jiménez (1992), lo clasifica así:

1. Como recurso didáctico *(Enseñanza CON). Juega un papel esencial el profesor como usuario de medios para enseñar, mostrar.* [14]

2. Como instrumento para el aprendizaje (Aprender CON). El estudiante los emplea para conocer, analizar e investigar la realidad, actuando sobre ella.

[14] En la propuesta de los mapas conceptuales dinámicos y demás estrategias metodológicas, de este trabajo, el computador junto con los medios audiovisuales se constituyen en recursos didácticos imprescindibles para el docente en su labor de enseñar mostrando e ilustrando. Más aún, el docente debería contar con su computador personal portátil.

Sin este instrumento, por ejemplo, la construcción de los mapas conceptuales dinámicos y el desarrollo de las actividades virtuales por parte del estudiante serían impensables.

3. Como contenido curricular (Enseñanza PARA). O lo que es lo mismo, como objeto de estudio.[15]

4. Como recurso de organización escolar. Se concibe su uso para mejorar los procesos de comunicación, gestión y administración de las instituciones educativas.

5. Como instrumento al servicio de la evaluación. Se utilizan como un potente instrumento para facilitar y mejorar el proceso evaluativo respecto al análisis de las relaciones profesor-profesor, profesor-estudiante y estudiante-estudiante, y en la evaluación del funcionamiento de la institución.
Por ejemplo en la Universidad Católica de Colombia, en el Departamento de Ciencias Básicas, en el área de Física, Las sugerencias, revisión y corrección de todas las guías de laboratorio, guías de trabajo para el estudiante y exámenes parciales y finales es tarea de todos los docentes del área antes de ser implementadas con los estudiantes. Este proceso se realiza sin necesidad de reuniones ni desplazamientos gracias al computador y al correo electrónico.
Así mismo, en el proceso de la valoración continua, el seguimiento de algunos desempeños de comprensión, del estudiante, por parte del docente se facilita enormemente.

6. Como recurso de desarrollo comunitario. Su uso en el papel de agentes multiplicadores del desarrollo cultural y social de los centros educativos así como su trascendencia hacia la comunidad.

R. Rodríguez (2000), asume que se pueden utilizar de tres formas fundamentales:
1. Como objeto de estudio. (Que no es del caso en este trabajo)

[15] Que no es del caso en este trabajo.

2. *Como medio de enseñanza. Y*
3. Como herramienta de trabajo.

Los ordenadores juegan un papel importante en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la física, pues con ellos se puede revelar la importancia práctica del conocimiento que imparten los docentes. Trabajar con datos reales en los diferentes fenómenos físicos, mediante el ordenador, facilita la labor del estudiante en el cumplimiento de las diferentes acciones que conforman dichos procesos, facilita el tránsito de abstracto a lo concreto y viceversa a través de representaciones y las manipulaciones de ellas, logrando una mayor visualización de procesos y fenómenos abstractos, algo muy común en el caso del electromagnetismo en donde los conceptos abstractos juegan un papel relevante (es el caso de conceptos como carga eléctrica, campo eléctrico, campo magnético, onda electromagnética…).
De otra parte, se deben aprovechar los efectos motivadores que provocan las nuevas tecnologías para utilizarlas en función de lograr una mayor aceptación de la física por parte de los estudiantes, favoreciendo su comprensión.

La incorporación de los ordenadores en la enseñanza de las ciencias, y particularmente de la física, no debe hacerse como si fuera un instrumento externo desligado del sistema didáctico de la asignatura. Incorporando el ordenador como medio, y a la luz del marco general de la Teoría Enseñanza-Aprendizaje para la Comprensión, tendríamos el siguiente sistema didáctico: Metas de Comprensión – Tópicos Generadores – Métodos – Medios.
Por esta razón, el ordenador no debe considerarse como algo ajeno al proceso enseñanza-aprendizaje, como un intruso que puede sustituir la labor del docente; ni seguir utilizándolo de la forma tradicional como es común en la mayoría de las ocasiones. Es necesario, entonces, que el docente analice cómo se debe integrar en este proceso de modo tal que se convierta en un verdadero elemento mediador del aprendizaje de los estudiantes. De esta forma se hace mucho más eficiente el uso del ordenador. Se debe tener presente que ésta y demás tecnologías son solo herramientas, a las que le debemos sacar el mayor provecho, y que si la enseñanza consistiera sólo en la transmisión de información nadie podría competir con ellas; pero la enseñanza

es mucho más compleja que eso, por lo que el papel principal siempre será el del docente. Las tecnologías han surgido, y seguirán surgiendo, para servirle a él y no para sustituirlo.

2.6.4 Prácticas virtuales interactivas

Se cuenta en la actualidad con un poderoso recurso informático para la enseñanza de la Física, *los fislets*.[16]

¿Cómo acceder a los fislets?

La respuesta a esta pregunta es bastante sencilla: "Creándolos", o algo mucho más sencillo, "buscándolos en la Web". Para la primera opción se requieren conocimientos del lenguaje de programación JAVA[17] y para la segunda, investigar en la Internet en donde se encuentran innumerables páginas Web con fislets incorporados, algunos muy bien diseñados que permiten su utilización con diversos fines. Estos fislets pueden ser utilizados directamente desde la red o pueden ser descargados sin costo alguno ni autorización.

[16] Los *applets* (aplicaciones) son programas informáticos realizados en lenguaje JAVA (Java-Sun). Los applets relacionados con la física se conocen con el término *physlets* o *fislets* que se obtiene de la combinación-contracción de las palabras, physics y applet.

[17] No ha sido un objetivo de este trabajo, la creación de fislets. El objetivo primordial es el aprovechamiento e incorporación de los ya existentes en la Internet, que además son gratuitos y son muchas las páginas Web que los contienen.

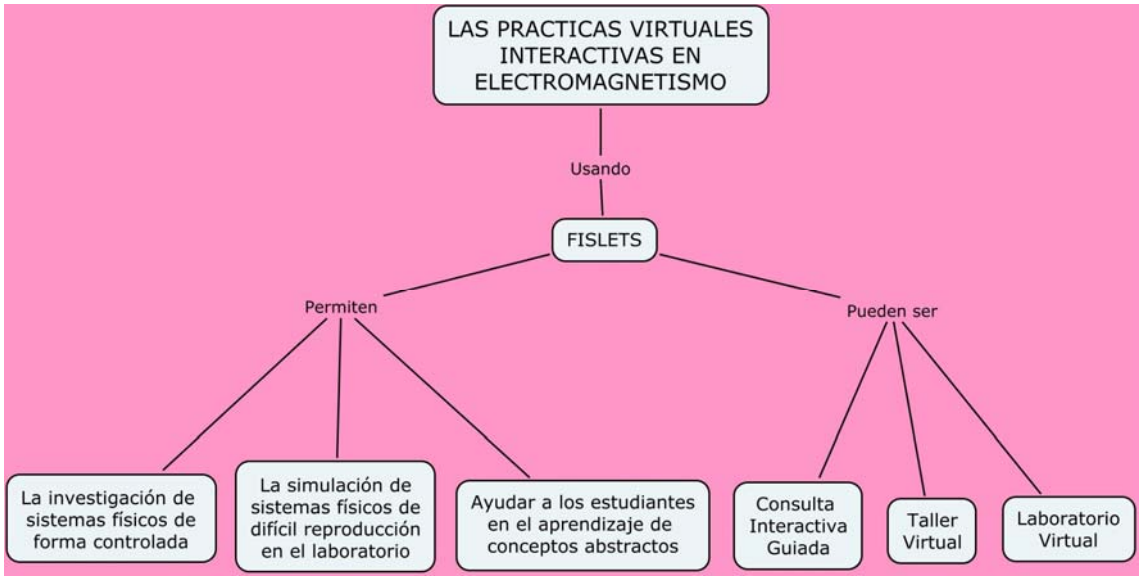


Figura 2.7 Mapa conceptual sobre prácticas virtuales en electromagnetismo.

A través de los fislets podemos incorporar las NTICs en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física mediante la investigación, diseño, elaboración, valoración, revisión y aplicación de guías instruccionales de actividades virtuales para los estudiantes. Son diversas las actividades virtuales que se le pueden ocurrir al docente de física para llevarlas a cabo con sus estudiantes, lo importante es que este sea un trabajo serio y bien estructurado por parte del docente, pues no se trata de de llevar a los estudiantes a la sala de informática simplemente a jugar con el ordenador sin una intencionalidad pedagógica, didáctica, clara. Una propuesta concreta, al respecto, resultó del trabajo de investigación que se está presentando en esta Tesis de Grado, como lo es la implementación de tres prácticas virtuales interactivas en la enseñanza del electromagnetismo en los programas de Ingeniería, llevada acabo en las Universidades Católica de Colombia y Piloto de Colombia. Estas tres prácticas son: Consulta Interactiva Guiada, Taller Virtual y Laboratorio Virtual, las cuales serán expuestas en detalle en un capitulo aparte de este trabajo.

Las actividades mencionadas anteriormente fueron llevadas a cabo con excelentes resultados y fueron diseñadas para la *investigación de sistemas físicos de forma controlada, la simulación de sistemas físicos de difícil reproducción en el laboratorio y para ayudar a los estudiantes en el aprendizaje de conceptos abstractos.*

En algunas situaciones podemos usar fislets con los que se obtienen resultados numéricos, como es el caso de un taller virtual para la interpretación, planteamiento y solución de problemas de aplicación del electromagnetismo o de cualquier otra rama de la Física; o, como las prácticas de laboratorio virtual. En otras situaciones podemos usar fislets que permitan únicamente un análisis cualitativo de los fenómenos. El docente debe tener claridad sobre lo que pretende con la utilización del fislet para sacarle el mayor provecho posible.

Un factor relevante, y que debe ser aprovechado, es la gran motivación que se despierta en los estudiantes al proponerles actividades de esta naturaleza. Las actividades virtuales los entusiasman y les hace trabajar con agrado y responsabilidad, se involucran realmente con su aprendizaje y esto repercute en un avance significativo en la comprensión de las diferentes temáticas tratadas.

De cualquier manera, para la implementación de estas tres actividades virtuales el docente debe previamente: Consultar y seleccionar las páginas Web que contengan fislets; seleccionar y valorar los respectivos fislets que pretenda utilizar; diseñar las guías para los estudiantes (bien sea para la Consulta Interactiva Guiada, el Taller Virtual o el Laboratorio Virtual); y, algo muy importante, desarrollar la práctica antes de llevarla a cabo con los estudiantes. Esto último permite hacer correcciones y/o modificaciones con el fin de garantizar un instrumento muy bien diseñado para los estudiantes.

2.6.4.1 La Consulta Interactiva Guiada

Son muy pocos los estudiantes universitarios que tienen el hábito de consultar por su propia cuenta, al menos en el contexto de la educación colombiana en el caso de la Ingeniería, sobre aspectos que le permitan complementar o profundizar los diferentes tópicos tratados en las clases por los docentes, y menos aún, consultar previamente para llegar a las clases con cierta orientación e ideas que le permitan participar activamente. Generalmente, si no se les asigna una consulta no la realizan, pues no van mas allá de donde el docente los lleva y las pocas consultas que realizan están limitadas a fotocopiar

de los libros y simplemente leer o, lo que es peor, conectarse a Internet para descargar documentos, imprimirlos y anexarlos tal cual a los trabajos sin ninguna apropiación crítica y muchas veces sin siquiera leerlos.

La Consulta Interactiva Guiada es una alternativa novedosa propuesta con la finalidad de hacer que los estudiantes se motiven a realizar consultas por su propia cuenta y de una manera muy diferente a la tradicional, pues es interactiva, virtual y guiada. Esto implica que el estudiante no va a recurrir a un libro como es su costumbre, no sólo tiene que leer sino que debe interactuar con el ordenador a través de fislets con animaciones y simulaciones, y no lo va a hacer de cualquier manera si no con pautas claras y/o una guía instruccional proporcionadas por el docente.

Con el debido acompañamiento del profesor, en el caso de que la actividad sea llevada a cabo en clase en la sala de informática, esta actividad contribuye a complementar y profundizar en los diversos tópicos mediante la navegación dirigida en Internet y a su vez despierta el interés por la consulta con el propósito de que se vuelva una cultura. Si la consulta es extra-clase, es recomendable que el docente diseñe una guía de trabajo. En cualquier caso, los estudiantes deberán presentar un breve escrito sobre aspectos fundamentales, conclusiones o posiciones personales, que deben ser discutidas en el aula de clase. Un objetivo más ambicioso que se puede perseguir es que los estudiantes redacten un artículo científico a partir de la información buscada en Internet; artículo que según su calidad pueda ser divulgado en diversos medios.

Los fislets que podemos usar en esta actividad son aquellos que permitan únicamente un análisis cualitativo de los fenómenos, aquellos que no involucren cálculos, que incluyan animaciones y simulaciones controladas, para que los estudiantes a través de la interacción aprendan más fácilmente los conceptos abstractos, muy comunes en electromagnetismo. Con tal propósito, podemos hacer uso de las más de 300 simulaciones que ofrece “El laboratorio Virtual” (LAV) que es un proyecto, español, de la *Obra Social y Cultural*

Ibercaja de Zaragoza,[18] al que podemos acceder gratuitamente a través de la Web. Disponible en:

http://www.ibercajalav.net/laboratorio.php?codopcion=2253&codopcion2=2253

Esta es sólo una alternativa de página Web, de las muchas que podemos encontrar en la Red, donde encontramos simulaciones apropiadas para la implementación de esta estrategia metodológica.

2.6.4.2 El laboratorio virtual

El objetivo primordial del Laboratorio Virtual es enseñar la Física, y en particular el Electromagnetismo, mediante la experimentación a través de la utilización de las nuevas tecnologías de información y comunicación; más específicamente mediante la utilización de fislets.

El Laboratorio Virtual puede ser llevado a cabo como introducción a una temática; como cierre a la misma, o como complemento, o retroalimentación, a una práctica experimental real. De ninguna manera se pretende remplazar la experimentación real en el laboratorio, pero si es una muy buena y novedosa alternativa de trabajo experimental con los estudiantes.

Los fislets apropiados para el diseño de prácticas de Laboratorio Virtual son aquellos que permiten investigar sistemas físicos de forma controlada, que simulan sistemas físicos de difícil reproducción en el laboratorio y que involucran descripciones cuantitativas que permiten el análisis a partir del manejo de relaciones funcionales entre las variables físicas involucradas en los fenómenos. Estos fislets además de reproducir los fenómenos, ofrecen la posibilidad de modificar los valores de las magnitudes que intervienen en él facilitando obtener resultados numéricos de las variables dependientes.

Las animaciones y simulaciones de los diferentes fenómenos físicos que se encuentran en los fislets requieren de ciertos requisitos del ordenador como:

- Microsoft Internet Explorer 5.0 o posterior.

[18] El objetivo principal de este proyecto es la enseñanza de la Ciencia y la Tecnología mediante las nuevas herramientas de la información y la comunicación.

- Conexión ADSL.
- Pantalla de buena resolución.
- Macromedia Flash Player 6 o superior.
- 512 MB de RAM.
- Tarjeta de sonido, micrófono y altavoces.
- Instalación de JAVA.

En la implementación de esta estrategia es estrictamente necesario que el docente diseñe una guía de laboratorio para los estudiantes, guía que puede estar caracterizada por:

- Brindar instrucciones claras.
- El establecimiento de objetivos concretos perseguidos por la práctica.
- La elección apropiada y pertinente de los fislets que serán utilizados.
- Hacer explícitos los elementos de la Enseñanza para la Comprensión. (O de cualquier otra Teoría de Enseñanza o Aprendizaje que dé sustento pedagógico a la actividad).
- Hacer explícitas las competencias que se pretende desarrollen los estudiantes con la práctica de laboratorio.
- Estar diseñada para una actividad de aprendizaje de manera que el estudiante manipule el fislet como si se tratara de un experimento de laboratorio, real, en el que debe recoger unos datos experimentales (valores numéricos que muestra el ordenador) con los que deberá elaborar las tabulaciones necesarias, construir gráficos y realizar los cálculos necesarios llevando a cabo la práctica, procurando cumplir con los objetivos de la misma.
- Incluir preguntas cuyas respuestas sean posibles sólo a través de la interacción con el fislet.
- Involucrar la Teoría del Error a partir del tratamiento de la propagación de errores.
- Tener en cuenta las aplicaciones físicas, tecnológicas en los diferentes campos.

- Brindar orientaciones pertinentes para la navegación en caso que se quiera complementar o profundizar sobre los diversos tópicos que tienen que ver con la práctica de laboratorio.

Los estudiantes, con el Laboratorio Virtual, tienen la oportunidad de trabajar individualmente interactuando con los fislets, repitiendo los experimentos cuantas veces estimen conveniente hasta lograr comprender de manera clara los fundamentos de la práctica; este aspecto favorece el aprendizaje autónomo. Sin embargo, se ven obligados a trabajar en equipo a la hora de concretar cálculos, análisis, gráficos y conclusiones para la elaboración del informe de laboratorio que debe ser presentado por grupos previamente establecidos; esto potencia el aprendizaje cooperativo, muy importante en el trabajo experimental.

2.6.4.3 El Taller Virtual

Son diversos los objetivos que se pueden trazar con el diseño e implementación de un Taller Virtual como estrategia metodológica que busque la comprensión de la Física y particularmente la comprensión del Electromagnetismo. Así por ejemplo, puede planearse como refuerzo y/o retroalimentación a tópicos específicos mediante la interpretación, planteamiento y solución de problemas complementarios de aplicación formulados por el docente a los estudiantes. Lo novedoso de la actividad radica en que la solución a los problemas propuestos se realiza de manera interactiva mediante la manipulación de fislets apropiados, seleccionados y valorados por el docente previamente.

Las características de estos fislets son esencialmente las mismas de los fislets utilizados en el caso del Laboratorio Virtual, es decir fislets que permitan la variación cuantitativa de las magnitudes físicas involucradas en el problema. Más aún, un mismo fislet que haya sido utilizado en una práctica de Laboratorio Virtual, puede ser utilizado para un Taller Virtual, todo depende de la creatividad y conocimiento del fislet por parte del docente que le permita su adaptación a diversas actividades. El uso de fislets con los que se obtienen resultados numéricos, además de poder simular fenómenos de manera controlada, es de vital importancia en esta actividad dado que se pretende que

el estudiante resuelva el problema, primero interactuando con el ordenador y luego analíticamente para contrastar las dos respuestas obtenidas y poder concluir al respecto.

De la misma manera que con el Laboratorio Virtual, es de vital importancia que el docente diseñe una guía instruccional del taller virtual para los estudiantes. Guía que puede tener las siguientes características:

- Brindar instrucciones claras.
- El establecimiento de objetivos concretos perseguidos por el Taller.
- La elección apropiada y pertinente de los fislets que serán utilizados.
- Hacer explícitos los elementos de la Enseñanza para la Comprensión. (O de cualquier otra Teoría de Enseñanza o Aprendizaje que dé sustento pedagógico a la actividad).
- Hacer explícitas las competencias que se pretende desarrollen los estudiantes con el Taller.
- Una descripción clara y detallada del problema o problemas propuestos.
- La inclusión de análisis dimensional a partir de las ecuaciones utilizadas para la solución de los problemas.
- Dar la oportunidad de que los estudiantes propongan soluciones alternativas a los mismos problemas propuestos.

Es importante que las soluciones a los problemas propuestos en el Taller, al igual que las posibles soluciones alternativas propuestas por los estudiantes, sean discutidas en clase a manera de puesta en común como aspecto del proceso de Valoración Continua y retroalimentación.

2.6.5 Las Prácticas Experimentales

El trabajo experimental con los estudiantes es de vital importancia, pues a través de él es posible comprender con mayor claridad los tópicos tratados teóricamente en las clases. Las prácticas de laboratorio permiten, por un lado, la validación de modelos matemáticos a partir del tratamiento de datos

obtenidos empíricamente por medición directa o indirecta, y por otro lado el análisis de sistemas físicos reales con el propósito de comprobar las leyes y principios naturales. Juegan aquí un papel de suma relevancia los materiales y equipos a disposición con que se cuenten para el diseño e implementación de las prácticas de laboratorio.

Para el caso del Electromagnetismo, y de la Física en general, las nuevas tecnologías han aportado equipo especializado y gran cantidad de software de muy buena calidad que está a la disposición de los docentes, claro está si las Instituciones Educativas garantizan la infraestructura necesaria que se requiere. Por ejemplo, la Universidad Católica de Colombia cuenta con una planta física bien adecuada para los laboratorios y excelentes equipos con software y ordenadores de soporte para las prácticas en electromagnetismo. En esta Institución se está trabajando con Physics Labs whith Computers. Pasco scientific. *"Phisics Experiments using the Sciencie Workshof or Data Studio" program and interfaces from PASCO scientific.*

Es así, que adicionalmente a las estrategias metodológicas, propuestas en este trabajo, con el fin de potenciar la comprensión del Electromagnetismo, se han venido diseñando, evaluado y e implementado guías de laboratorio en el Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Católica de Colombia.
Estas guías fueron diseñadas en concordancia con la teoría Enseñanza Aprendizaje para la Comprensión y teniendo en cuenta las competencias que se pretende que los estudiantes desarrollen a través del trabajo experimental.

Previamente a la concreción de las guías se llevaron a cabo varias reuniones a cargo del grupo de Investigación conformado por Elsa Tenjo, Alberto Rodríguez, Isidro Urbina y Hermes Ortiz con los docentes de física del Departamento para discutir a cerca de las competencias y brindar orientación y capacitación sobre los elementos fundamentales del marco general de la Teoría Enseñanza para la Comprensión. Una vez aprobada la propuesta de adecuación de las guías, fueron asignadas responsabilidades específicas a los docentes desde la Coordinación del Departamento de Ciencias Básicas,

quedando a cargo el docente Nelson Bahamón Cortés de la elaboración de las guías de laboratorio del curso de Electromagnetismo.

Durante los semestres académicos de 2006, 2007 y primero de 2008, se han llevado a cabo las siguientes prácticas de laboratorio en los cursos de Electromagnetismo, cada una de ellas con su respectiva guía para el estudiante.

- Instrumentación eléctrica.
- Manejo de sensores.
- Oscilador Armónico Forzado.
- Ley de Ohm.
- Campo magnético de las bobinas de Helmholtz.
- Ondas estacionarias en una cuerda.
- Circuito RC.

A continuación podemos apreciar el equipo y los materiales utilizados en dichas prácticas de laboratorio.

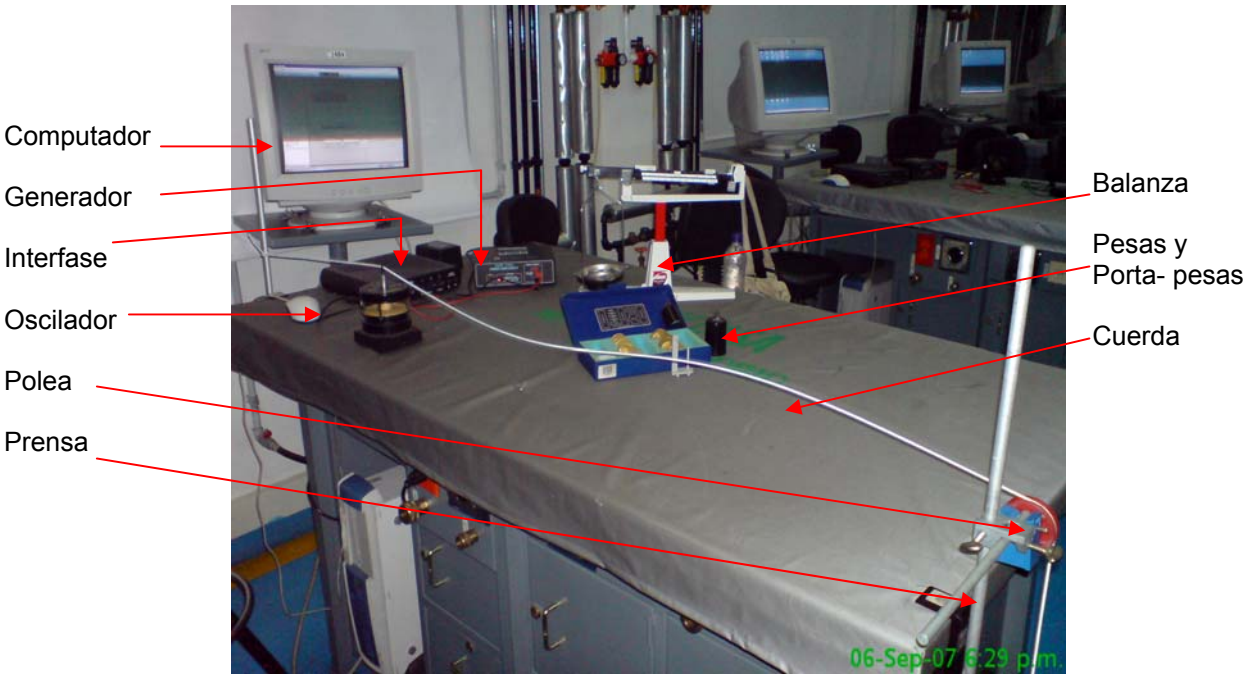


Figura 2.8 Equipo y materiales utilizados en la práctica de laboratorio sobre *ondas estacionarias*.

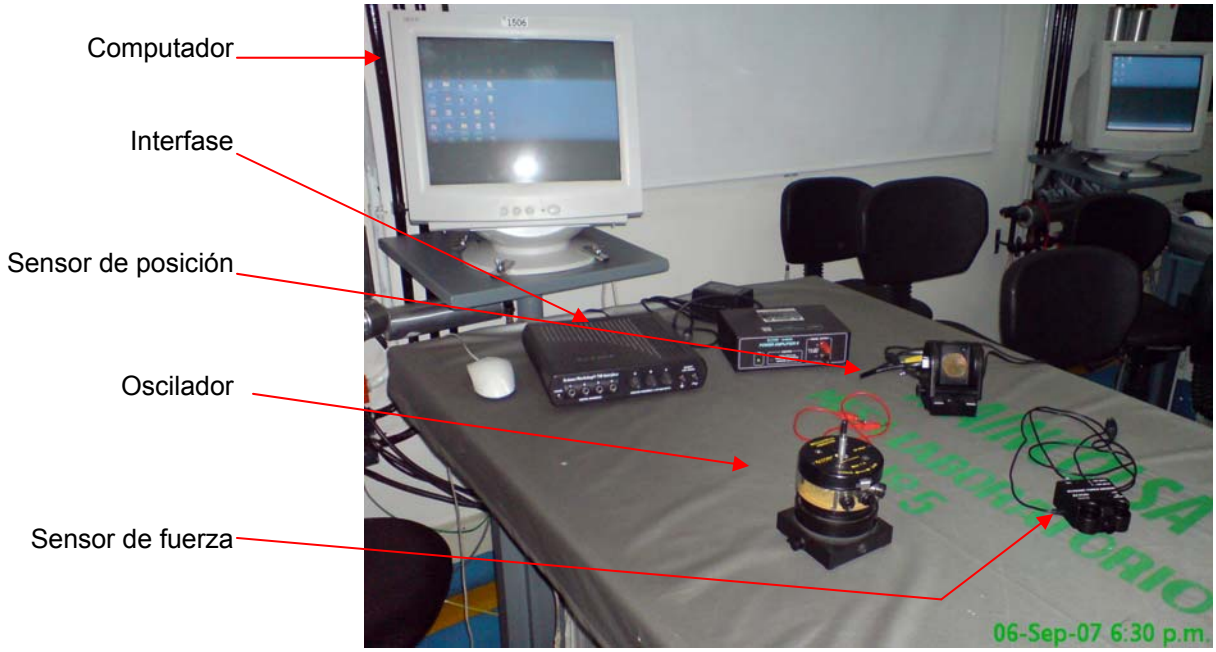


Figura 2.9 Equipo y materiales utilizados en la práctica de laboratorio sobre *oscilador armónico forzado*.

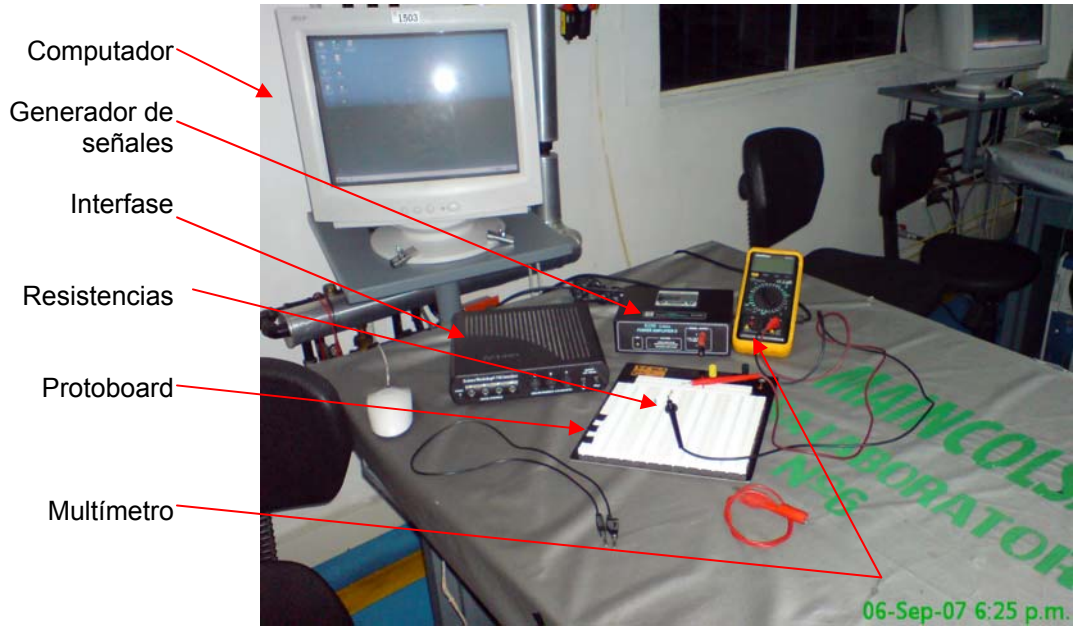


Figura 2.10 Equipo y materiales utilizados en la práctica de laboratorio sobre la *Ley de Ohm*.

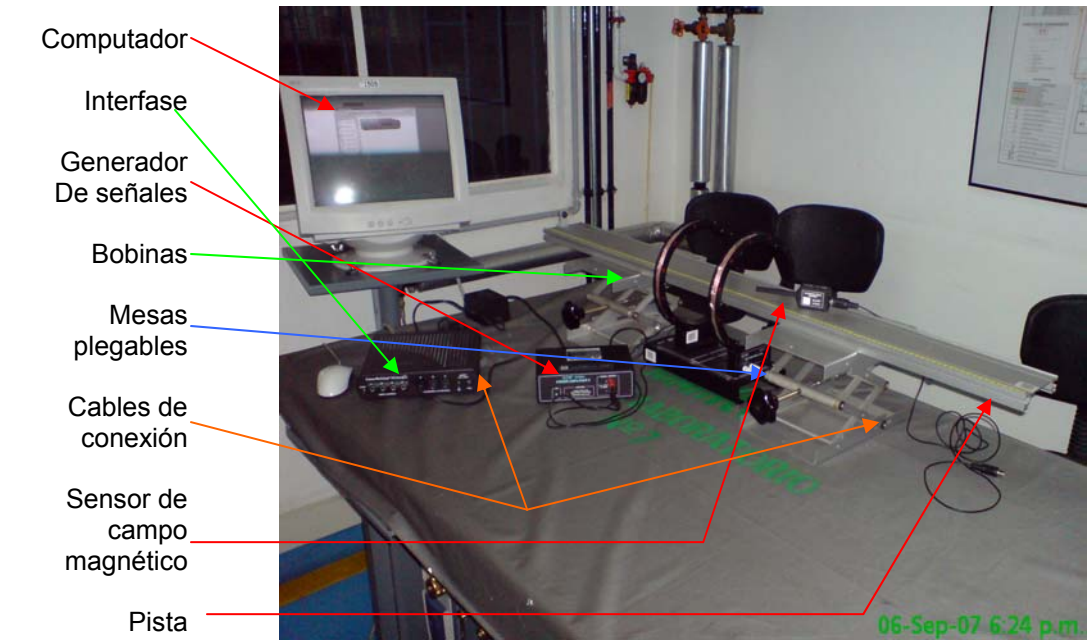


Figura 2.11 Equipo y materiales utilizados en la práctica de laboratorio sobre las *Bobonas de Helmotz*.

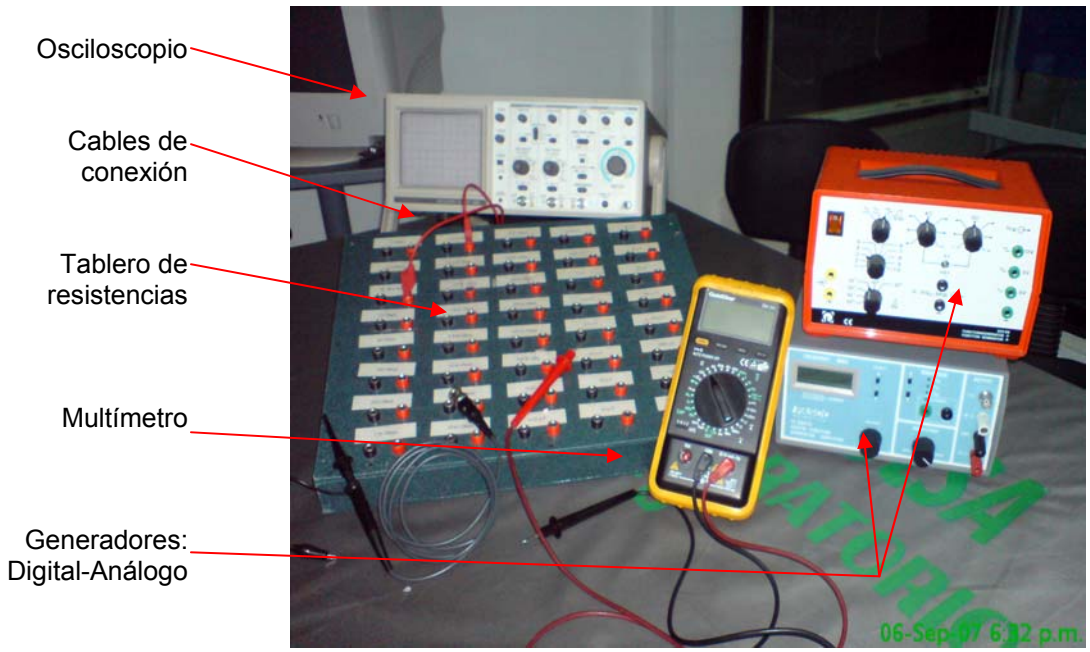


Figura 2.12 Equipo y materiales utilizados en la práctica de laboratorio sobre *circuitos RC*.

Estructura de las guías de laboratorio:

1. *Carta de competencias.* Se refiere a las competencias básicas, genéricas y específicas involucradas en cada práctica de laboratorio.

2. *Elementos de la Teoría Enseñanza Aprendizaje para la Comprensión.* Se especifican los elementos fundamentales de la Teoría Enseñanza Aprendizaje para la Comprensión asociados a la práctica, a saber: los tópicos generadores, las metas de comprensión, los desempeños de comprensión y la valoración continua.

3. *Base teórica.* En este apartado se orienta a los estudiantes sobre los fundamentos conceptuales que deben consultar previamente a la realización de la práctica, para lo cual se les brinda la bibliografía pertinente. Además, la guía incluye anexos para reforzar la base teórica e incluye ejercicios que los estudiantes deben resolver obligatoriamente, también previamente a la realización de la práctica.

4. *Montaje.* Ilustración gráfica de los diferentes elementos, sensores y equipo en general que permiten su rápida identificación y facilitan el montaje a la vez.

5. *Materiales.* Listado de aparatos de medida, equipos, herramientas y diferentes implementos utilizados en la respectiva práctica.

6. *Procedimiento.* Aquí se indica claramente, y de manera pormenorizada, lo que el estudiante debe realizar durante la práctica, que debe medir, como debe medir, que debe tabular, que debe graficar, que cálculo de error debe realizar… La clave del éxito de la práctica de laboratorio radica en el entendimiento y seguimiento de las instrucciones de este apartado.

7. *Tabla(s) de datos.* Se le pide al estudiante que diseñe tablas en donde debe reportar correctamente las diferentes medidas de la práctica. En

algunos casos la guía brinda las tablas y los estudiantes deben completarlas luego de medir.

8. *Análisis y resultados.* Aquí el estudiante analiza las medidas obtenidas comparándolas entre si, juzga la conveniencia de los instrumentos utilizados, concluye sobre la precisión de las medidas, realiza los correspondientes cálculos de error para poder concluir sobre los objetivos de la práctica, interpreta e infiere a partir de las gráficas obtenidas.

9. *Bibliografía.* La guía incluye referencias bibliográficas precisas sobre el texto guía y otros libros de texto, manuales de laboratorio y las direcciones de Internet donde se encuentran documentos relacionados con la respectiva práctica.

Se expone a continuación, a manera de ejemplo, una de las guías de laboratorio para los estudiantes. Guía que corresponde a una de las siete prácticas experimentales que se llevan a cabo, durante un semestre académico, con los estudiantes de Ingeniería de la Universidad Católica de Colombia, en el curso de Electromagnetismo (Física III y Laboratorio).

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS
LABORATORIO DE FÍSICA

Elaboró: Nelson Bahamón Cortés[1]

FISICA III

CAMPO MAGNÉTICO DE LAS BOBINAS DE HELMHOLTZ

1. CARTA DE COMPETENCIAS

Competencias	Básica (s)	Capacidad de relacionar los resultados experimentales, con los modelos teóricos y concluir sobre la validez de los mismos
	Genérica (s)	Habilidad de hacer medidas experimentales que le permitan estudiar un sistema físico, realizando un tratamiento de datos y una entrega de resultados correctos.
	Específica (s)	Estar en capacidad de recolectar, procesar, analizar y presentar correctamente datos e información.

2. TEORIA DE LA ENSEÑANZA – APRENDIZAJE PARA LA COMPRENSIÓN.

Tópico(s) Generador(es):	Medición. Electromagnetismo. Inducción Electromagnética. Ley de Biot-Savart
Meta(s) de comprensión:	Manejo de magnitudes y unidades. Presentar medidas experimentales correctamente. Tener capacidad para identificar, plantear y resolver problemas
Desempeño(s) de comprensión:	El estudiante debe estar en capacidad de manejar correctamente las unidades y todo lo relacionado con mediciones.
Valoración continua:	Los laboratorios se evaluaran directamente durante la práctica. Es decir, se tendrá en cuenta el trabajo durante la misma y un informe escrito que se entregará tan pronto termine sesión.

3. BASE TEÒRICA

Para esta práctica de laboratorio es necesario tener claro los siguientes conceptos: Bobina de Helmhotz.

Campo Magnético (diferentes unidades de campo magnético).

Ley de Biot-Savart.

[1] Docente UCC. Físico UN

El campo magnético en la mitad y sobre el eje, de dos bobinas de Helmhotz ubicadas en forma paralela (Ver numeral 4) está dado por la siguiente expresión:

$$B = \frac{8\mu_0 NI}{\sqrt{125R}}$$

Donde B = Campo Magnético

$\mu_0 = 4\pi^{*}10^{-7}$ T m/A = Permeabilidad del espacio libre.

N = Número de cuentas de cada bobina

I = Corriente

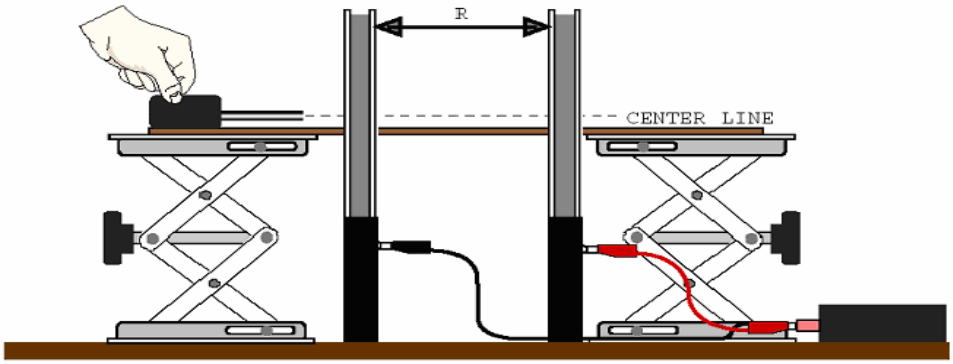
R = Radio de las bobinas.

La ecuación anterior solo es válida cuando las dos bobinas están separadas una distancia R.

Se deja como opcional el anexo 2, en el cual aparecen algunas sugerencias para preparar correctamente la práctica, así como un ejercicio para obtener teóricamente las gráficas que se obtendrán experimentalmente en esta práctica. También se muestra un resumen de la forma de obtener la anterior ecuación.

Se recomienda resolver el problema 55 del capítulo 8 de la referencia [9.1.][2]

4. MONTAJE



[2] Vea numeral 9 de esta guía (tenga en cuenta que es el volumen 2

5. MATERIALES

1. Interface y computador
2. Sensor de campo magnético
3. Generador.
4. Dos bobinas.
5. Dos mesas plegables.
6. Pista.
7. Cables de conexión
8. Juego de pesas y porta-pesas (opcional).
9. Soporte universal (opcional).
10. Sensor de posición angular (opcional).

6. PROCEDIMIENTO

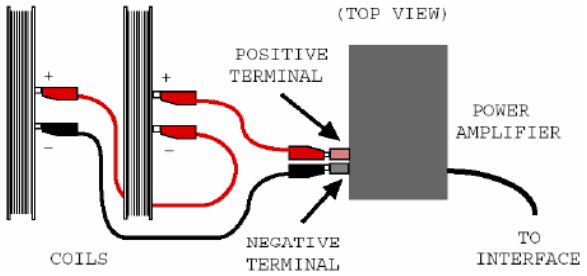
En primer lugar (numeral 6.1), se tomarán las medidas de campo magnético a lo largo del eje de las bobinas. En segundo lugar (numeral 6.2) se obtendrá el valor del campo magnético en el centro de las bobinas mediante la ecuación teórica (medición indirecta), a este valor se le llamo "valor experimental 2" en lugar de "valor teórico" ya que en realidad se trata de una medida experimental indirecta. Dicho valor de comparará con el valor obtenido mediante una medición directa.

Nota: En el anexo 1 se explica una forma de realizar la toma de medidas, diferente a la explicada en el numeral 6.1. Esta forma es mucho más ágil y rápida pero requiere un poco mas de preparación de la práctica así como habilidad en el manejo de los equipos. Si se siente seguro tras su preparación de la práctica puede trabajar en esta forma opcional, el profesor le ayudara con las dudas que puedan surgir.

6.1. Medición del campo magnético en función de la posición

Haga un montaje como el indicado en la figura del numeral 4 ubicando el sensor de campo magnético adecuadamente para tomar las respectivas medidas a lo largo del eje. Conecte al generador las dos bobinas en serie

(de manera que en ambas la corriente circule en el mismo sentido), como se indica en la siguiente figura:



Coloque 10V DC en el generador y tome una primera medida exploratoria del campo magnético en medio de las bobinas para que se familiarice con la forma de medir. Revise la ganancia del sensor y coloque en el rango que considere más conveniente.

Mida el radio R de las bobinas y coloque las mismas separadas dicha distancia (R).

Moviendo gradualmente el sensor a lo largo del eje tome el valor del campo magnético en cada posición a intervalos de 1 cm. Debe iniciar y terminar 15 cm antes y después del centro de las bobinas (Esto significa que tomará 30 datos). Consigne estos datos en la *tabla 1* con el respectivo error instrumental y haga una gráfica de campo magnético vs posición.

Repita todo el procedimiento colocando las bobinas a una separación de R/2 y 3R/2.

Utilizando la fuente como sensor mida la corriente en las bobinas y consígnela en la *tabla 2* con su respectivo error instrumental.

6.2. Comparación con una medición indirecta del campo magnético.

Aprovechando las medidas anteriores tome nota del valor experimental del campo magnético en el centro de las bobinas para el caso en que la separación entre las mismas es R (La comparación e hará solamente para este caso), este será el valor experimental 1 del campo magnético el cual se ha medido directamente. Repórtelo en la tabla 2.

Utilizando la expresión teórica, haga el cálculo del valor del campo magnético en el centro de las bobinas, este será el valor experimental 2 del campo magnético, el cual se ha medido indirectamente. Compare los dos valores experimentales obteniendo la diferencia puntual ($\Delta\%$) entre los mismos. Consigne los resultados en la *tabla 2.*

Tenga presente que los resultados en la tabla 2 deben tener su respectiva incertidumbre, la cual para el valor experimental 2 del campo magnético se calcula mediante propagación de errores, mientras que para las demás cantidades corresponde directamente al error instrumental.

7. PROCEDIMIENTO

Tabla 1

Posición	Campo Magnético

Tabla 2

Radio de las bobinas	
Número de vueltas	
Corriente	
Valor experimental 1 del campo magnético	
Valor experimental 2 del campo magnético	
$\Delta\%$	

Tenga en cuenta que todos los datos consignados deben tener claras las unidades correspondientes. Igualmente tenga en cuenta que todos los datos deben tener su respectiva incertidumbre.

8. ANALISIS Y RESULTADOS

Responda en forma clara y justificada sobre sus resultados experimentales las siguientes preguntas:

- ¿Para cual de los tres casos realizados se obtuvo un campo magnético más uniforme en el espacio entre las bobinas?, ¿Cuál es entonces la distancia a que se deben colocar la bobinas de Helmhotz para que el campo magnético entre las mismas sea lo mas homogéneo posible?
- Para el caso de separación R de las bobinas, se tomaron dos valores experimentales del campo magnético, ¿Qué tan cerca estuvieron estos dos valores?. Tenga en cuenta el valor de diferencia porcentual. Compare también estos valores mediante las incertidumbres de cada uno, ¿se interceptan los rangos determinados por cada una?
- De acuerdo a su respuesta a la anterior pregunta, ¿describe entonces correctamente de modo teórico (Ley de Biot –Savart) el comportamiento del campo magnético?
- Con respecto a la intensidad del campo ¿en cual de los tres casos esta es mayor en el centro de las bobinas?, ¿es lógico el resultado? Explique.

Para responder mejor la primera pregunta indique directamente sobre las gráficas, los puntos en los cuales se encuentran ubicadas las bobinas.

9. BIBLIOGRAFIA

[9.1] SERWAY, Raymond A. y JEWETT, John W. (2005) Física I y II Texto basado en Cálculo, 6ª Ed. Editorial Thomson

[9.2] PASCO scientific. (1999), Physics Labs with Computers Student Workbook. Volume 2.

[9.3] Documentos en internet:

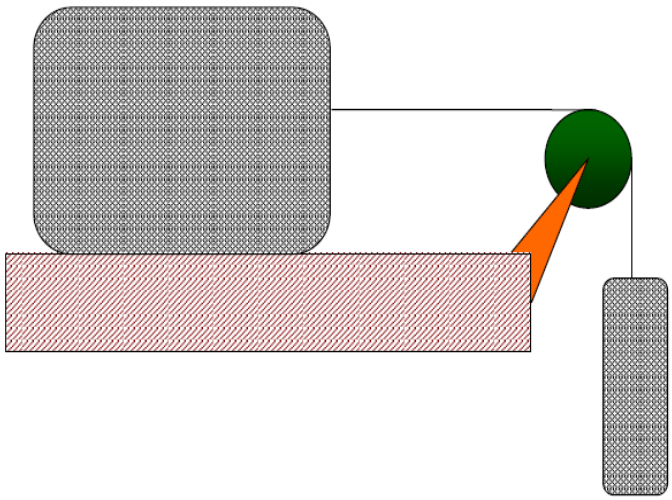
- www.fi.uba.ar/materias/6209/download/3-campos2.pdf
- www.fisicarecreativa.com/guias/ampere.pdf

ANEXO 1

FORMA ALTERNATIVA DE MEDIR EL CAMPO MAGNÉTICO EN FUNCIÓN DE LA POSICIÓN

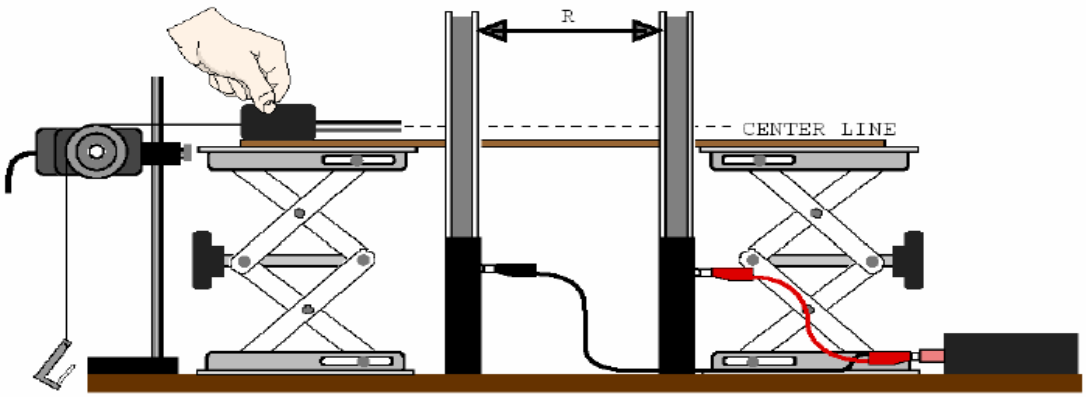
El método explicado en el numeral 6.1.es un poco demorado ya que requiere medir y anotar manualmente los datos de campo magnético vs posición, para después hacer la gráfica. En este anexo se explica una forma de tomar las medidas en forma muy rápida y obtener directamente las gráficas perdidas.

A manera de introducción resuelva el siguiente problema sencillo: En la figura, la polea tiene radio r=5cm, ¿Qué distancia se deben desplazar los bloques para que la polea gire 10º en el sentido de las manecillas del reloj?



Bien, en primera instancia se utilizará un sector de posición angular para medir la posición del sensor en campo magnético. Tome una primera medida exploratoria para repasar la forma de manejar el sensor. Para ello conecte el sensor a la interface, despliegue una gráfica de posición angular vs tiempo y comience a medir moviendo manualmente la polea del sensor mientras observa el comportamiento de la gráfica.

Haga un montaje similar al del numeral 6.1. pero agregando esta vez el sensor de posición angular y suspendiendo un porta-pesas como se indica en la figura.



Basado en el problema que resolvió anteriormente utilice la opción de calculadora para convertir el valor de posición angular medido con el sensor a de posición lineal, así tendrá directamente la posición del sensor de campo magnético. Despliegue una gráfica de campo magnético y cambie la variable independiente de tiempo a posición (la que está obteniendo con la calculadora), así obtendrá directamente una gráfica de campo magnético vs posición.

Inicie la toma de medidas y mueva el sensor de campo magnético a lo largo del eje de las bobinas, no es indispensable moverlo a velocidad constante.

Recuerde que debe repetir la medida para una separación entre las bobinas de R/2 3R/2, y que debe medir la corriente en las bobinas utilizando directamente el generador.

Continúe como en el numeral 6.2.

ANEXO 2

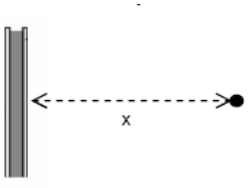
EJERCICIO DE PREPARACIÓN

Al presentar la práctica debe usted estar en capacidad de responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué es una bobina?
- ¿Qué son las bobinas de Helmholtz y que tienen de especial?

Estudie la manera como se utiliza la ley de Biot-Savart para calcular el campo magnético en el centro de dos bobinas de Helmholtz conectadas en serie y ubicadas en forma paralela. A continuación se muestra un resumen al respecto:

Utilizando la ley de Biot-Savart se tiene para una sola bobina, el campo magnético a una distancia x de su centro y sobre el eje de la misma (como se indica en la figura) está dado por:



$$B = \frac{N\mu_0 I R^2}{2\left(X^2 + R^2\right)^{3/2}} \qquad \textbf{(A2-1)}$$

Donde B = Campo Magnético

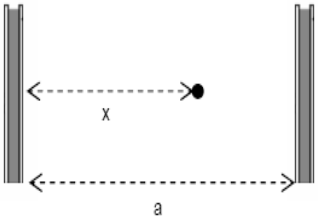
$\mu_0 = 4\pi^{*}10^{-7}$ T m/A = Permeabilidad del espacio libre.

N = Número de cuentas de cada bobina

I = Corriente

R = Radio de las bobinas.

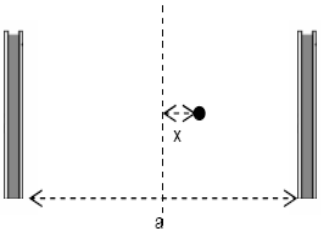
Si se agrega otra bobina situada a una distancia “a” es suficiente con sumar el nuevo campo, teniendo en cuenta la ubicación de la nueva bobina. Utilizando el sistema de coordenadas anterior (como se muestra en la figura) se obtiene:



$$B = \frac{N \mu_0 I R^2}{2} \left[\frac{1}{\left(X^2 + R^2\right)^{3/2}} + \frac{1}{\left((a - X)^2 + R^2\right)^{3/2}} \right]$$

Donde a = Distancia de separación de las bobinas.

Finalmente, puede ser útil tener una expresión donde el origen no se encuentre en una de las bobinas sino en el centro de las mismas. Para ello es suficiente evaluar el campo en x+ a/2 en lugar de evaluarlo en x. Así el campo magnético evaluado este nuevo origen de coordenadas (como se muestra en la figura) es:



$$B = \frac{N \mu_0 I R^2}{2} \left[\frac{1}{\left(\left(X^2 + \frac{a}{2}\right)^2 + R^2\right)^{3/2}} + \frac{1}{\left(\left(\frac{a}{2} - X\right)^2 + R^2\right)^{3/2}} \right]$$

Usando la anterior expresión demuestre la ecuación presentada en el numeral 3 de la guía.

¿Cuál es el valor de x en ese caso?

Es interesante obtener teóricamente y de antemano la forma de las gráficas que se obtendrán experimentalmente en el laboratorio. Utilizando la ecuación A2-3, haga esas gráficas usando como parámetros los siguientes valores tentativos.

N	200
I (amperios)	1.00
R (metros)	0.100

Tenga en cuenta que se deben realizar (al menos) tres gráficas, para a=R, R/2 y 3R/2 respectivamente. Es conveniente usar el mismo rango que se trabajará en el laboratorio, es decir entre -15cm y 15cm.

Fin de la guía de laboratorio.

2.7 Las guías de estudio

Paralelamente a la propuesta metodológica, también, se diseñaron guías de estudio para los estudiantes, en el Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Católica de Colombia. Estas guías deben ser resueltas por los estudiantes en tiempo extra-clase de manera individual y en equipo, en clase, para socializar y corregir con la asistencia del docente titular de la materia. De tal forma, las guías se convierten en un valioso instrumento que orienta, refuerza y prepara al estudiante para los exámenes.

Al igual que con las guías de laboratorio y de común acuerdo, al interior del Departamento, sobre la estructura que debían tener estas guías de estudio, se diseñaron y elaboraron para cada uno de los cursos de Física de los programas de Ingeniería. En el caso del curso de Electromagnetismo, la Coordinación del Departamento asignó la responsabilidad de la elaboración de las guías al docente Juan Carlos Barrero.

Estructura de las guías de estudio:

1. *Competencia.* Se especifican las competencias que se pretenden que los estudiantes desarrollen con el desarrollo de la guía. Estas competencias son de tipo argumentativo y de solución de problemas.

2. *Objetivo general.* Relacionado con el desarrollo de habilidades para solucionar problemas de aplicación.

3. *Objetivos específicos.* Relacionados con la justificación y validación de posibles respuestas a la solución de problemas específicos de aplicación.

4. *Mapa conceptual.* Sobre los tópicos generadores involucrados en el desarrollo de la guía.

5. *Contenidos.* Descripción del contenido de la guía en cuanto a las actividades que deben realizar los estudiantes, como por ejemplo matriz de diferencias y semejanzas, problemas tipo, tipos de preguntas, lecturas complementarias…

6. *Guía de trabajo para el estudiante.* Orientaciones y recomendaciones precisas para que el estudiante realice consultas previas al desarrollo de la guía.

7. *Banco de preguntas.* Se incluyen diferentes tipos de preguntas y se plantean problemas tipo para su solución.

8. *Indicadores de desempeño propuestos.* Este item hace referencia, puntualmente, a las acciones que el estudiante debe ejecutar para demostrar la comprensión a cerca de los tópicos generadores involucrados como resultado del desarrollo de la guía.

9. *Bibliografía relacionada con el tema.*

10. *Observaciones Especiales (para el estudiante).* Sugerencia para que los estudiantes hagan uso del servicio de tutorías que ofrece el Departamento de Ciencias Básicas como apoyo al desarrollo de la guía, en caso de ser necesario. Pautas para la solución de situaciones problema.

A continuación se muestra una de estas guías de estudio, como un ejemplo concreto.

Guía de estudio Nº 3

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BASICAS

Nombre de la Asignatura: Física III y Laboratorio		Fecha:06/08/2007
Título de la Guía: : *Electricidad*		
Guía No. 3/5	Tiempo Estimado para el desarrollo de la Guía: 6 horas	
Autor de la Guía: Juan Carlos Barrero	Aprobó la Guía: Coordinador del área de Física.	
Derechos: U Católica	Formato: pdf	Identificador: (Código del Área Específica S/ UNESCO)

1. Competencia

1.1 Solución de problemas:
1.1.1 Capacidad de identificar, plantear y resolver problemas.
1.2 Interpretativa
1.2.1 Capacidad de establecer similitudes y diferencias.
1.2 Argumentativa:
1.2.1 Capacidad de establecer sustentar una afirmación.
1.2.2. Capacidad de validar una afirmación hecha por otra persona.

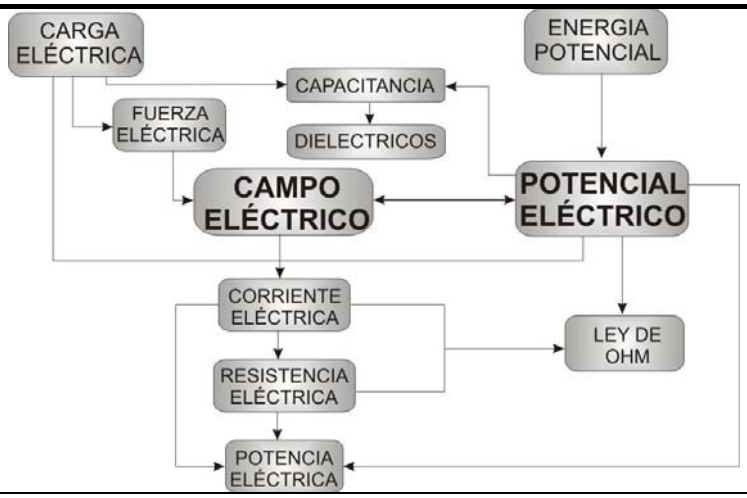
2. Objetivo General

Desarrollar en los estudiantes habilidades para la solución de problemas a través del estudio de campo eléctrico y del potencial eléctrico.

3. Objetivos Específicos

3.1 Reconocer la relación entre potencial eléctrico y campo eléctrico.
3.2 Resolver algunas situaciones sobre cuerpos cargados eléctricamente a través de dos métodos específicos.
3.3 Justificar, argumentar la respuesta a un problema entre varias opciones.

4. Mapa Conceptual



5. Contenidos

5.1 Cuadros de diferencias y similitudes.
5.2 Preguntas de selección múltiple, con justificación.
5.3 Resolver algunas situaciones sobre cuerpos cargados eléctricamente a través de dos métodos específicos.

6. Guía de Trabajo para el Estudiante

6.1 El estudiante debe previamente repasar los contenidos de campo eléctrico y potencial eléctrico.
6.2 Realizar todas las actividades propuestos en el banco de preguntas.

7. Banco de Preguntas

a. Escriba al menos dos diferencias y dos similitudes:

7.1.1

Similitudes	
Función vectorial	Función escalar

Diferencias	
Función vectorial	Función escalar

7.1.2

Similitudes	
Campo eléctrico	Potencial eléctrico

Diferencias	
Campo eléctrico	Potencial eléctrico

7.1.3

Similitudes	
Ley de Coulomb	Ley de Gauss

Diferencias	
Ley de Coulomb	Ley de Gauss

7.2 Complete la siguiente tabla en la cual se da una función ya sea el campo eléctrico o el potencial eléctrico y usted debe entregar la otra función correspondiente

Recuerde que el campo eléctrico es el gradiente del potencial eléctrico, $\vec{E} = -\vec{\nabla} V$, donde el gradiente esta dado

por $\vec{\nabla} = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}\right)$ en coordenadas cartesianas, y en coordenadas esféricas donde no hay dependencia de la parte angular por $\vec{\nabla} = \left(\frac{\partial}{\partial r}\right)\hat{r}$. Complete la siguiente tabla:

Campo eléctrico	Potencial eléctrico
$\vec{E} = \left(4\frac{N}{C}\right)\hat{i}$	$V(x) =$ Tomando que $V(x \to \infty) = 0$
$E(r) =$	$V(r) = \frac{kQ}{r}$
$E(y) =$	$V(y) = Ky^2$
$\vec{E} = \frac{3}{r^3}\hat{r}$.	$V(r) =$ Tomando que $V(r \to \infty) = 0$

7.3 Escoja la opción correcta y justifique su respuesta de una forma clara y concreta en un máximo de 3 líneas.

7.3.1 Cual de las siguientes afirmaciones es verdadera:

7.3.1.1 El potencial eléctrico es.

a) La medida de cuanta carga eléctrica hay en un punto.
b) Es el vector gradiente del campo eléctrico para todo punto.
c) La diferencia de energía potencial eléctrica entre dos puntos por unidad de carga.
d) Es la magnitud del campo eléctrico.

7.3.1.2 Se tiene un campo eléctrico dado por : $E = 2\vec{i} + 2\vec{J}$ **si se pone un cubo de lado L*L, en el origen, el flujo neto sobre el cubo es**

a) $\frac{Qencerrada}{\in_0}$.
b) $\oint \vec{E}.\vec{\partial A}$
c) 0.
d) $\in_0 L * L$

7.3.1.3 Se tienen cuatro cargas iguales ubicadas en las esquinas de un cuadrado, con una carga de "+q" . Cual es la dirección de la fuerza resultante sobre la carga ubicada en la parte superior izquierda:

a) $\hat{I} + \hat{J}$
b) $\hat{I} - \hat{J}$
c) $-\hat{I} - \hat{J}$
d) $-\hat{I} + \hat{J}$

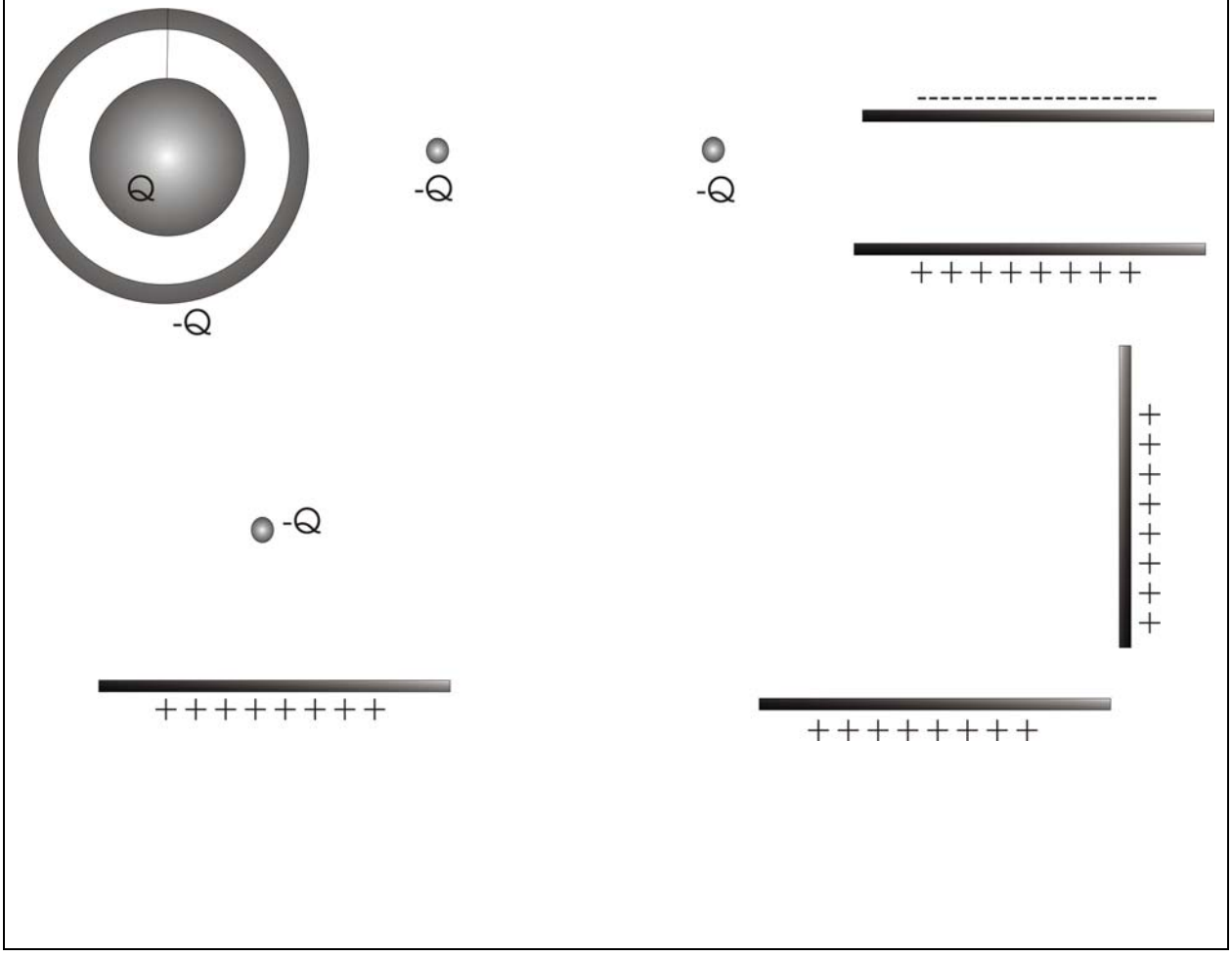
7.3.1.4 Que el campo eléctrico proveniente de la ley de Coulomb sea conservativo tiene como consecuencia que:

a) El potencial sea constante para todo punto.
b) La integral de línea del cambio de potencial eléctrico no dependa de la trayectoria.
c) El trabajo por dos caminos diferentes sea diferente.
d) El potencial eléctrico sea independiente de las cargas colocadas en el campo eléctrico.

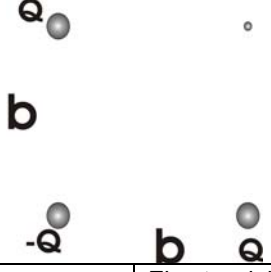
7.3.1.5 Cual de las siguientes afirmaciones es falsa:

a) Para un conductor toda su superficie es equipotencial
b) Para calcular potencial eléctrico no se necesita ningún punto de referencia.
c) Las líneas de campo que salen de una superficie equipotencial deben ser perpendiculares a estas.
d) Cuando se conectan dos conductores a diferente potencial, se presenta un flujo de carga hasta que los dos quedan al mismo potencial.

7.4.1 Dibujes las líneas de Flujo para la siguientes situaciones dadas



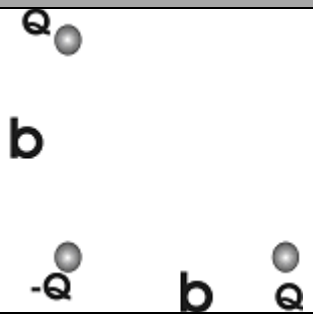
7.4.2 Para la siguiente distribución de cargas puntuales, hallar lo indicado en el punto de la esquina superior derecha:



El campo Eléctrico	El potencial eléctrico:

b) En el ejemplo anterior, si $Q = 2nC$ y $b = 2\mu m$ hallar lo indicado en el punto de la esquina superior derecha:	
El campo eléctrico	El potencial eléctrico
¿Cuál es la diferencia entre hallar el campo eléctrico y hallar la diferencia de potencial a la misma distribución de cargas?	

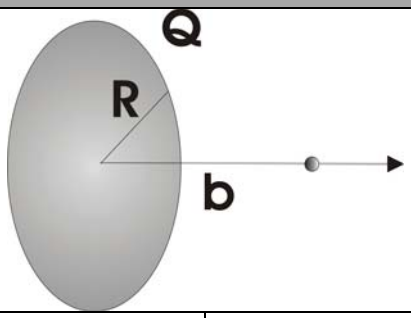
7.4.3 Para la siguiente distribución de cargas puntuales, hallar lo indicado en el punto de la esquina inferior derecha:



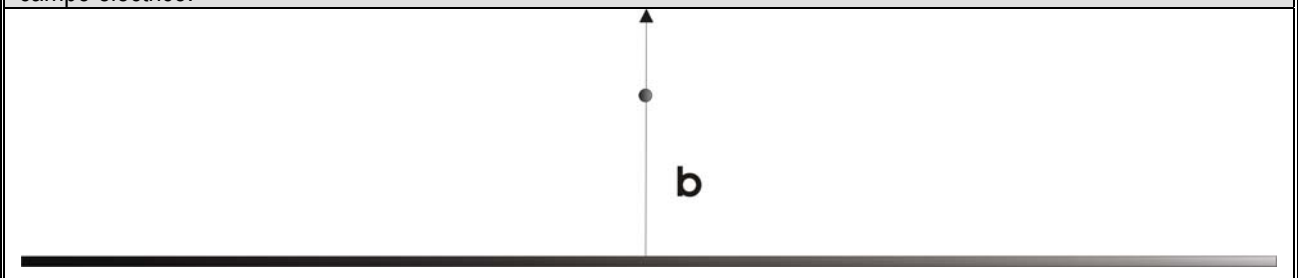
Fuerza eléctrica sobre la carga de la derecha	Energía potencial eléctrica total del sistema

b) En el ejemplo anterior, si $Q = 3nC$ y $b = 3\mu m$ hallar lo indicado	
Fuerza eléctrica sobre la carga de la derecha	Energía potencial eléctrica total del sistema
¿Cuál es la diferencia entre hallar la fuerza eléctrica y hallar la energía potencial eléctrica del sistema?	

7.4.4 Para un disco de radio "R" y carga "Q" distribuida uniformemente, como se muestra en la figura. Calcule lo que se pide para el punto x=b ubicado sobre el eje perpendicular al disco.



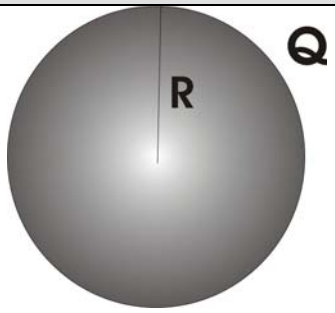
El campo Eléctrico	El potencial eléctrico:

A partir del resultado anterior para el potencial eléctrico y usando que $\vec{E} = -\vec{\nabla} V$ encuentre $\vec{E}$:	
¿Dio el mismo resultado para el campo eléctrico?	
7.4.5 A una distancia "b" de un hilo infinito de densidad de carga " λ" como se muestra en la figura. Calcular el campo eléctrico.	
	
Usando la ley de Coulomb	Usando la ley de Gauss

Con los resultados anteriores, responda las siguientes preguntas:

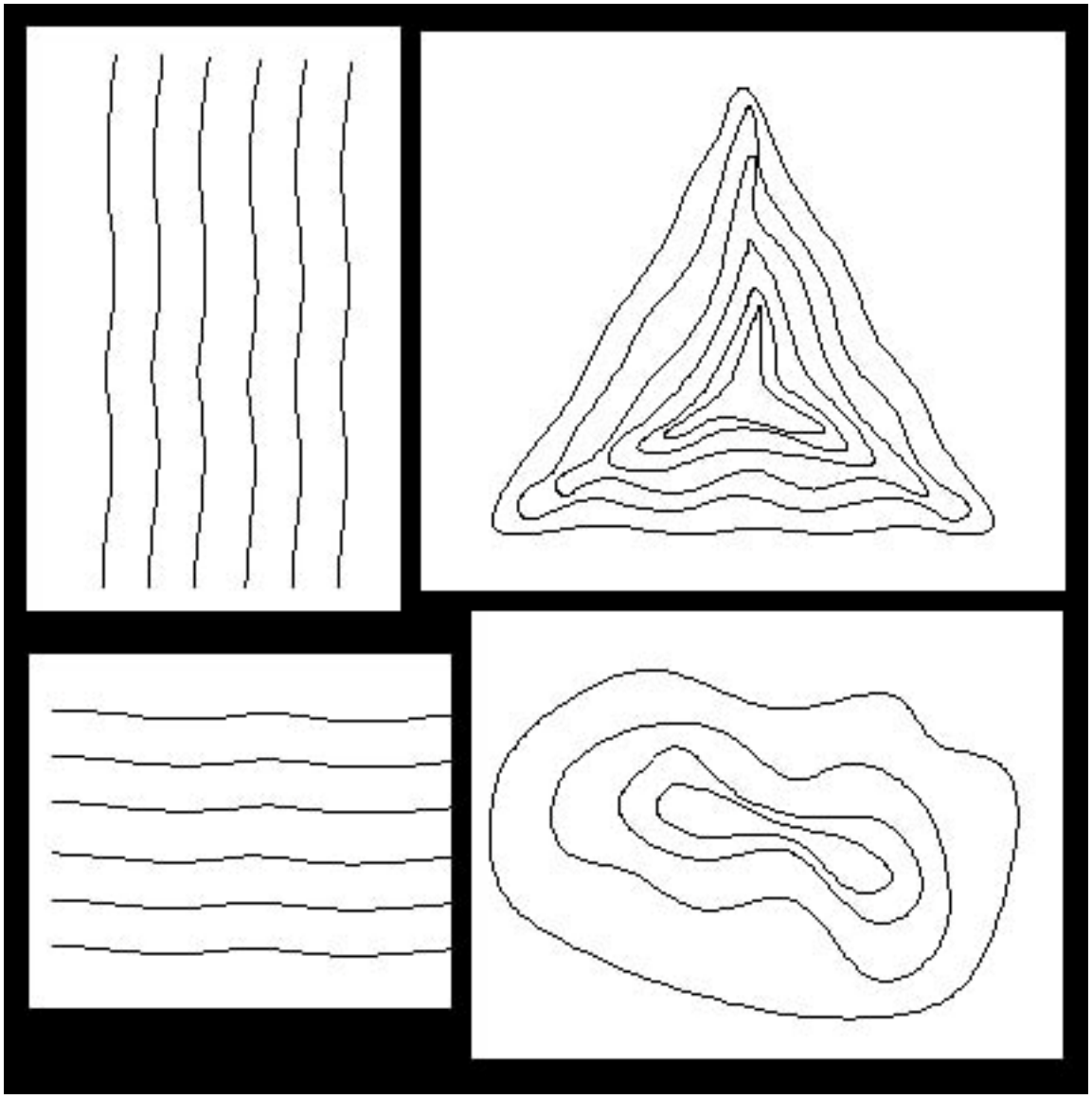
- ¿Se llego a la misma respuesta?
- ¿Cuál método es mas práctico?
- ¿Cuándo es práctico aplicar la ley de Coulomb?
- ¿Cuándo es práctico aplicar la ley de Gauss?

7.4.6 Se tiene una esfera de radio “R” y carga Q. Hallar y graficar el campo eléctrico para todo r del espacio

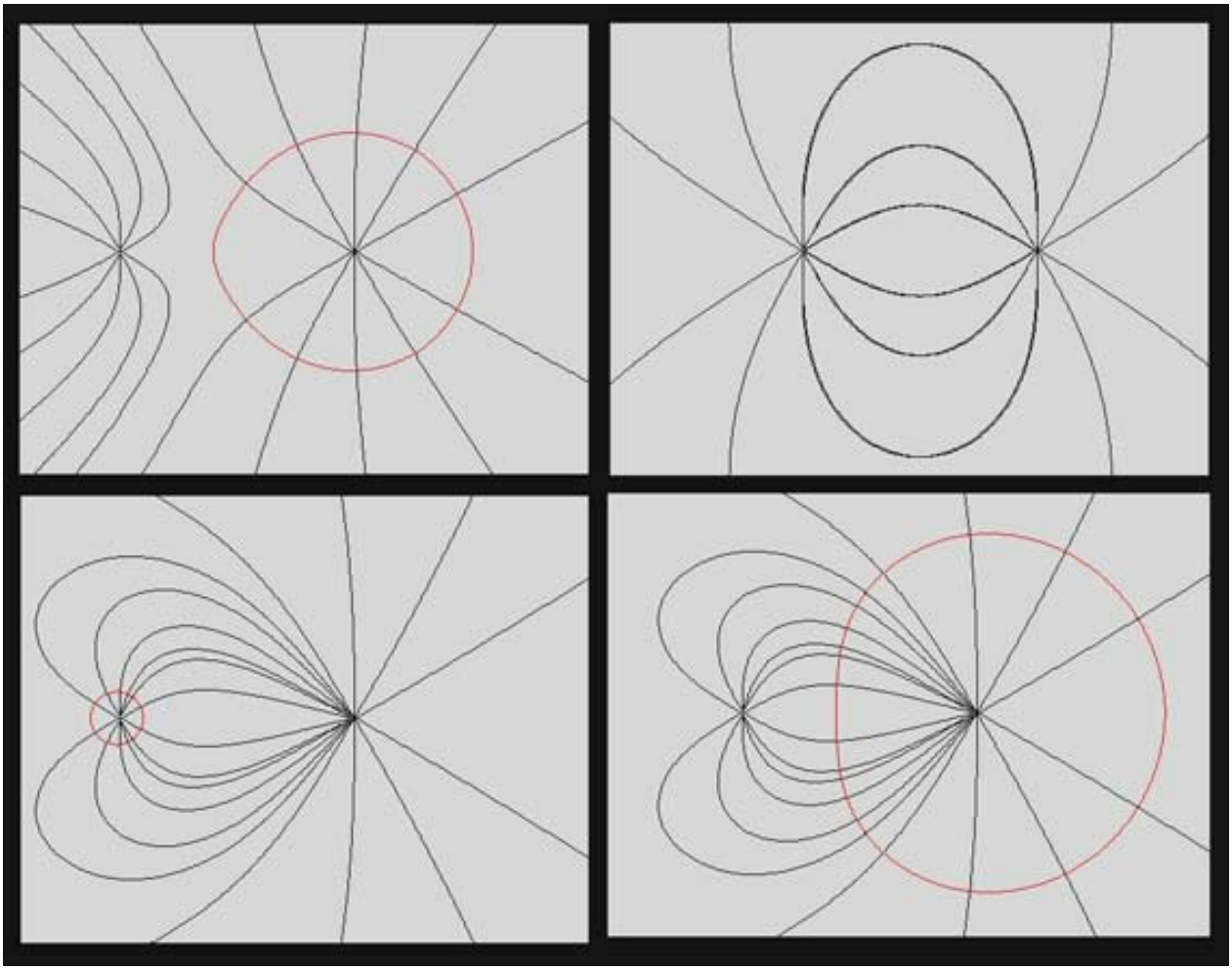


Si la esfera es conductora.	Si la esfera es aislante y tiene la carga distribuida uniformemente.

Haga una grafica de $E(r)$ contra r	Haga una grafica de $E(r)$ contra r
7.4.7 Para las siguientes curvas de potencial, dibuje los vectores de campo eléctrico asociados.	



7.4.8 Para los siguientes dibujos, grafique las líneas de potencial asociadas a las líneas de campo dadas.



7.4.9 Solucione los problemas dados en forma paralela.

Un electrón que posee una velocidad de $v = 30\frac{m}{s}\hat{i}$ entre en una región en la cual hay un campo eléctrico dado por $\vec{E} = 3\frac{N}{C}\hat{j}$. ¿Cuál es la posición de la partícula a los 3 s?	Un balón es lanzado desde lo alto de un precipicio con una velocidad inicial de $v = 5\frac{m}{s}\hat{i}$, ¿cual es la posición de la partícula a los 10s?.
¿Indique que similitudes y diferencias hay en el método de solución de los dos problemas dados?	
7.4.10 Solucione los problemas dados en forma paralela.	

Dos conductores esféricos de radios $r_1 = r$ y $r_2 = 3r$ están separados una distancia mucho mayor que cualesquiera de sus radios. Inicialmente se coloca sobre la esfera mas pequeña una carga "Q_0". Luego, las esferas se conectan por un alambre conductor delgado y muy largo. Después de un tiempo largo, ¿Cual es la carga eléctrico en cada una de las esferas?, ¿Determine la relación de las magnitudes de los campos eléctricos en las superficies de las esferas?

Busque una aplicación de este problema rutinario en la vida cotidiana

8. Indicadores de desempeño propuestos

3.1 El estudiante describe algunas de las diferencias y similitudes entre campo eléctrico y potencial.
3.2 El estudiante justifica entre las posibles respuestas a un problemas de movimiento campo eléctrico o potencial eléctrico.
3.3 El estudiante distingue entre cuando aplicar el método de la ley de Gauss y cuando el método de la Ley de Coulomb.
3.4 El estudiante distingue entre un material aislante y un material conductor.
3.4 El estudiante asocia campo eléctrico a potencial eléctrico y viceversa.

9. Bibliografía relacionada con el tema

9.1 TIPLER, PAUL A / MOSCA, GENE (2004) Física para la ciencias y la tecnología,5ª ED. TOMO II. Editorial REVERTÈ
9.2 SEARS, FRANCIS W/ YOUNG, HUGH D/ZEMANSKY, MARK. W./ FREEDMAN,ROGER A. (2004). Física Universitaria, 11ª ED. TOMO II. Editorial PEARSON
9.3 SERWAY, RAYMOND A / JEWETT Jr, JHON W. (2005) Física Para Ciencias e Ingeniería, 6ª ED. TOMO II. Editorial THOMSON.

10. Observaciones Especiales (Para el Estudiante)

10.1 Para el desarrollo de esta guía, es conveniente que se apoye en el servicio de tutorías, que el departamento de ciencias básicas ofrece a los estudiantes y cuyo horario se puede consultar en cartelera del departamento de Ciencias Básicas.

Fin de la guía de estudio.

2.8 El Relato

El relato es un texto narrativo que tienen como meta, el hacer discurrir un discurso en el tiempo, paralelamente al sucederse de los acontecimientos. Existe en dos formas básicamente: *El relato simple*, que tiene solamente una unidad mínima, y el *Relato elaborado*, que puede tener una estructura muy compleja.

Según Labov (1972), son relatos simples aquellos que contienen solamente cláusulas narrativas, es decir aquellas que están ordenadas siguiendo la secuencia temporal. En cambio, los relatos desarrollados tienen varias secciones que, si se dan en su totalidad, son: *resumen, orientación, evaluación y coda*.

Estructura de un relato elaborado según William Labov

1. El resumen. Responde a la pregunta ¿qué se trata? y enmarca el propósito del relato.

2. La orientación. Responde a las preguntas ¿quién?, ¿cuándo?, ¿qué?, ¿dónde? Identifica el tiempo, el lugar, las personas y la situación o actividad en que sucedieron las cosas.

3. La complicación. Es la acción que se desencadena en la propia historia.

4. La coda. Esta formada por las cláusulas libres que se encuentren al final del relato; tiene a veces la particularidad de reunir el tiempo narrativo con el tiempo presente. ¿Qué sucedió al final?

En los relatos del habla cotidiana se dan las más diversas estructuras que van, desde esas formas simples hasta aquellas más complejas, mostrando no solamente la estructura laboviana completa, sino también elaboraciones de la misma. Por ejemplo, puede duplicarse una de las partes, o varias de ellas y así desarrollarse más el relato. No todos los relatos que se oyen están

"completos", en cuanto a las secciones que presentan, de modo que puede observarse cierto tipo de variación en cuanto a la complejidad de las mismas.

El contexto en el que son colocados los diferentes tópicos de la física y el modo emocional de presentarlos son de gran importancia. El relato, propuesto como estrategia metodológica para la enseñanza del electromagnetismo, pretende lograr explicaciones con nuestras propias palabras, valiéndonos de paralelos, símiles, mitos o metáforas que permitan la comprensión de una *manera informal* y *práctica*, asociando elementos aparentemente sin relación entre sí, y posibilitando la síntesis y el establecimiento de conexiones.

Veinticinco años ejerciendo la profesión de Docente en el campo de la Física, tanto en el nivel medio (Bachillerato) como en el nivel superior (Universitario), me permiten afirmar que mostrarles la Física a los estudiantes solo a partir de fundamentos matemáticos, poco les motiva, el aprendizaje les parece un tanto aburrido e incompleto. El docente debe procurar siempre estar innovando, creando y proponiendo diversas maneras de presentarles los contenidos a sus estudiantes con el ánimo de brindarles un aprendizaje más amigable y motivador.

Con la elaboración de relatos en Física, como ejercicio pedagógico, los estudiantes pueden establecer relaciones con su propia realidad encontrándole más sentido a lo que se pretende que comprendan. Son pues, los relatos, una buena oportunidad para que expresen con sus propias palabras lo que están comprendiendo y a la vez un desempeño de comprensión que le permite al docente valorar dicha comprensión. De otra parte, los relatos elaborados por el docente son una estrategia metodológica motivante para los estudiantes, cuando de introducir un tema se trata, como pudo ser evidenciado con esta propuesta llevada a cabo en la Universidad Católica de Colombia en los cursos de Electromagnetismo de los programas de Ingeniería durante los años 2006 y 2007, aspecto que amerita un capítulo aparte de esta tesis. Al respecto, se escribieron varios relatos que fueron presentados a los estudiantes como introducir a diversos tópicos generadores, incitándolos a su vez a que escribieran sus propios relatos (ver capítulo 5).

CAPITULO III

EL ELECTROMAGNETISMO EN MAPAS CONCEPTUALES DINÁMICOS

"La característica principal de los expertos es
Tener su conocimiento bien organizado
Y tender a acercarse a las tareas de solución de
Nuevos problemas aplicando conceptos generales
Amplios y relevantes. El mapeo conceptual ayuda
A los aprendices tanto a aprender mejor
Los conceptos como a organizarlos adecuadamente
Para construir estructuras cognitivas
Más propias de los expertos".

(Joseph D. Novak)

3.1 El Cmap Tools y la construcción de mapas conceptuales dinámicos.

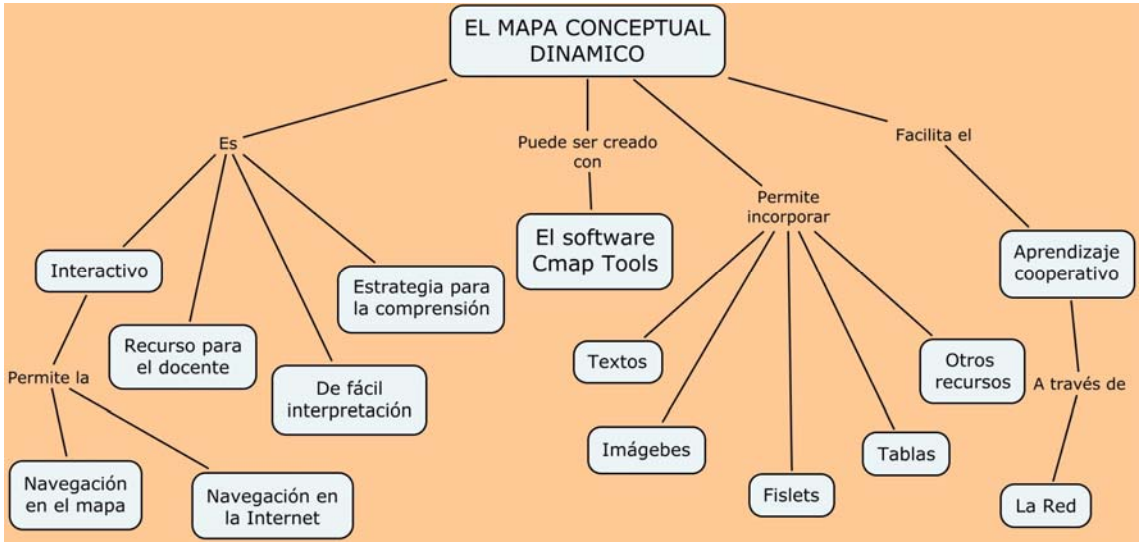


Figura 3.1 Mapa conceptual sobre el Mapa Conceptual Dinámico.

Todos los mapas conceptuales expuestos a lo largo de los capítulos I y II, de este trabajo, incluyendo el mapa anterior, han sido construidos con el programa Cmap Tools. Nos podemos dar cuenta que estos mapas no tienen nada de particular, excepto precisamente el haber sido construidos con esta herramienta informática, son mapas conceptuales *Estáticos*. Los mapas que serán expuestos de aquí en adelante son mapas *Dinámicos*. Recordemos que el mapa dinámico quedo definido en el capítulo II, como: la "técnica para la representación gráfica del conocimiento, basada en la construcción de una red o malla de conceptos y proposiciones que permite la navegación al interior de la misma gracias a las aplicaciones del Hipertexto y la Hipermedia".

Cmap Tools es un software que permite crear mapas conceptuales, por medio de unas aplicaciones en lenguaje Java. Una ventaja enorme es que con él se puede trabajar de manera local individual, o en red, ya sea local, o en internet, facilitando así el trabajo en equipo y el trabajo colaborativo.

Gracias a esta poderosa herramienta podemos construir mapas conceptuales *Dinámicos*, que posibilita la navegación por los mismos, lo que los convierte en *Interactivos*. Es posible enlazar e indexar todo tipo de archivos, y además añadir información contextual a cada uno de los conceptos o nodos del mapa.

Dentro de las posibilidades que brinda este software para la construcción de Mapas Conceptuales Dinámicos, tenemos:

- Cambiar fuentes y tamaños.
- Cambiar el idioma.
- Cambiar colores.
- Cambiar fondos.
- Personalizar estilos.
- Ver Cmap como una página Web.
- Adicionar flechas.
- Buscar texto en un Cmap.
- Usar verificador de ortografía.
- Buscar en Internet.
- Enviar un Cmap por Internet.
- Exportar un Cmap como página Web.
- Exportar un Cmap como imagen.
- Controlar permisos y accesos.
- Enlazar proposiciones entre Cmaps.
- Usar diseño automático.
- Añadir anotaciones e información.
- Copiar un Cmap en sitios.
- Hacer uso del diccionario y sinónimos.
- Validar y arreglar enlaces o recursos.
- Uso de nodos anidados y asociaciones.

Con el uso de las NTICs, y a través del Cmap Tools, se hace posible la construcción de mapas conceptuales con estas características. La hipermedia permite incorporar en el mapa elementos de cualquier tipo de medio, como: textos, imágenes, sonidos, animaciones, simulaciones, aplicaciones físicas (fislets) y videos, entre otros. Estas posibilidades han sido aprovechadas para la construcción de los mapas que se proponen en este trabajo de investigación y juegan un papel relevante a todo lo largo del mismo; razón por la cual se

incluye, más adelante, un manual de instrucciones para la incorporación de Aplicaciones Físicas (Fislets) en los mapas.

A través de la construcción de mapas conceptuales Dinámicos, se dan significación y sentido a los conceptos y hechos, es decir, permite el aprendizaje constructivo, significativo por parte de los estudiantes. Con su construcción y utilización se potencia la comprensión de los contenidos temáticos de una manera diferente y agradable, y además favorece el almacenamiento de estos en la memoria para disponer de ellos cuando se requiera… favorece la memoria de largo plazo. Un aprendizaje con estas características facilita la utilización de lo aprendido en la vida cotidiana o profesional.

Con esta estrategia metodológica el estudiante pasa a ser protagonista de su propio aprendizaje, hallándole más sentido a lo que aprende. Al respecto, *Joseph D. Novak* y *Alberto J. Cañas*, dicen: *"*Existe hoy casi un acuerdo universal de que cada estudiante debe construir su propia estructura de conocimiento, o estructura cognitiva, a través de sus propios esfuerzos. El compromiso de construir una estructura de conocimiento poderosa debe ser el compromiso del estudiante. Existe un reconocimiento menos universal de que las estructuras de conocimiento están construidas principalmente a través de *aprendizaje significativo*, y por contraste, el aprendizaje memorístico o simplemente memorizar información contribuye muy poco a construir la estructura de conocimiento de una persona. Nosotros creemos que la teoría cognitiva del aprendizaje de Ausubel (Ausubel, 1963, 2000) brinda una fuerte base en la cual se puede mejorar la enseñanza y el aprendizaje.

Buscamos ilustrar esto a través de esfuerzos que emplean epistemología constructivista y psicología cognitiva constructivista, junto con el uso de Internet y CmapTools, una herramienta de software para ayudar en la construcción de mapas conceptuales. CmapTools puede servir como la base para un nuevo tipo de integración de los recursos de Internet y todas las experiencias de clase, laboratorio y de campo, y cuando son usados con mapas conceptuales "esqueleto" desarrollados por expertos pueden servir como la base para un

nuevo tipo de integración, para formar andamios de aprendizaje, ellos proveen un Nuevo Modelo para Educación"[19].

En cuanto a los docentes, un mapa conceptual construido con Cmap Tools es una herramienta formidable para explicar conceptos y teorías complejas (como es el caso del Electromagnetismo) que constan de varias ideas principales, principios fundamentales y conceptos abstractos que guardan relación unos con otros. Con Cmap Tools se tiene la posibilidad de crear mapas *conceptuales web* que incorporen archivos adjuntos o enlaces a otras páginas. Por tanto, los mapas creados con esta herramienta permiten interactuar con su contenido a través de un navegador. Además, es posible compartirlos junto con sus recursos a través de la Internet. Existen servidores públicos donde se pueden subir los mapas y los archivos adjuntos a éstos.

Cmap Tools ha sido desarrollado por el *Institut for Human and Machine Cognition* de Florida (IHMC)[20] y puede ser descargado gratuitamente.[21] Aprender a manejarlo no es tan complicado mediante el método de ensayo y error, sin embargo es recomendable hacer uso del tutorial, si se quieren aprovechar al máximo todas las aplicaciones que ofrece para la construcción de los mapas.[22]

3.2 Características del mapa conceptual dinámico

Un Mapa Conceptual Dinámico tiene las siguientes características:

- Es interactivo, permite la navegación al interior del mapa y la navegación en Internet. No es estático.

---

[19] Joseph D. Novak & Alberto J. Cañas. Construyendo sobre Nuevas Ideas Constructivistas y la Herramienta CmapTools para Crear un Nuevo Modelo para Educación. Institute for Human and Machine Cognition. 2004. Disponible en: http://www.eduteka.org/pdfdir/CmapToolsNuevoModeloEducacion.pdf

[20] Podemos acceder a la información del *Institut for Human and Machine Cognition,* a través de la dirección http://ihmc.us/

[21] Disponible en: http://cmc.ihmc.us/

[22] El Tutorial Oficial en Español es muy completo y lo podemos consultar y/o descargar a través de la dirección: http://cmap.ihmc.us/Support/help/Espanol/index.html

- Se pueden simplificar los mapas haciendo redes menos complejas y entrelazándolas entre sí, haciendo más agradable y sencilla su lectura. Un mapa conceptual que involucre demasiados conceptos y proposiciones, es una red muy compleja que dificulta su comprensión además de ser tediosa su lectura e interpretación.
- Con él se puede ampliar enormemente la información original o básica del mapa gracias a los enlaces o vínculos.
- Gracias a los enlaces es posible profundizar sobre los conceptos involucrados en el mapa.
- Es ideal como recurso del docente para presentaciones y clases con la utilización de medios audiovisuales.
- Se facilita su continuo mejoramiento enriqueciéndolo cada vez más o corrigiéndolo si es necesario. Con su aplicación y evaluación van surgiendo modificaciones que lo hacen evolucionar. Un mapa de estas características nunca termina ahí.
- Con la incorporación de animaciones y simulaciones se comprenden más fácilmente los conceptos físicos presentados en el mapa y podemos interpretar los diversos sistemas físicos y sus aplicaciones.
- El uso de Cmap Tools combinado con la Internet, en la construcción de los mapas, hace de estos un medio excelente de intercambio intelectual entre los estudiantes, entre los docentes y en general entre los diferentes usuarios de la Web.
- Es una valiosa herramienta para la educación y para la investigación.
- Es un vehículo que contribuye con la construcción de conocimiento a través de la navegación.
- Facilita el aprendizaje cooperativo, no solo de los estudiantes sino de los docentes, a través de la Red.
- Facilita el aprendizaje autónomo de los estudiantes a través de su elaboración.
- Es amigable y agradable su lectura e interpretación.
- Es un valioso recurso para el docente, le ayuda a presentar de manera estructurada los contenidos temáticos que pretende enseñar.

- Le facilita al docente la organización de los diferentes materiales de enseñanza.
- A partir de la elaboración de sus propios mapas, los estudiantes pueden avanzar significativamente en la comprensión de los conceptos.
- Estos mapas conceptuales involucran a estudiantes y docentes con el uso de las NTICs, algo estrictamente necesario en el ámbito educativo actual.
- Permite, en el caso de ser utilizado como recurso del docente, la experimentación virtual, mediante la incorporación de fislets.
- Es un desempeño de comprensión. Le permite al docente, a través de los mapas elaborados por los estudiantes, hacer seguimiento sobre los avances en la comprensión de los contenidos.

Más adelante (en este capítulo) es expuesto en Mapas Conceptuales Dinámicos, el curso de Electromagnetismo, seguido en la Universidad Católica de Colombia, en los programas de Ingeniería. Trabajo que resulta de la misma investigación, siendo un aporte novedoso a la Educación a través de la integración de los recursos de la Internet, y la experiencia docente, a la Didáctica de la Física mediante el uso de una herramienta de software como lo es el CmapTools. Dicho curso, de Electromagnetismo en Mapas Conceptuales Dinámicos, será puesto a disposición de todos los docentes de Física de cualquier parte del mundo, como un recurso importante para su quehacer pedagógico en la enseñanza del Electromagnetismo… una contribución al acervo cultural de la humanidad. Los mapas serán subidos a la Internet en una página Web, y claro podrán ser consultados y utilizados por todos los usuarios de la red.

Estos mapas además de estar enlazados entre sí, tienen incorporados a los conceptos: imágenes, textos y fislets. La incorporación de las imágenes y los textos no presenta mayor dificultad, pero la incorporación de los fislets si requiere de algún trabajo y ciertas competencias informáticas y de uso de las NTICs. Por esta razón, en el siguiente apartado se expone un sencillo manual instructivo.

Seguidamente a la exposición de los mapas elaborados por el autor de esta Tesis, también se exponen algunos mapas elaborados por estudiantes de Ingeniería que tomaron el curso de Electromagnetismo en la Universidad Católica de Colombia, curso orientado también por el autor de la Tesis.

3.3 Instructivo para la incorporación de fislets en los mapas conceptuales[23]

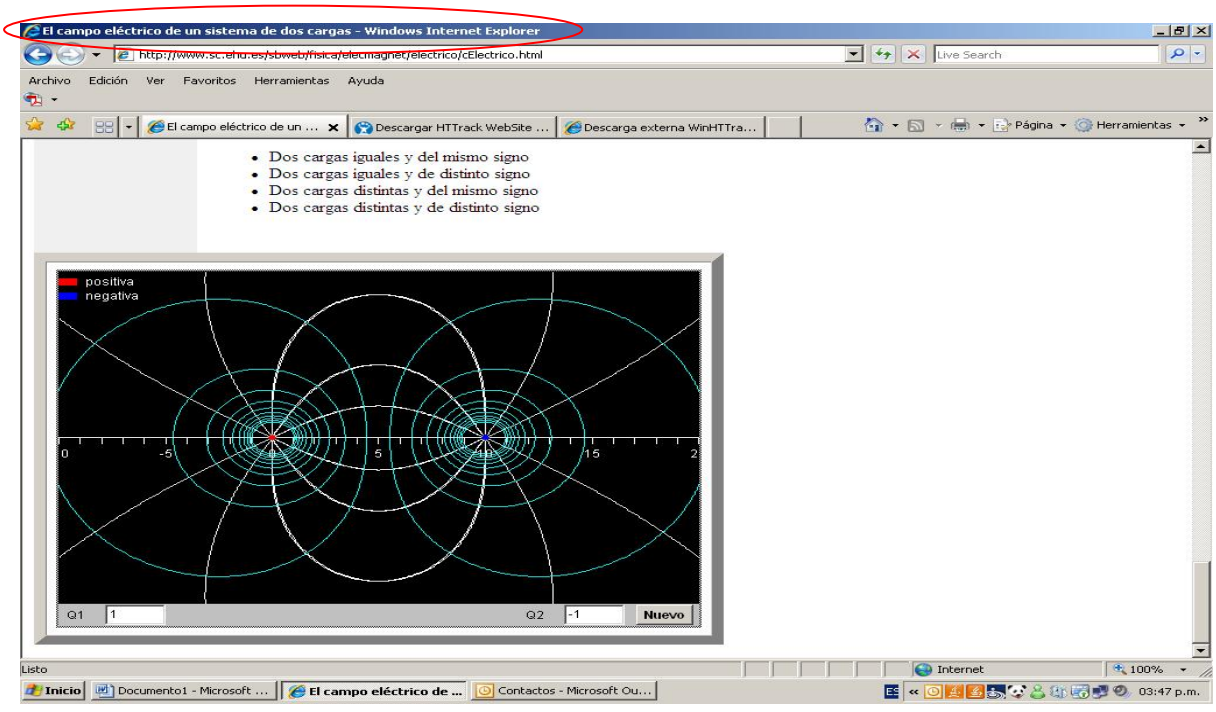
Antes de iniciar el procedimiento, es necesario contar con las dos aplicaciones mencionadas a continuación y sus respectivos links de descarga para que puedan ser instaladas en el computador donde se va llevar a cabo dicho procedimiento.

1. Maquina Virtual de Java (Java Runtime Environment Version 6 Update 3) http://www.java.com/es/download/
2. HTTrack Website Copier http://winhttrack-website-copier.malavida.com/mvdwn/es/51

Para cualquier caso si alguno de los anteriores links no funciona, solo basta con colocar el nombre del programa en cualquier motor de búsqueda de Internet (Google, por ejemplo) para encontrar múltiples sitios de descarga de dichos programas.

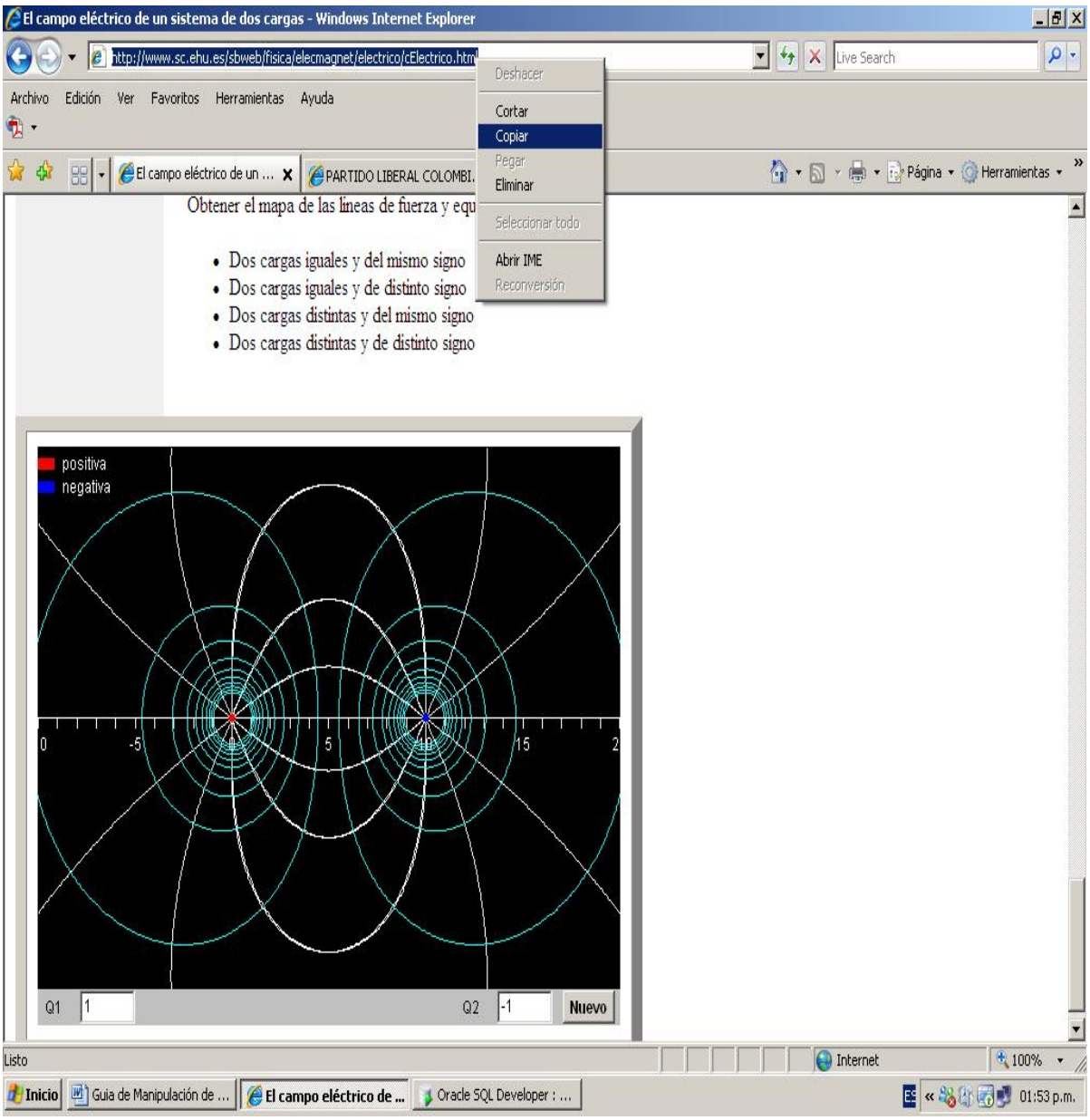
Luego de asegurarnos de que los programas mencionados anteriormente estén correctamente instalados y funcionando en el equipo, procedemos a abrir las páginas de donde queremos extraer las mini-aplicaciones o fislets como se muestra en la imagen siguiente:

PASO 1:



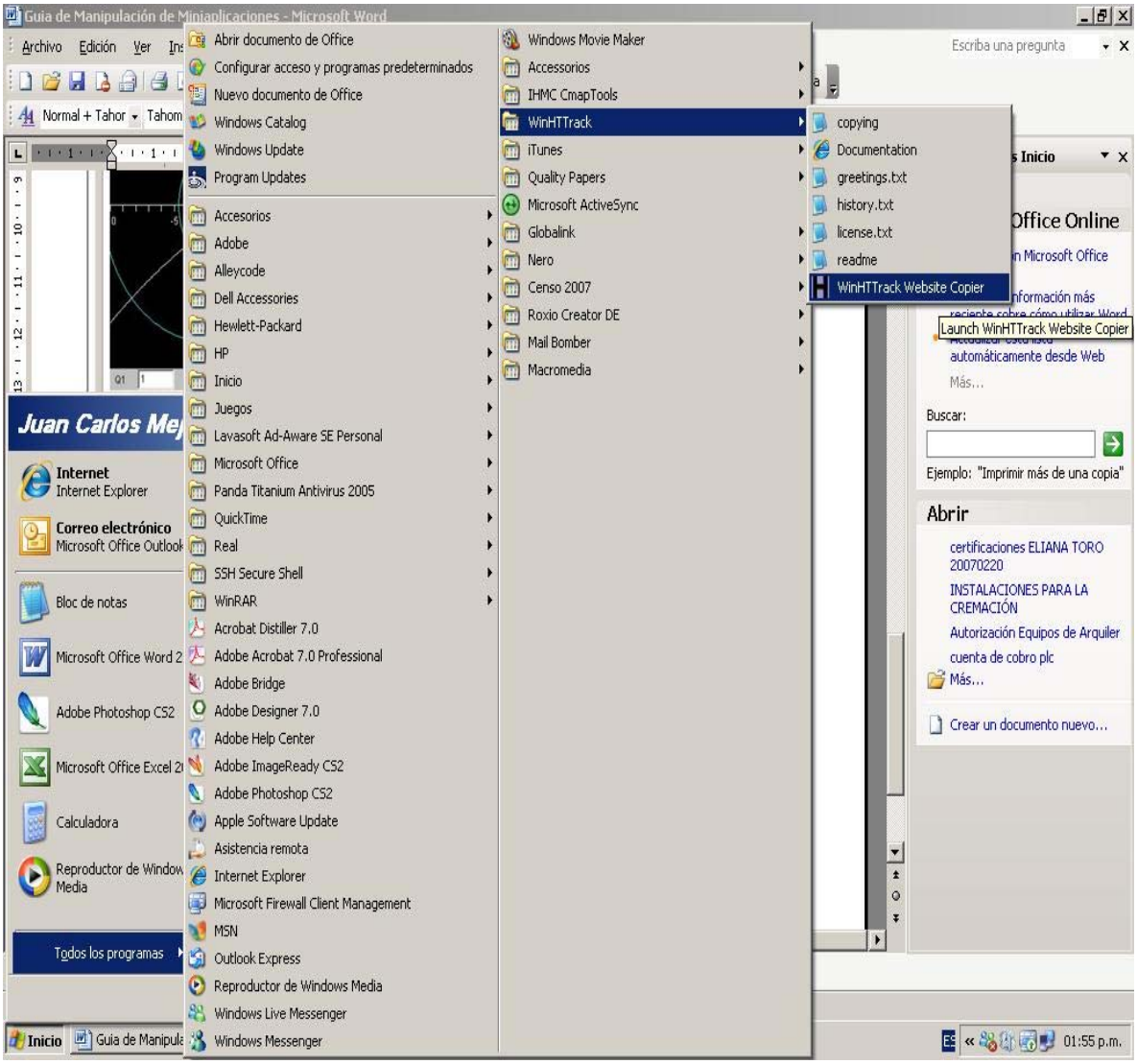
PASO 2:

Luego debemos copiar la URL o dirección de la Página de la que vamos a descargar el fislet como se ve en la imagen que se muestra a continuación:



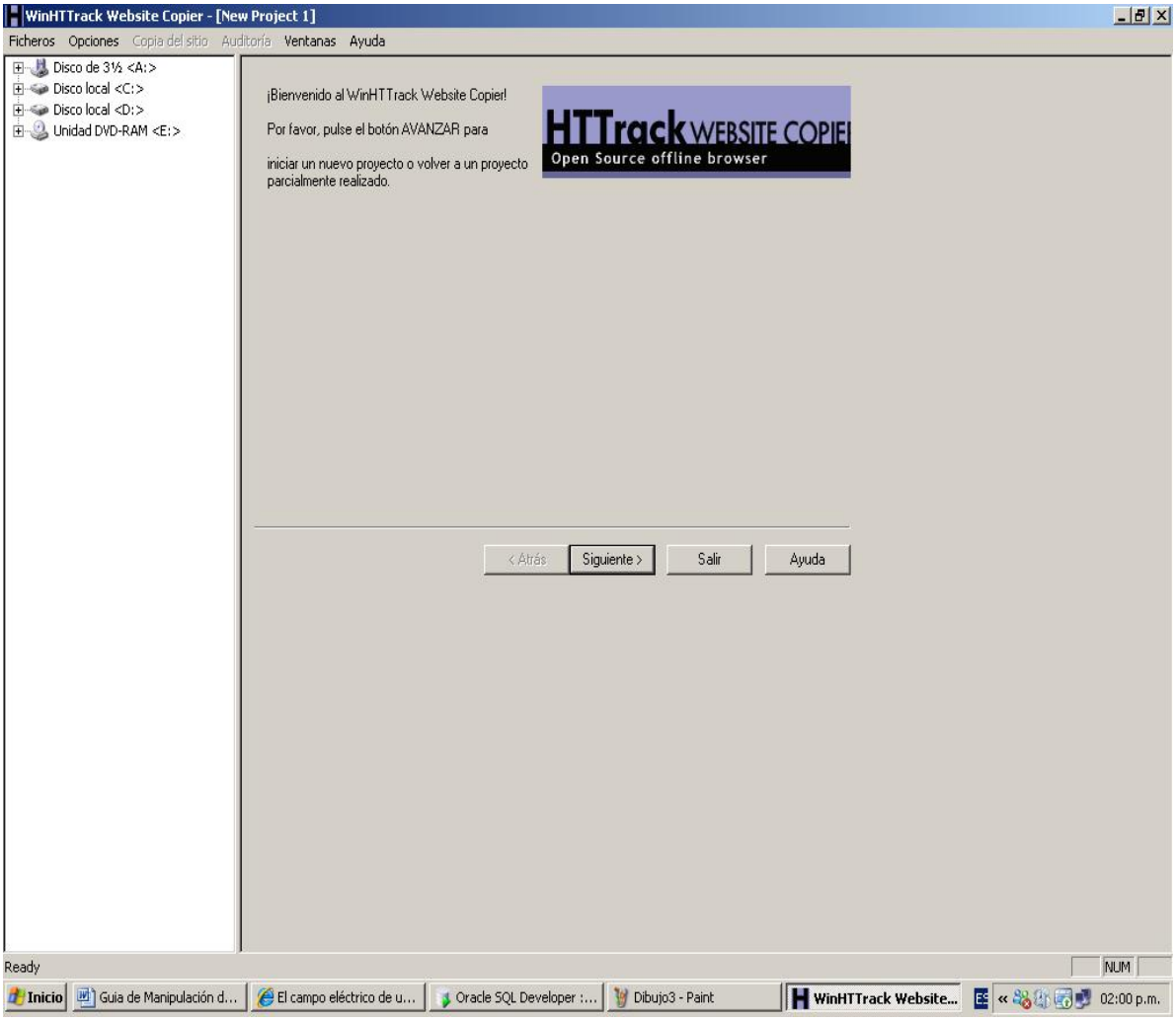
PASO 3:

Posteriormente abrimos el programa **HTTrack Website Copier** que previamente instalamos, lo podemos encontrar en el menú inicio – Todos los programas como se ve en la imagen:



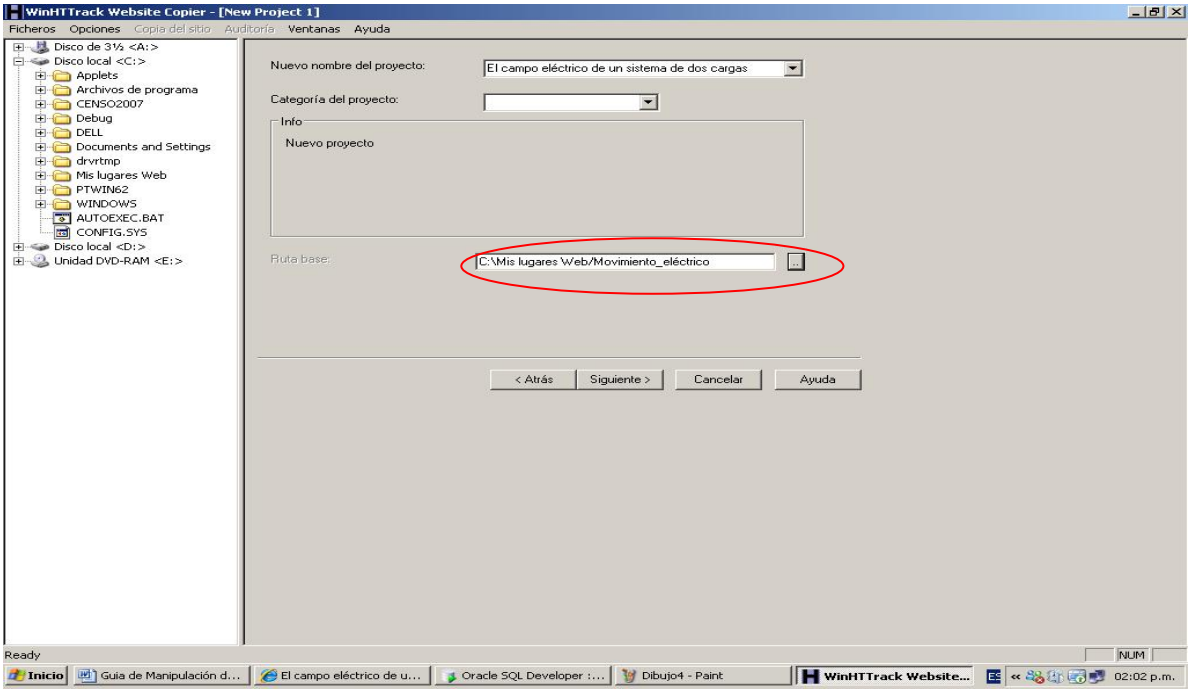
PASO 4:

Luego el programa nos mostrará la siguiente ventana en la cual vamos a dar click en **“Siguiente”:**



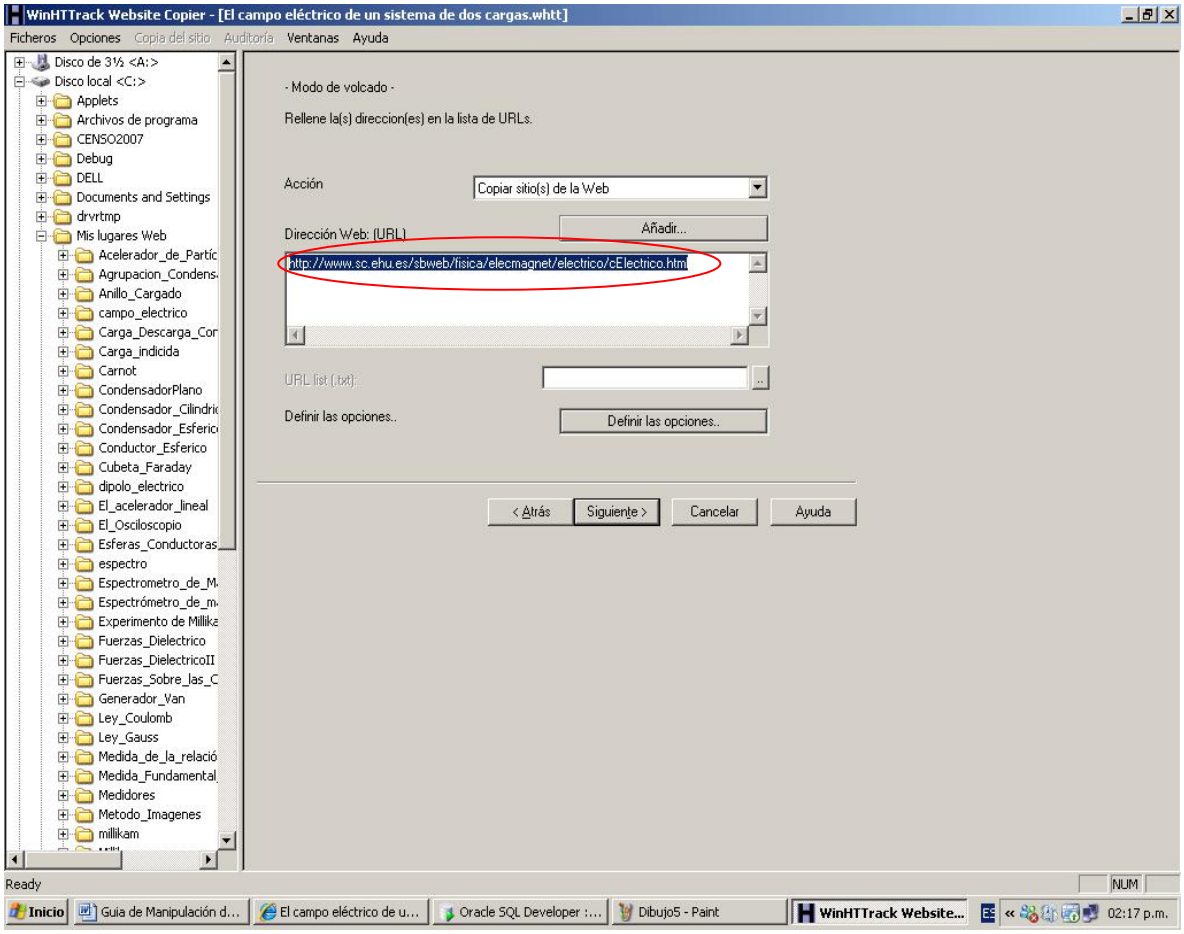
PASO 5:

Posteriormente le damos un nombre al proyecto. Fijémonos que en la parte central de la ventana el programa muestra la ubicación en disco duro en donde va a guardar la totalidad del contenido de la página que para el caso del ejemplo es **C:/Mis Lugares Web/Movimiento_electrico** . Esta ubicación es importante identificarla para luego buscar los archivos que corresponden a los "fislets". Vale la pena mencionar que el programa por defecto guarda todos los contenidos de las páginas en la carpeta que el crea en la instalación llamada Mis Lugares Web que siempre se ubica en la raíz del disco "**C:/".** Para organizar los proyectos es importante identificarlos por lo cual para cada página que queramos guardar es conveniente crear una carpeta. Dando clic en el botón de los puntos suspensivos podemos dar una ubicación diferente o crear una carpeta para cada proyecto. En la imagen por ejemplo se creo una carpeta llamada "**Movimiento_electrico"** para este proyecto en especifico es conveniente que los nombres de las carpetas no contengan caracteres especiales ni espacios entre palabras, nótese que se utilizo el carácter "_" para separar la palabra Movimiento, de eléctrico. Luego de especificar el nombre del proyecto damos clic en **"siguiente".**

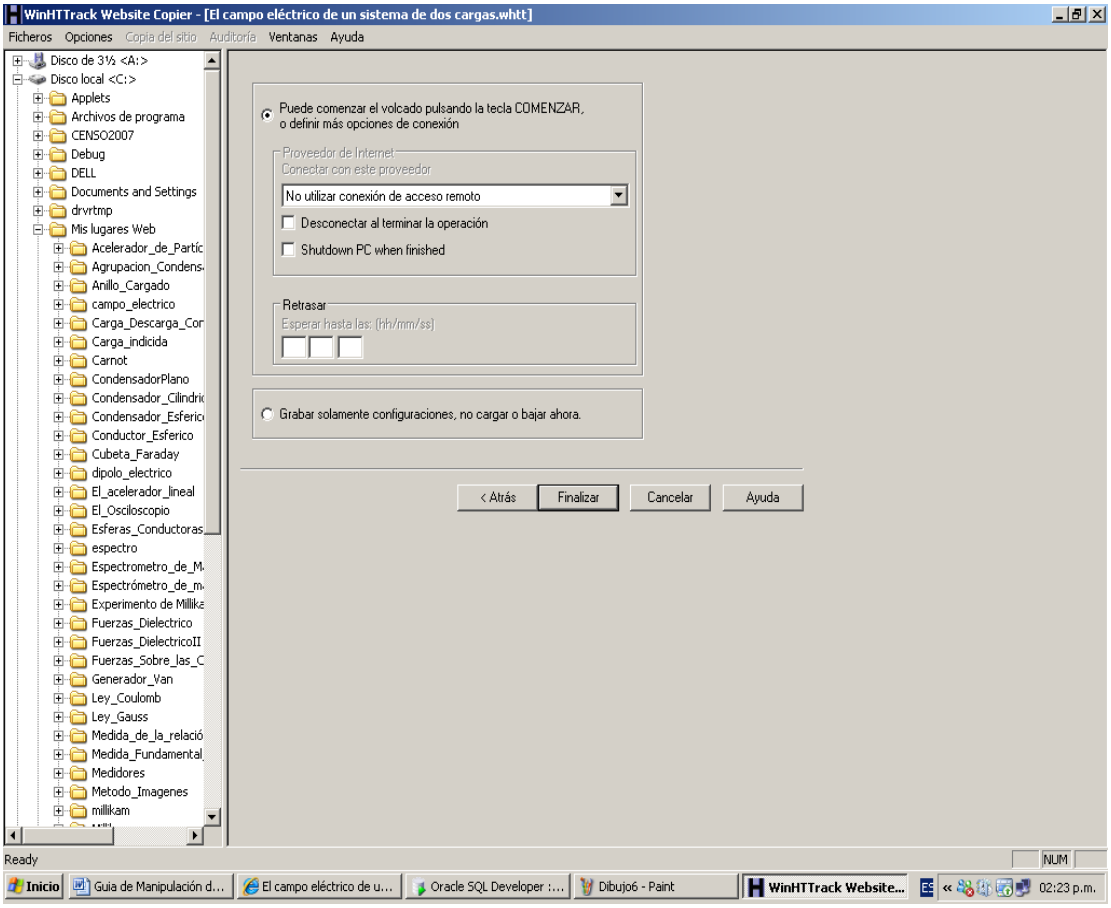


PASO 6:

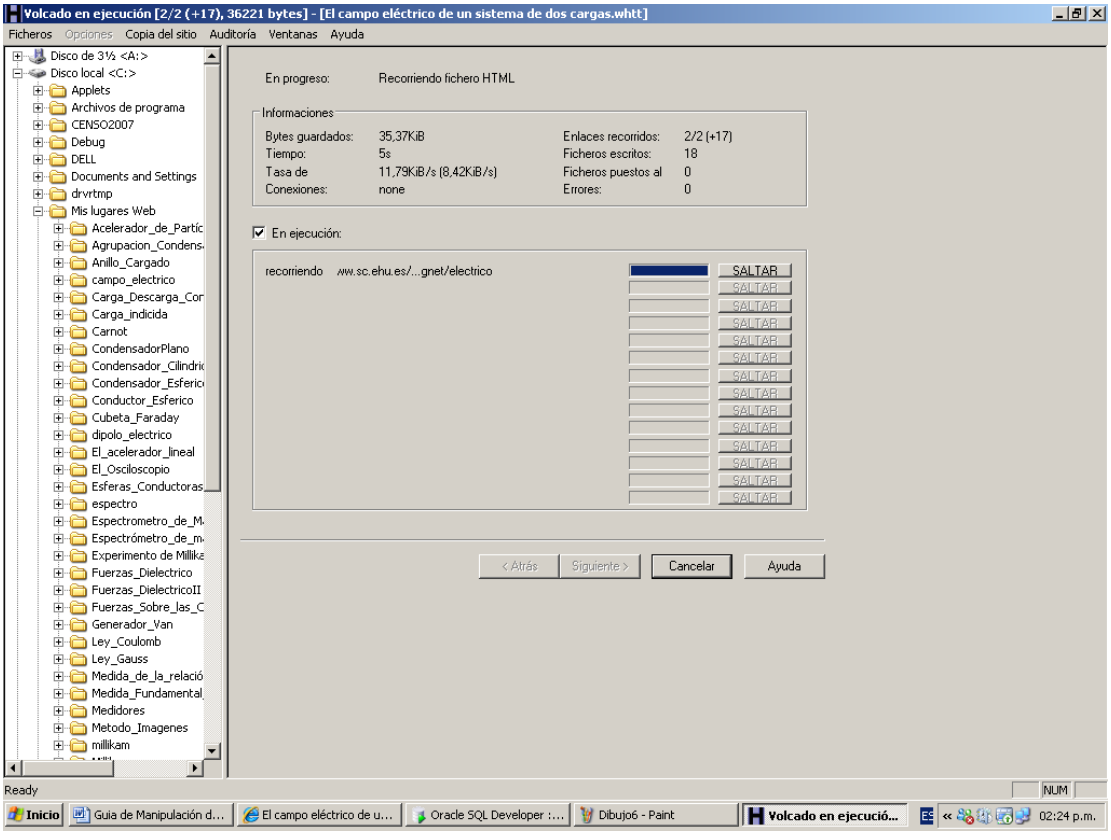
Luego vamos a pegar la **URL** o dirección de la pagina que copiamos en el paso 2, de la que queremos descargar el fislet en la casilla correspondiente a dirección Web (URL) y damos clic posteriormente en **"Siguiente"**



Finalmente damos click en **“Finalizar”** para iniciar el proceso de copiado:

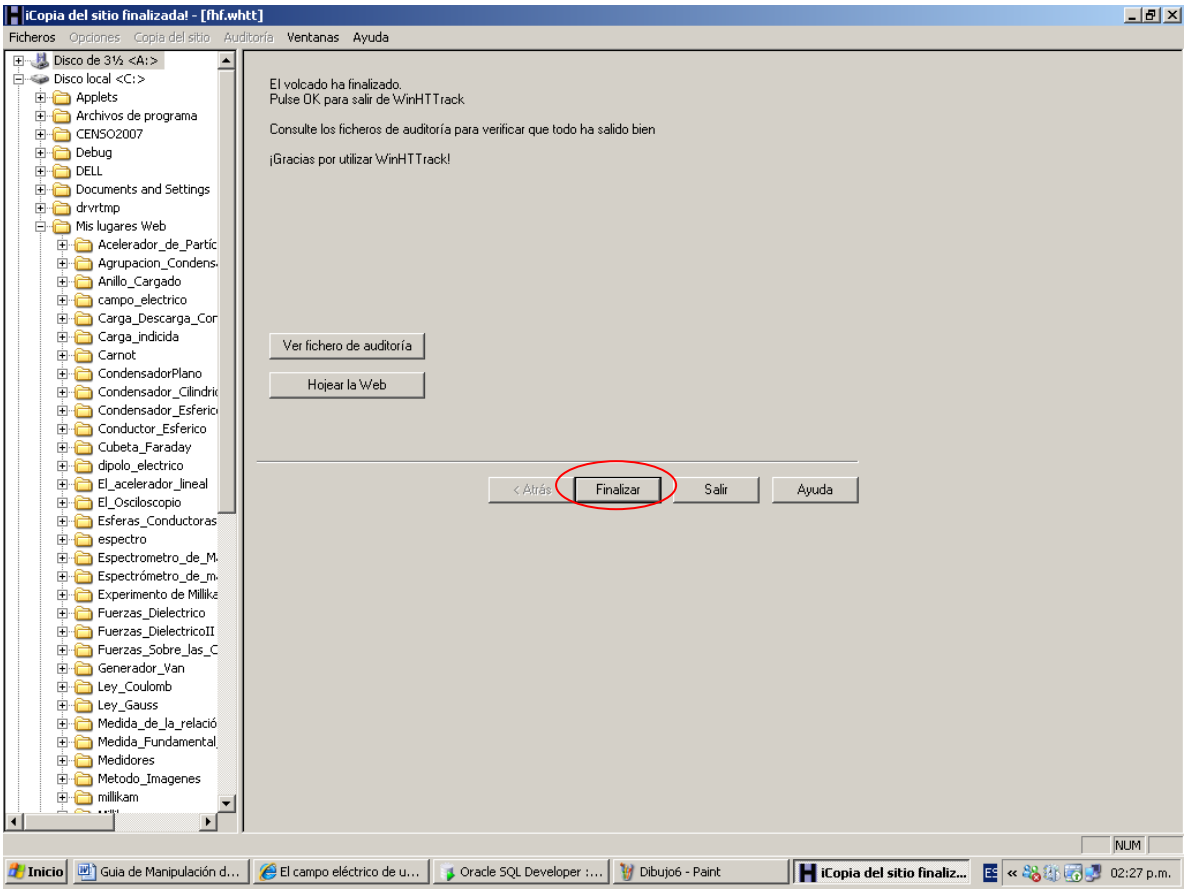


El proceso se inicia y muestra un indicador como se ve en la imagen:



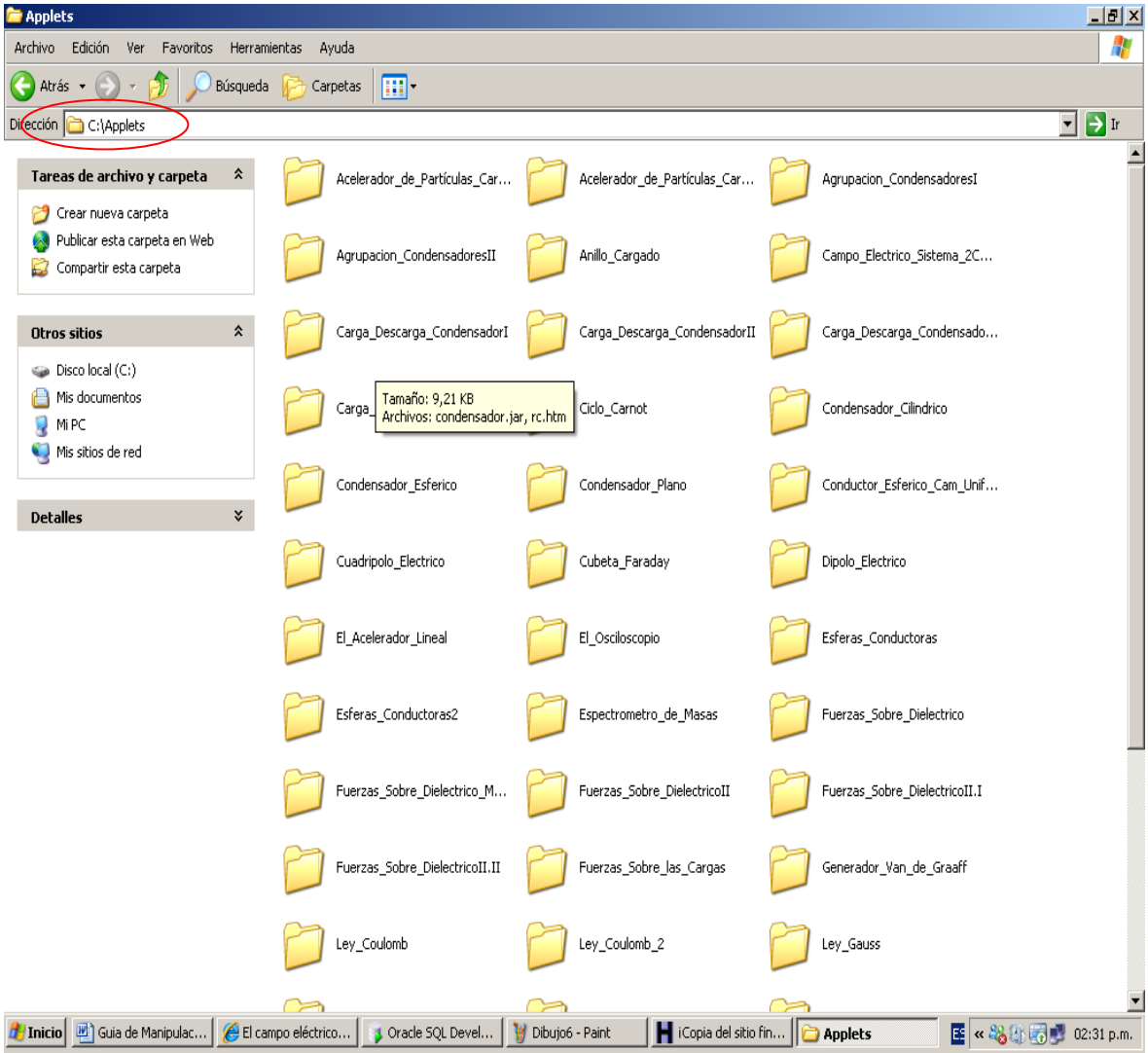
PASO 7:

Luego nos muestra la ventana de Finalización del proceso de copiado en la que damos click de nuevo en "**Finalizar".**



PASO 8:

Nos dirigimos a la ubicación del disco “C:/” y creamos una carpeta para todos los proyectos que en este caso se llamaran **“Applets”.** Así mismo dentro de este contenedor creamos una carpeta para cada proyecto o Applet por cada tema especifico que se requiera, por ejemplo en la imagen dentro de la ubicación C:/Applets se encuentran muchas carpetas con cada uno de los Applets organizados por tema:

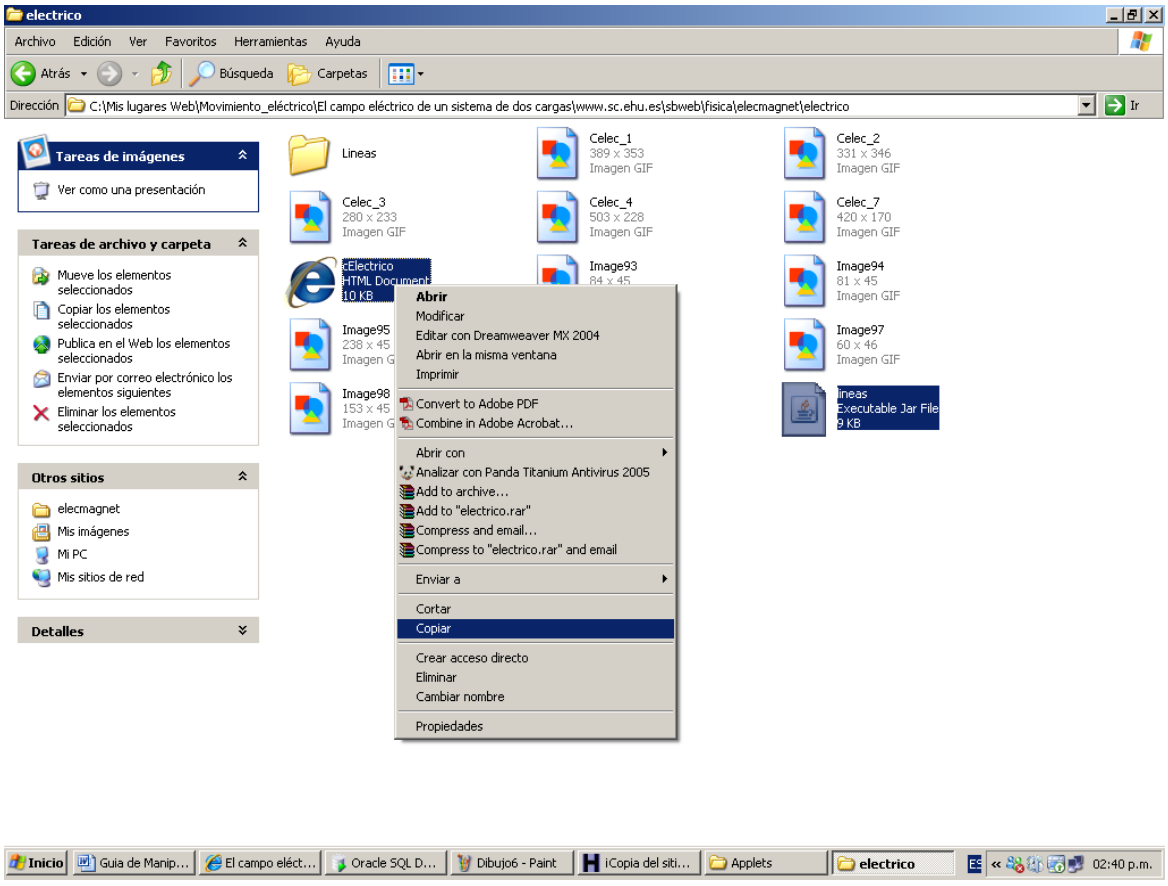


PASO 9:

Luego de que tenemos nuestra carpeta creada según el tema o proyecto del Applet nos dirigimos a la ubicación en donde el programa **"HTTrack Website Copier"** realizo la copia correspondiente, en este caso seria:

C:/Mis Lugares Web/Movimiento_electrico

Dentro de esta carpeta encontramos muchas otras, con todo el contenido que el programa bajó de la respectiva página Web que le proporcionamos. Dentro de estas capetas debemos buscar los archivos correspondientes a los Applets que pueden ser archivos de extensión ".jar" o ".class". Generalmente dentro de la ubicación en donde se encontraron estos archivos hay un archivo con extensión ".htm" o ".html" el cual también debemos ubicar; lo que debemos hacer con estos archivos es copiarlos a la carpeta que creamos para el proyecto en el paso 8 como se ve en la siguiente imagen:



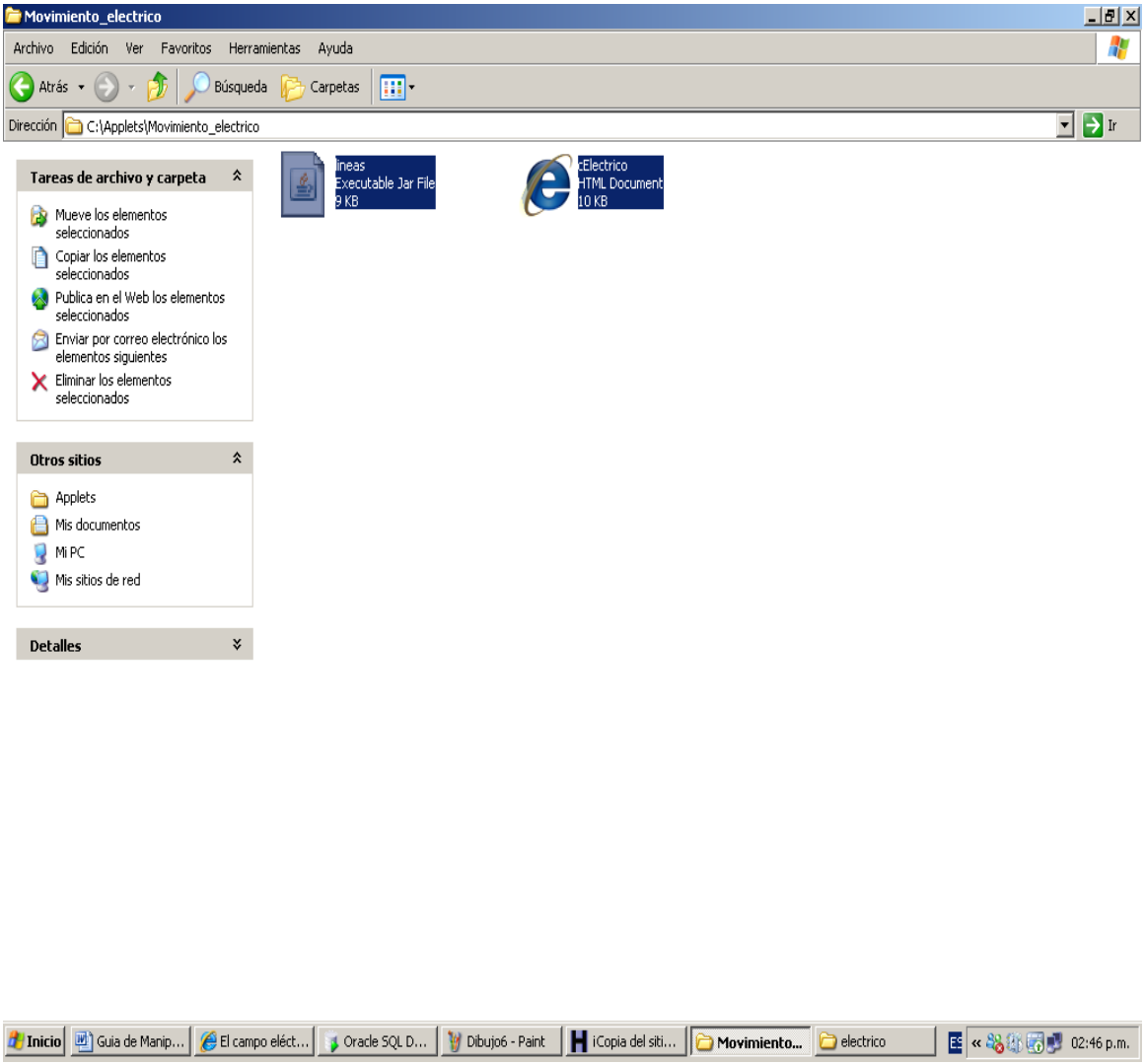
Paso 10:

En la imagen de ejemplo vemos que la ubicación de los archivos que tenemos que guardar, los llamados, “lineas.jar” y “cElectrico.html” es:

C:\Mis lugares Web\Movimiento_eléctrico\El campo eléctrico de un sistema de dos cargas\www.sc.ehu.es\sbweb\fisica\elecmagnet\electrico

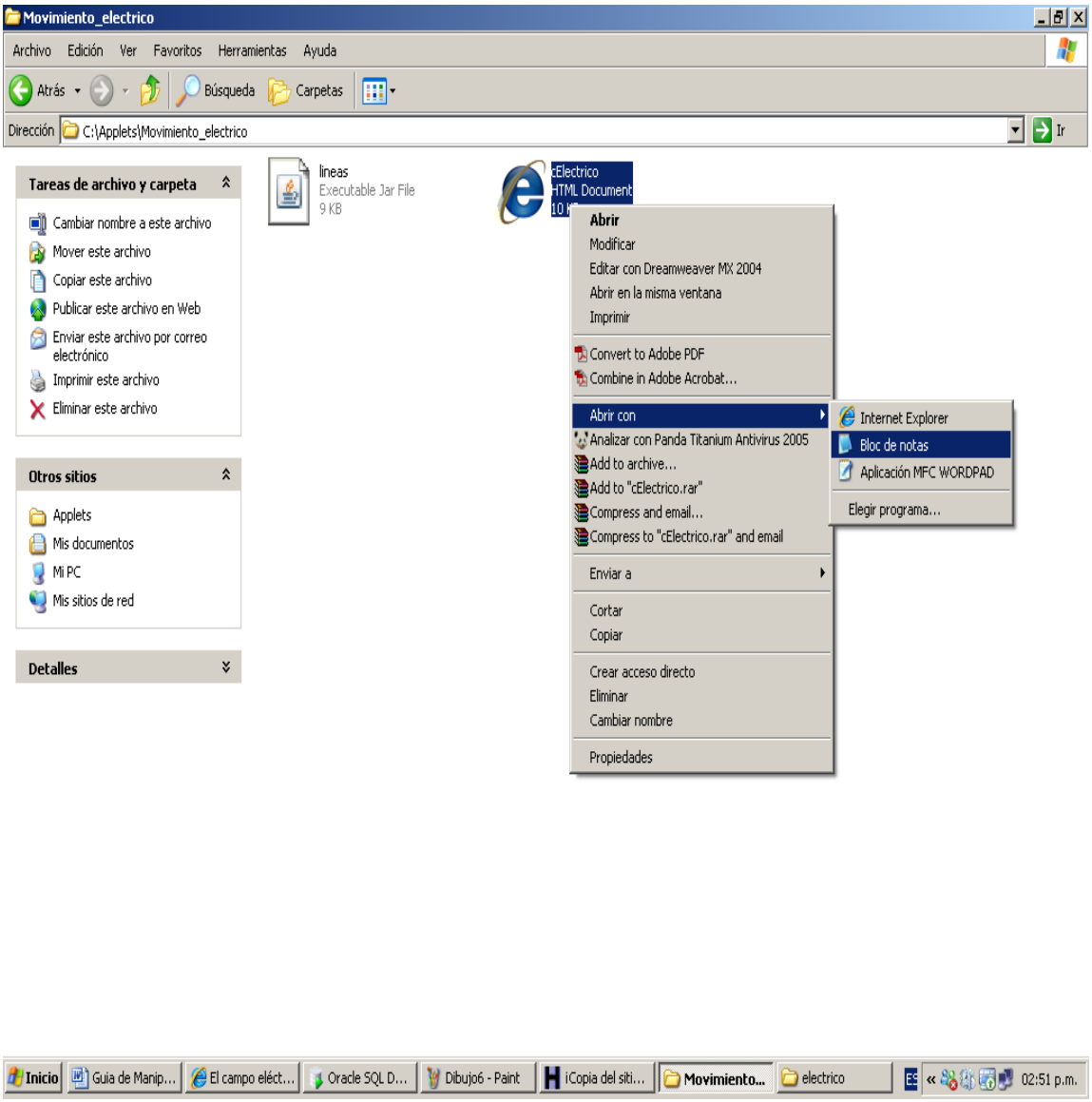
Luego los pegamos en la respectiva carpeta del proyecto que creamos anteriormente cuya ubicación seria para el ejemplo:

C:\Applets\Movimiento_electrico



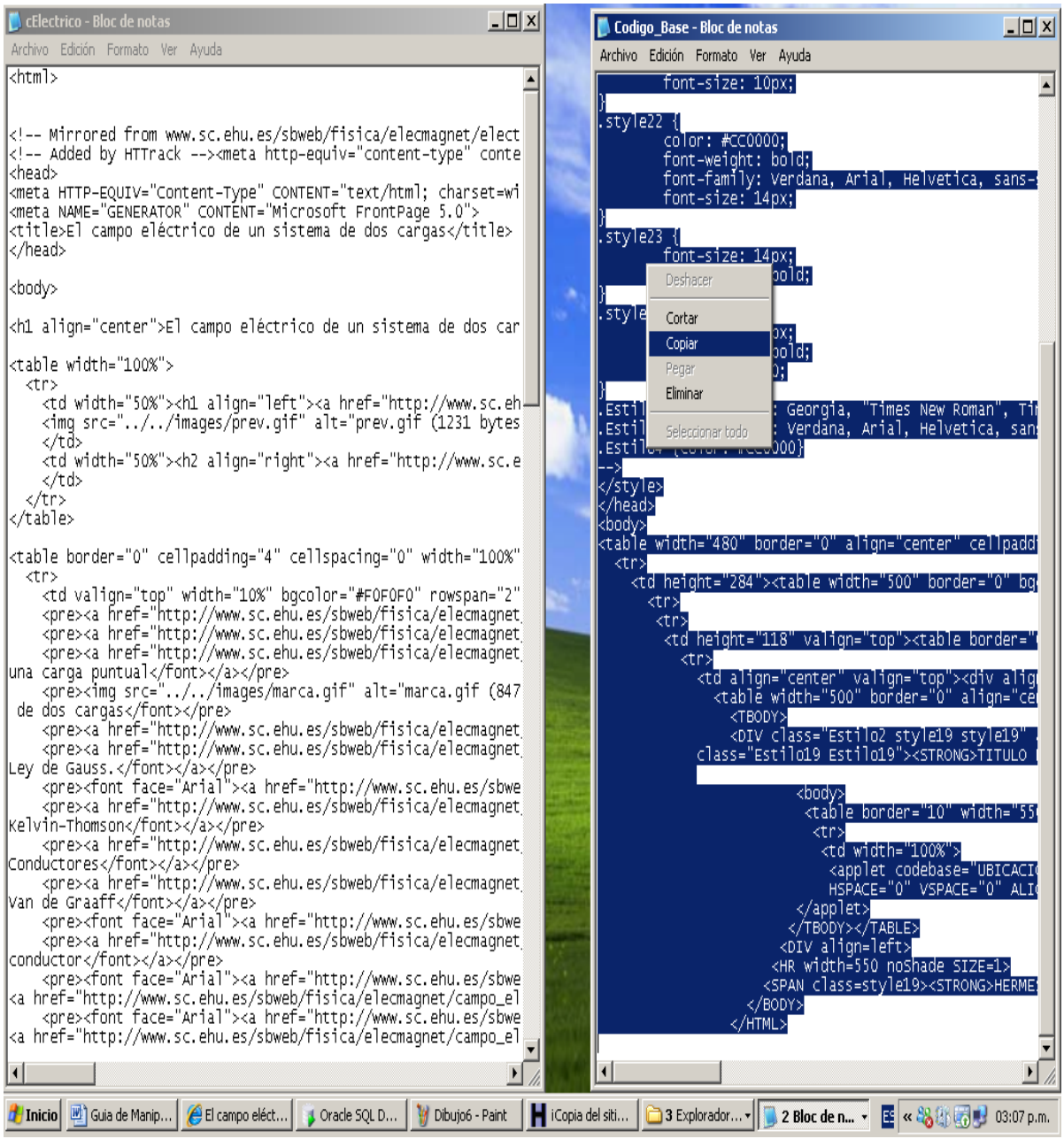
Paso 11:

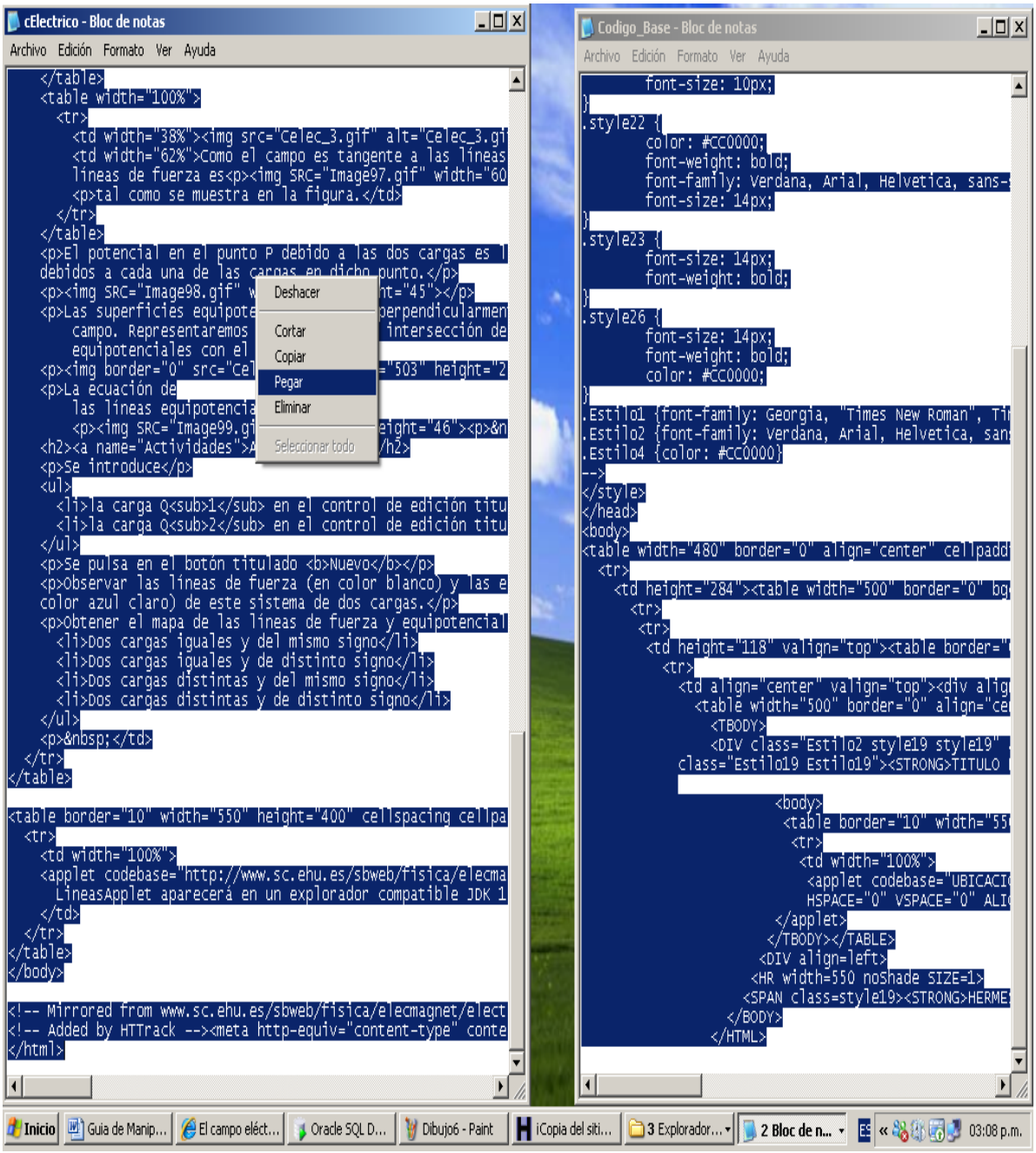
Posteriormente editamos el archivo “html” para reemplazar el código por el que adjuntamos a este Manual con el nombre **“Codigo_Base.txt”.** Para ello damos click derecho sobre el archivo y desplazamos el cursor hasta “Abrir con” y luego hasta “Blog de notas” en donde damos click izquierdo, como se muestra en la imagen siguiente:



Paso 12:

Enseguida abrimos el archivo adjunto a este manual llamado **"Codigo_Base.txt"** y debemos seleccionar todo el contenido y copiarlo para luego pegarlo en el archivo que abrimos en el paso 11, como podemos observar en las siguientes dos imágenes:

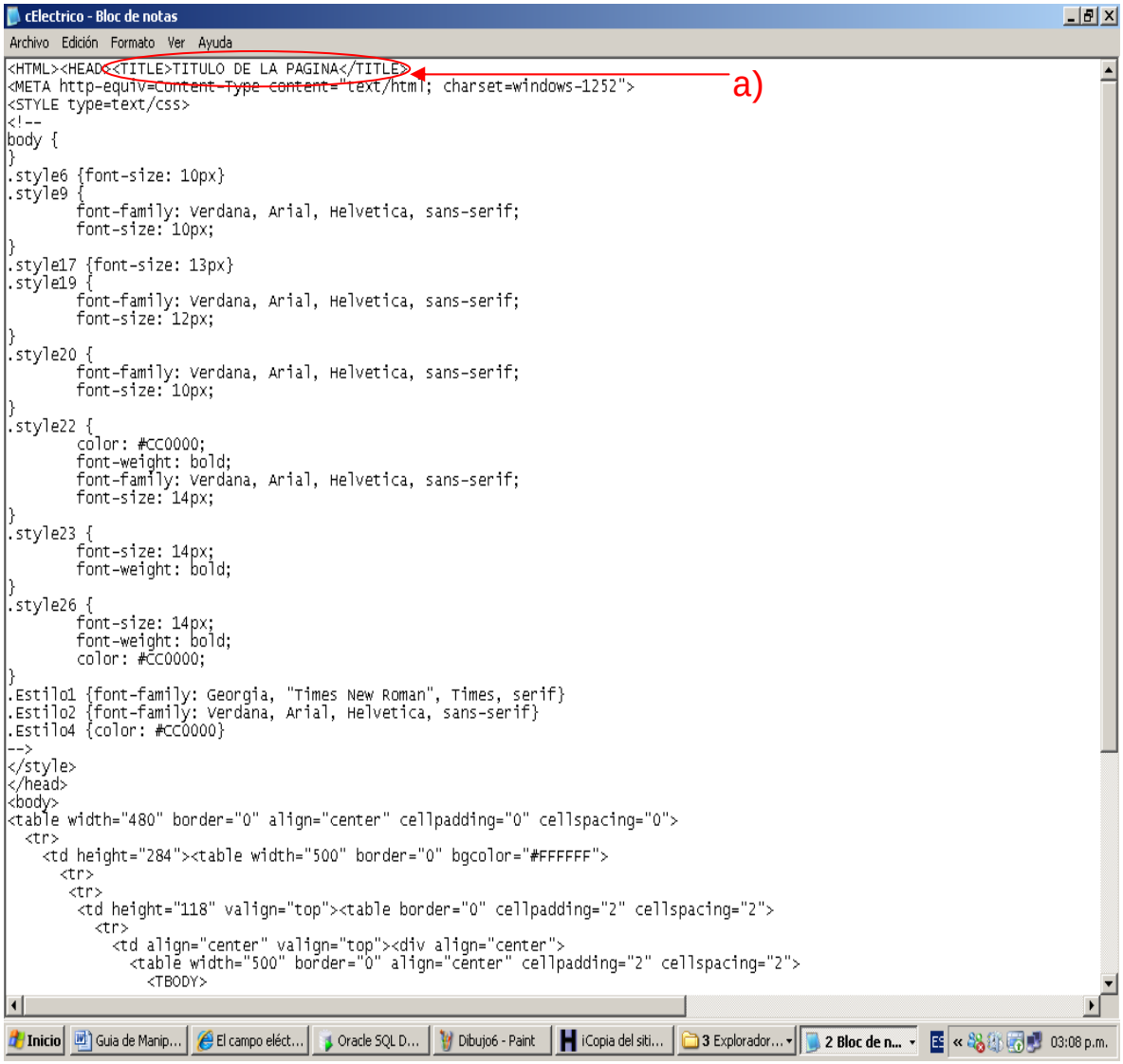



cElectrico - Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
Deshacer
Cortar
Copiar
Pegar
Eliminar
Seleccionar todo
Codigo_Base - Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
Inicio
Guia de Manip...
El campo eléct...
Oracle SQL D...
Dibujo6 - Paint
iCopia del siti...
3 Explorador...
2 Bloc de n...
03:08 p.m.

PASO 13:

Luego en el archivo obtenido modificamos la información correspondiente según cada caso o cada Applet. Lo primero que debemos modificar…

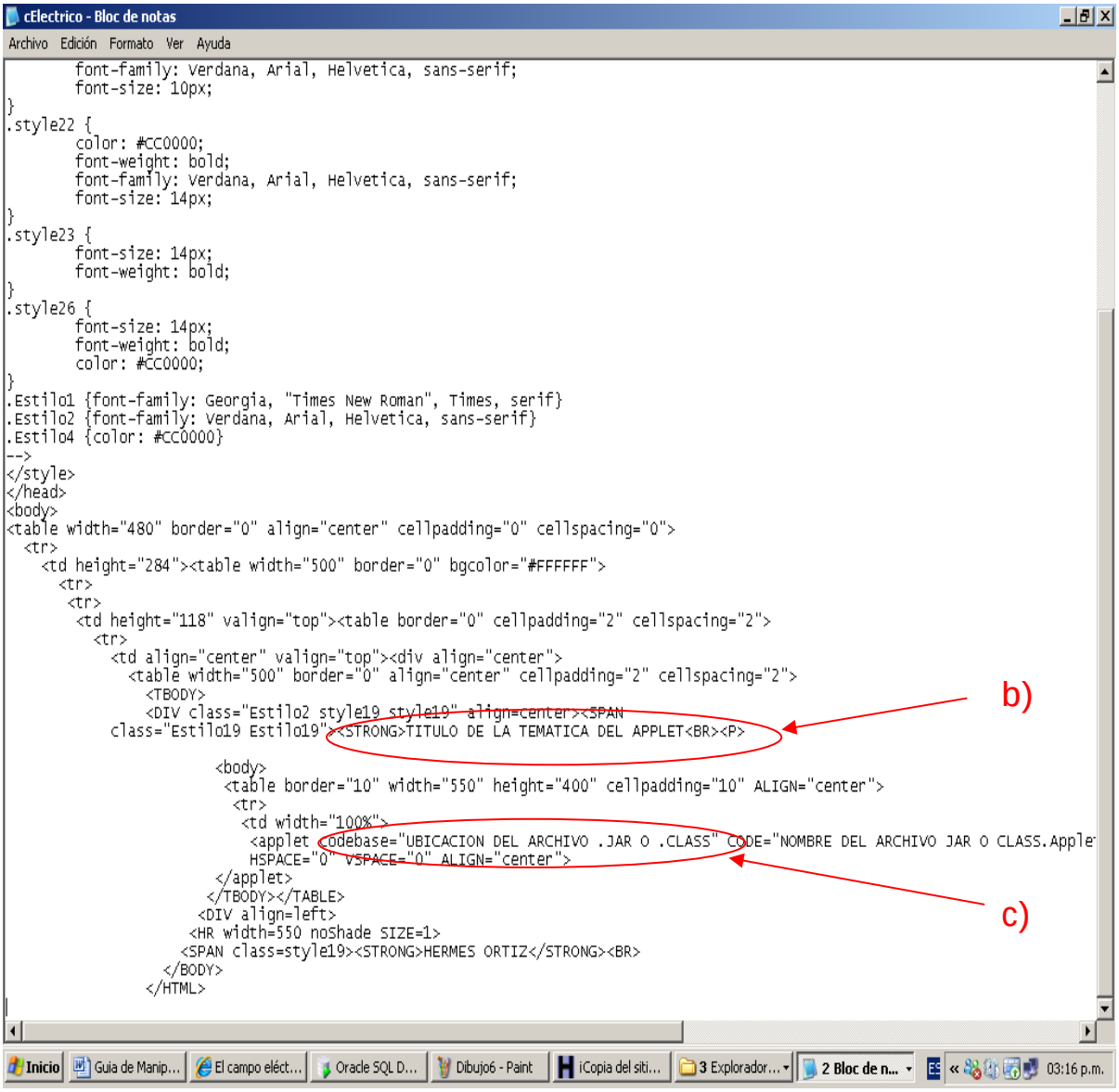
a) es el titulo de la pagina el cual se coloca de acuerdo con el tema del Applet. Este título es que aparecerá en la barra azul del navegador Internet Explorer.




```
<HTML><HEAD><TITLE>TITULO DE LA PAGINA</TITLE>
<META http-equiv=Content-Type content="text/html; charset=windows-1252">
<STYLE type=text/css>
<!--
body {
}
.style6 {font-size: 10px}
.style9 {
        font-family: Verdana, Arial, Helvetica, sans-serif;
        font-size: 10px;
}
.style17 {font-size: 13px}
.style19 {
        font-family: Verdana, Arial, Helvetica, sans-serif;
        font-size: 12px;
}
.style20 {
        font-family: Verdana, Arial, Helvetica, sans-serif;
        font-size: 10px;
}
.style22 {
        color: #CC0000;
        font-weight: bold;
        font-family: Verdana, Arial, Helvetica, sans-serif;
        font-size: 14px;
}
.style23 {
        font-size: 14px;
        font-weight: bold;
}
.style26 {
        font-size: 14px;
        font-weight: bold;
        color: #CC0000;
}
.Estilo1 {font-family: Georgia, "Times New Roman", Times, serif}
.Estilo2 {font-family: Verdana, Arial, Helvetica, sans-serif}
.Estilo4 {color: #CC0000}
-->
</style>
</head>
<body>
<table width="480" border="0" align="center" cellpadding="0" cellspacing="0">
  <tr>
    <td height="284"><table width="500" border="0" bgcolor="#FFFFFF">
      <tr>
       <tr>
        <td height="118" valign="top"><table border="0" cellpadding="2" cellspacing="2">
          <tr>
            <td align="center" valign="top"><div align="center">
              <table width="500" border="0" align="center" cellpadding="2" cellspacing="2">
                <TBODY>
```

b) El título que va a mostrar como tal en la Pagina Web que puede ser generalmente el mismo del anterior literal “a”.

c) En el Tag “codebase=” debemos colocar la ubicación del archivo .class o .jar que para el ejemplo seria “**C:\Applets\Movimiento_electrico”**



d) El Tag “CODE=” debemos colocar el nombre del archivo jar o class según cada fislet con un elemento adicional, que lo define cada fislet. En el caso de los fislets de la página “Física con Ordenador” el parámetro corresponde al mismo nombre del archivo sin la extensión y separado

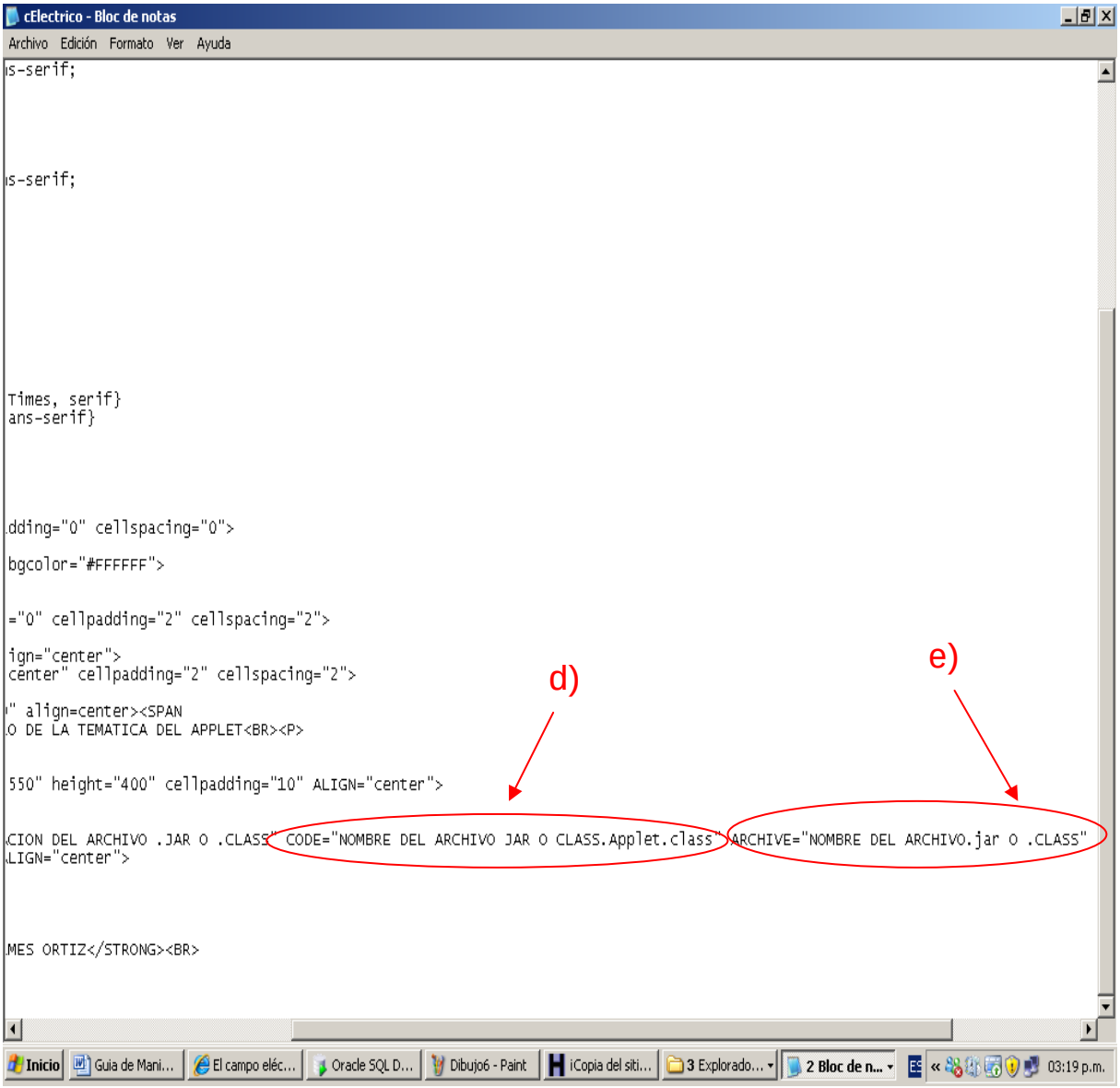
con un punto, el mismo nombre pero con la primera letra en Mayúscula seguido de la palabra Applet.class. vale la pena mencionar que todos estos parámetros en el lenguaje HTML deben ir entre comillas dobles.

Por ejemplo si nuestro nombre de archivo del applet es lineas.jar nuestro parámetro “CODE=” quedaría exactamente así:

CODE=”lineas.LineasApplet.class”

Si nuestro archivo se llamara lineas1.jar el parámetro CODE quedaría:

CODE=”lineas1.LineasApplet1.class”



e) El último cambio que le haríamos al archivo Html es el que corresponde al parámetro “ARCHIVE=” este indica el nombre exacto del archivo que

contiene el Applet, que es el mismo que copiamos junto con el que estamos modificando en este momento. Para nuestro ejemplo, si nuestro archivo del applet se llamara exactamente **“lineas.jar”**, nuestro parámetro “ARCHIVE=” quedaría:

ARCHIVE=”lineas.jar”

De tal manera, todos los parámetros de nuestro archivo de ejemplo, trabajados desde el inicio, quedarían como se muestra a continuación para su ejecución correcta:

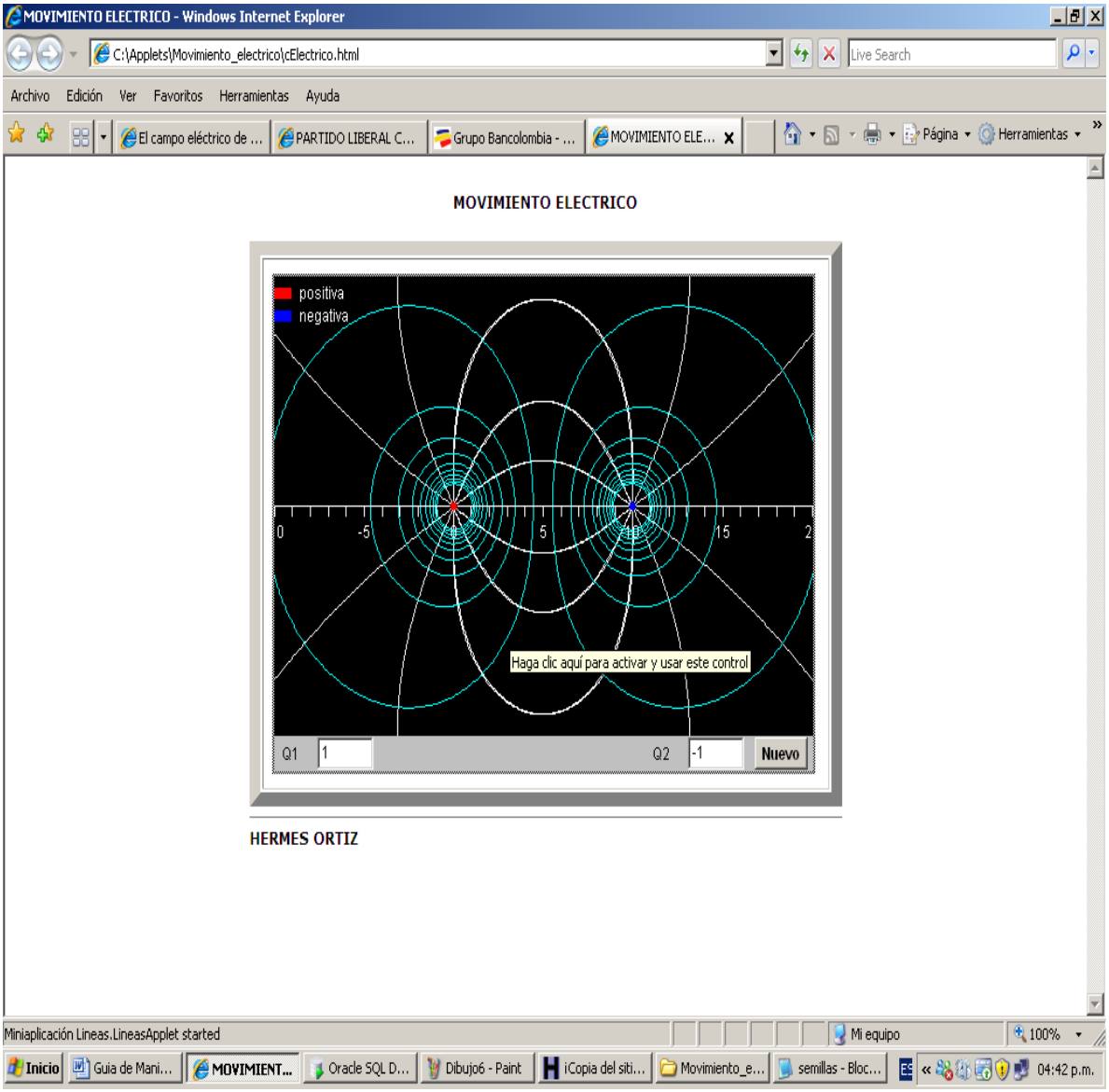
```
<HTML><HEAD><TITLE>MOVIMIENTO ELECTRICO</TITLE>
<META http-equiv=Content-Type content="text/html; charset=windows-1252">
<STYLE type=text/css>
<!--
body {
}
.style6 {font-size: 10px}
.style9 {
	font-family: Verdana, Arial, Helvetica, sans-serif;
	font-size: 10px;
}
.style17 {font-size: 13px}
.style19 {
	font-family: Verdana, Arial, Helvetica, sans-serif;
	font-size: 12px;
}
.style20 {
	font-family: Verdana, Arial, Helvetica, sans-serif;
	font-size: 10px;
}
.style22 {
	color: #CC0000;
	font-weight: bold;
	font-family: Verdana, Arial, Helvetica, sans-serif;
	font-size: 14px;
}
.style23 {
	font-size: 14px;
	font-weight: bold;
}
.style26 {
	font-size: 14px;
	font-weight: bold;
	color: #CC0000;
```

```
}
.Estilo1 {font-family: Georgia, "Times New Roman", Times, serif}
.Estilo2 {font-family: Verdana, Arial, Helvetica, sans-serif}
.Estilo4 {color: #CC0000}
-->
</style>
</head>
<body>
<table width="480" border="0" align="center" cellpadding="0"
cellspacing="0">
  <tr>
    <td height="284"><table width="500" border="0" bgcolor="#FFFFFF">
      <tr>
       <tr>
        <td height="118" valign="top"><table border="0" cellpadding="2"
cellspacing="2">
          <tr>
            <td align="center" valign="top"><div align="center">
              <table width="500" border="0" align="center" cellpadding="2"
cellspacing="2">
                <TBODY>
                <DIV class="Estilo2 style19 style19" align=center><SPAN
              class="Estilo19 Estilo19"><STRONG>MOVIMIENTO
ELECTRICO<BR><P>

                            <body>
                             <table border="10" width="550" height="400"
cellpadding="10" ALIGN="center">
                              <tr>
                               <td width="100%">
                                <applet
codebase="C:\Applets\Movimiento_electrico"
CODE="lineas.LineasApplet.class" ARCHIVE="lineas.jar"
WIDTH="500" HEIGHT="350"
                                HSPACE="0" VSPACE="0" ALIGN="center">
                               </applet>
                            </TBODY></TABLE>
                        <DIV align=left>
                       <HR width=550 noShade SIZE=1>
                        <SPAN class=style19><STRONG>HERMES
ORTIZ</STRONG><BR>
                      </BODY>
                  </HTML>
```

Nota: Los parámetros modificados en su orden están en **Negrilla.**

Finalmente, nuestro Fislet se vería así de acuerdo con lo realizado en el *paso a paso*:



3.4 Curso de Electromagnetismo en mapas conceptuales dinámicos.

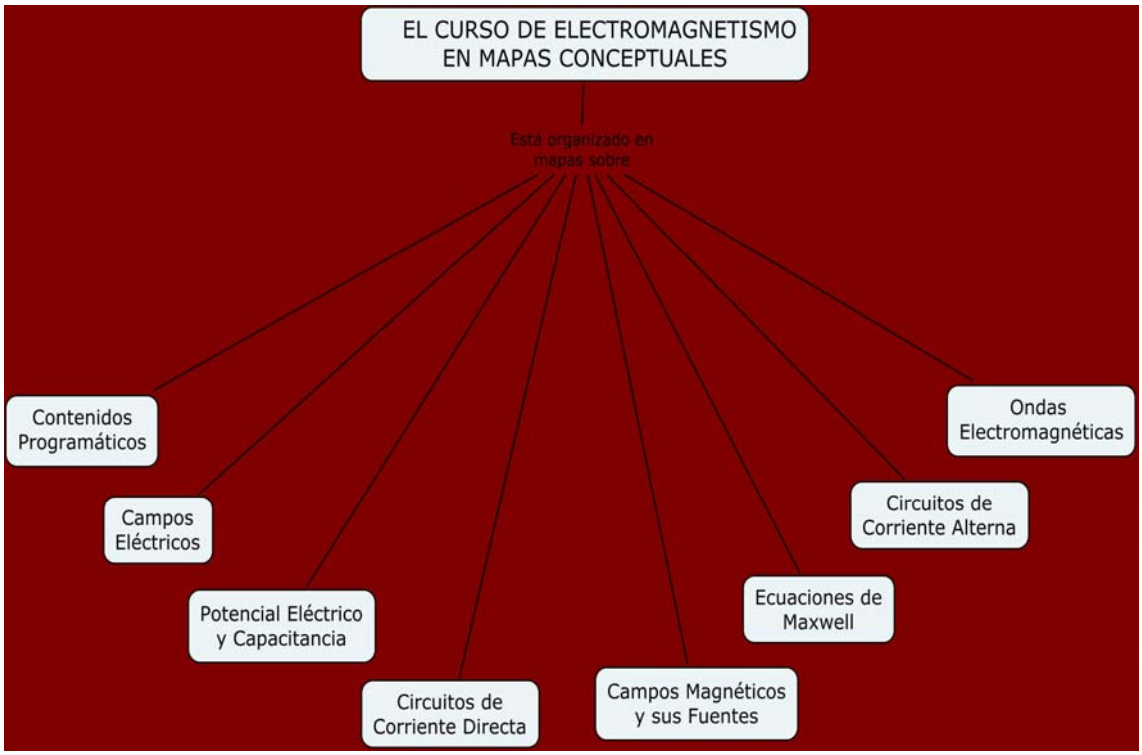


Figura 3.2 Mapa conceptual sobre la organización de los mapas conceptuales de un curso de Electromagnetismo.

Los mapas construidos han sido organizados y presentados en ocho temáticas. Una, referida a los contenidos programáticos del curso de Electromagnetismo, y las restantes siete, a grandes Tópicos Generadores del mismo.

En la presentación de cada mapa encontramos su descripción y una orientación sobre los recursos incorporados, a saber: enlaces a otros mapas, imágenes[24], textos y fislets.

3.4.1 Relación de fislets incorporados en los mapas conceptuales dinámicos.[25]

[24] La gran mayoría de las imágenes incorporadas en los mapas son tomadas del Texto "Física Universitaria", de los autores Sears- Zemansky, Hugh D. Young y Roger A. Freedman. Undécima edición. Volumen 2. Imágenes facilitadas amablemente por la editorial PEARSON Addison Wesley.
Las restantes imágenes, unas pocas, fueron bajadas de Internet.

[25] La totalidad de los fislets incorporados en estos mapas son de la autoría del Doctor Ángel Franco García. Estos fislets hacen parte del "Curso Interactivo de Física en Internet" que se encuentra publicado en la Web, y al cual se puede acceder a través de la dirección: http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/.
Es importante aclarar que el trabajo del autor de esta Tesis, consistió en seleccionar los fislets, evaluarlos e incorporarlos en los mapas, para hacer uso de ellos con una intencionalidad didáctica y sin depender de conexión a la Internet.

La siguiente tabla contiene la relación de todos los fislets incorporados en los diferentes mapas conceptuales expuestos de aquí en adelante.

Mapa conceptual	Fislet incorporado
Cálculo del Campo Eléctrico.	• Línea de carga. • Anillo cargado.
Capacitancia.	• Condensador plano-Balanza. • Condensador Cilíndrico-Balanza. • El Osciloscopio. • El péndulo que descarga a un condensador. • Condensador con dieléctrico-energía.
La Carga Eléctrica.	• El experimento de Millikan. • Thomson-Relación carga/masa. • Modelo atómico de Bhor. • Modelo atómico de Kelvin-Thomson. • Fuerza entre dos esferas conductoras. • Ley de Coulomb.
Los Circuitos RC.	• Agrupación de dos condensadores y una resistencia. • Medida de la velocidad de una bala. • Carga de un condensador. • Descarga de un condensador. • Carga y descarga de un condensador-gráfica V vs t.
Electrización.	• Carga inducida en un conductor esférico. • Conductor esférico en un campo eléctrico uniforme.
El Potencial Eléctrico.	• El generador de Van de Graaff. • Campo Eléctrico y Equipotenciales para un sistema de dos cargas. • Separador de semillas.
Circuito LR	• Circuito LR.
La Inductancia.	• Medida de la Autoinducción de un anillo.
Fenómenos Electromagnéticos.	• El espectrómetro de masas. • Acelerador de partículas cargadas. El Ciclotrón (I). • Acelerador de partículas cargadas. El Ciclotrón (II). • Movimiento de cargas en campos eléctrico y magnético cruzados. • Medición del campo magnético.
Circuito LCR.	• Circuito LCR en serie. Gráficos. • Circuito LCR conectado a una batería.
Circuitos con Inductores.	• Elementos de un Circuito de Corriente Alterna (CA).
Ondas Electromagnéticas.	• Medición de la velocidad de la luz en el vacío.
Ley de Ampere.	• Campo magnético producido por una corriente rectilínea.

	• Campo magnético producido por un solenoide.
Fuentes de Campos Magnéticos.	• Cálculo del campo magnético en el centro de una espira de corriente. • Fuerza magnética sobre un conductor rectilíneo. • Torque sobre un espira de corriente.
Ley de Faraday.	• La cubeta de Faraday-Conductores. • Espira en un campo magnético variable. • Comprobación de la Ley de Faraday. Espiras en un campo magnético variable. Gráficos.
Las Leyes de Faraday y de Lenz. Aplicaciones.	• Acelerador de partículas. El Betatrón. • Caída de una varilla en un campo magnético. • Varilla en movimiento en un campo magnético.

Tabla 3.1 Fislets incorporados en los mapas conceptuales dinámicos.

3.4.2 Contenidos programáticos de un curso de Electromagnetismo.

- *Currículo de Física en los programas de Ingeniería de la Universidad Católica de Colombia (UCC).*

En este mapa se ubica la asignatura de Electromagnetismo dentro del Currículo de Física de los programas de Ingeniería de la UCC, denominada Física III y Laboratorio.

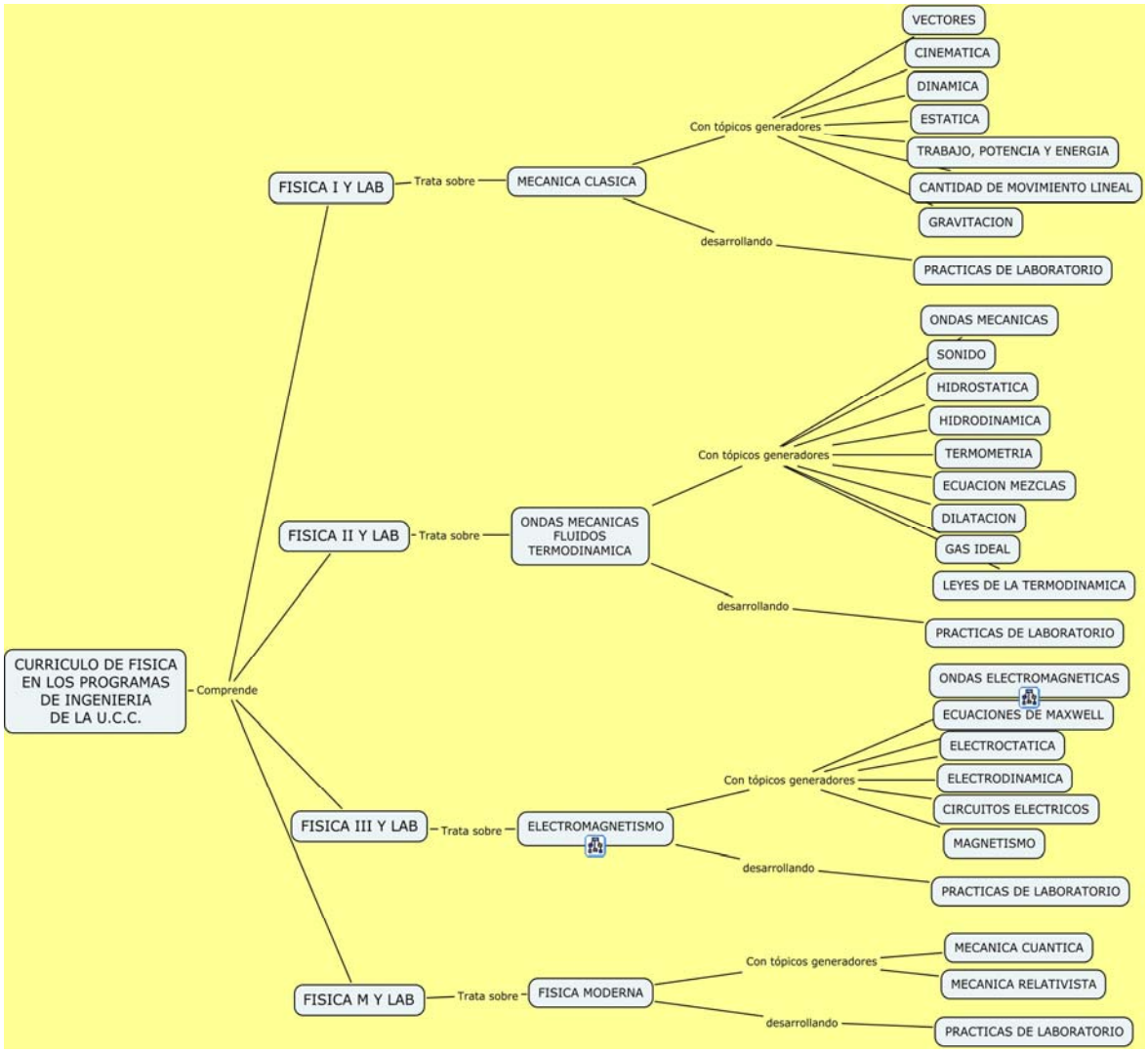


Figura 3.3 Mapa conceptual sobre el currículo de Física de los programas de Ingeniería de la UCC.

En los conceptos Electromagnetismo y Ondas electromagnéticas, encontramos los enlaces que nos permiten acceder a los mapas correspondientes de Física III y Laboratorio, y Estudio de las Ondas Electromagnéticas. Basta con hacer click sobre los vínculos para entrar a navegar en estos mapas.

- *Programa de Electromagnetismo, Física III y Laboratorio, de la UCC.*

El curso de Física III y Laboratorio, en los programas de Ingeniería de la UCC, está estructurado según los tópicos generadores ilustrados en el siguiente mapa conceptual.

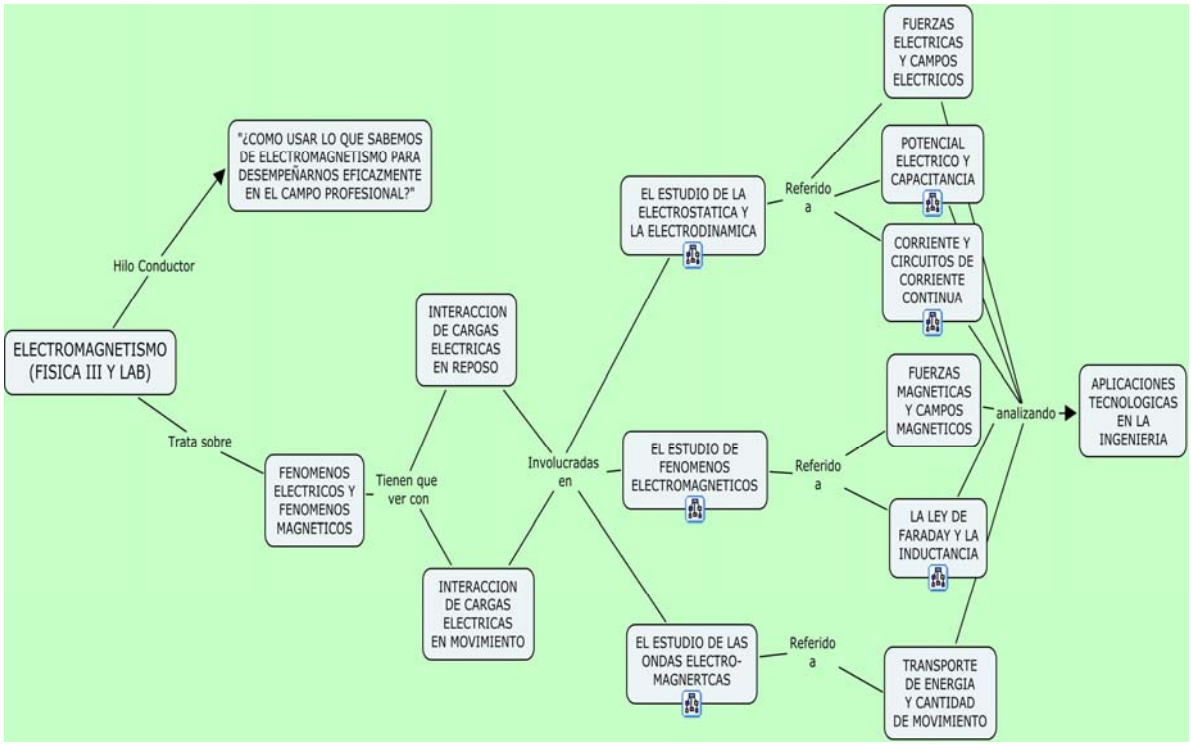


Figura 3.4 Mapa conceptual sobre el programa del curso de Electromagnetismo para las ingenierías la UCC.

Encontramos en este mapa, enlaces a otros seis mapas, a saber: El estudio de la Electrostática y la Electrodinámica, Fenómenos Electromagnéticos, Estudio de las Ondas Electromagnéticas, El Potencial Eléctrico, Circuitos de Corriente Continua, e Inductancia.

- *Estudio de la Electrostática y la Electrodinámica.*

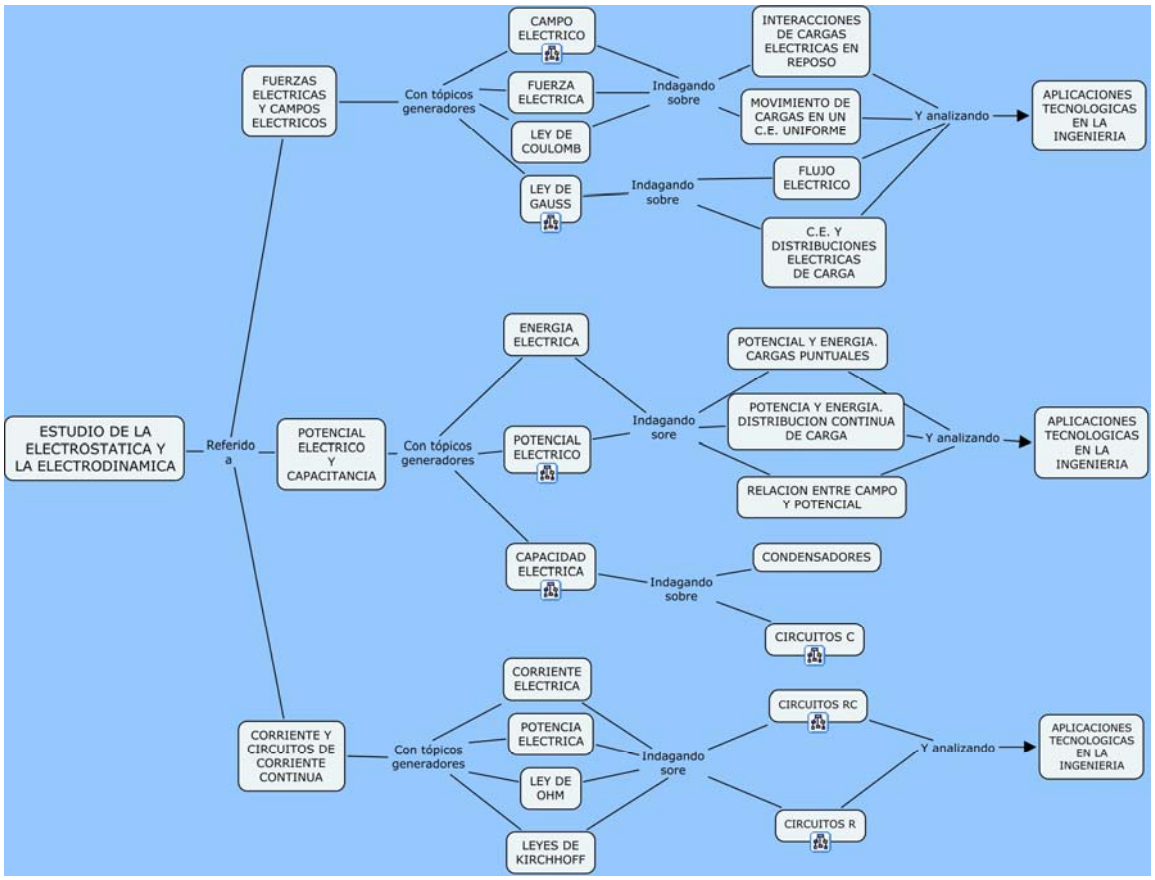


Figura 3.5 Mapa conceptual sobre el estudio de la Electrostática y la Electrodinámica.

En este mapa conceptual se encuentra enlazado a otros siete mapas, a saber: Cálculo del Campo Eléctrico, Ley de Gauss de los Campos Eléctricos, El Potencial Eléctrico, Capacitancia, Circuitos C, Circuitos RC, y Circuitos de Corriente Continua.

- *Estudio de los fenómenos electromagnéticos.*

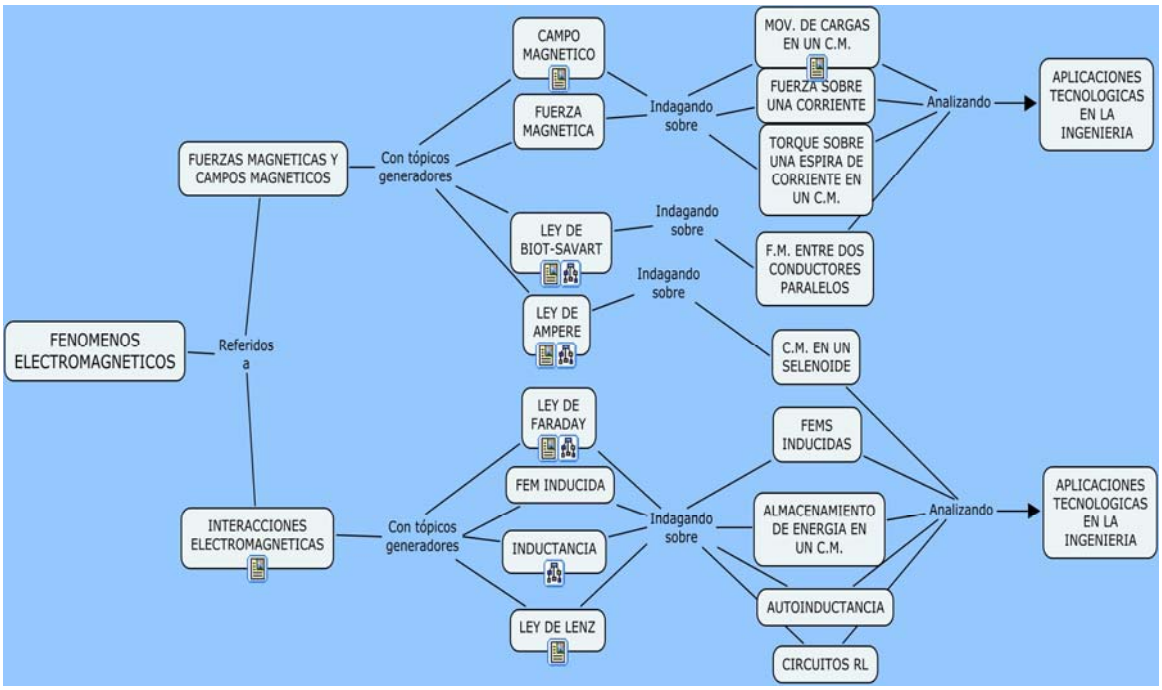


Figura 3.6 Mapa conceptual sobre los fenómenos electromagnéticos.

Este mapa conceptual será expuesto detalladamente en el numeral 3.4.6

- *Estudio de las ondas electromagnéticas.*

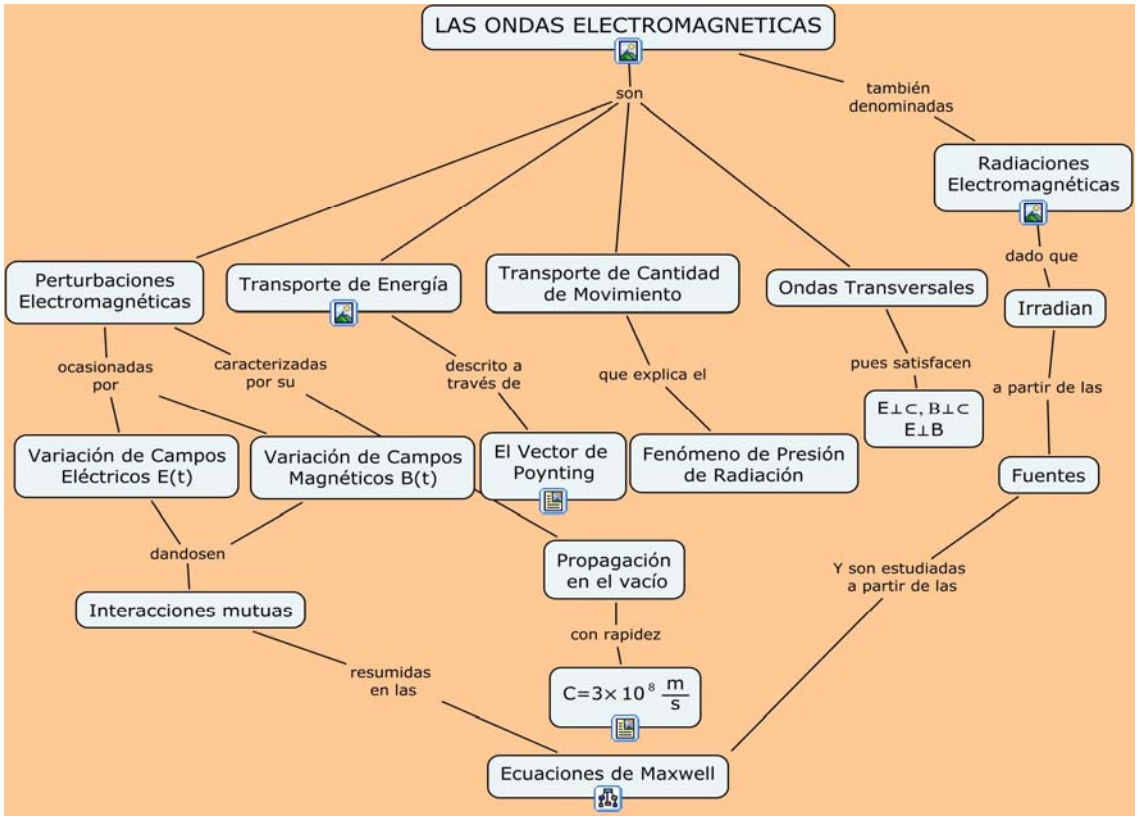


Figura 3.7 Mapa conceptual sobre el estudio de las ondas electromagnéticas.

Este mapa conceptual será expuesto detalladamente en el numeral 3.4.9

3.4.3 Campos eléctricos.

- *Electrización.*

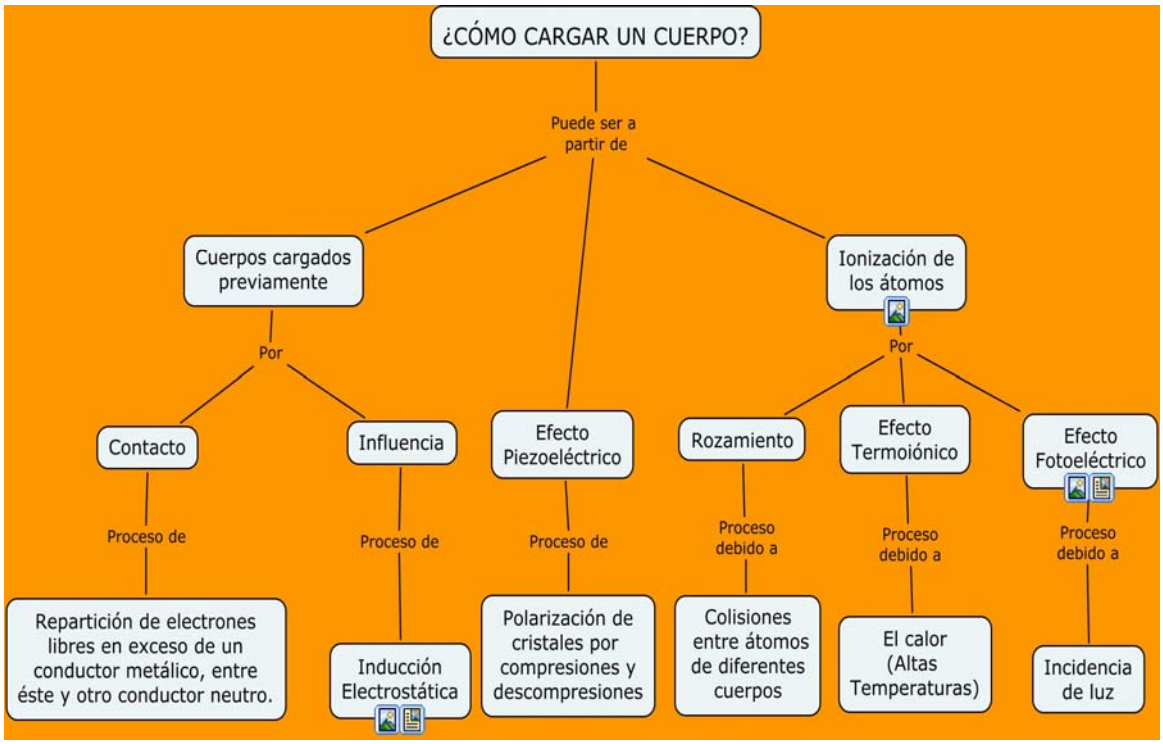


Figura 3.8 Mapa conceptual sobre el fenómeno de la Electrización.

<u>Imágenes incorporadas en el mapa conceptual:</u>

1. Carga por inducción.

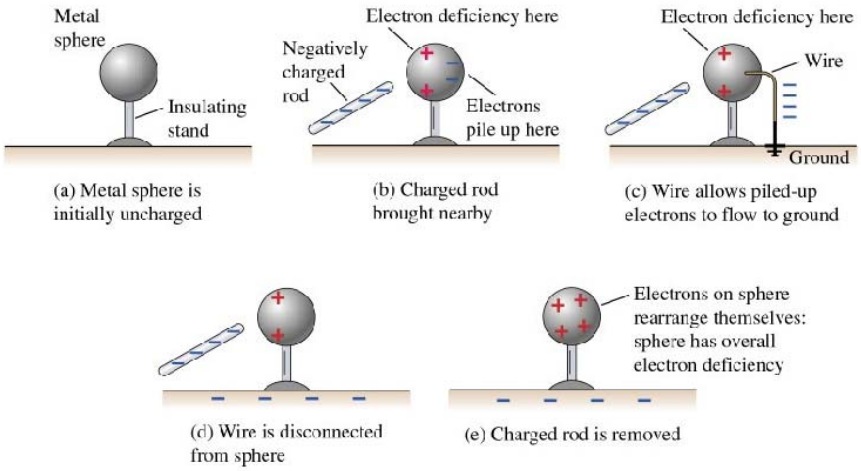


Figura 3.9 Imagen sobre el proceso de carga por inducción.

2. Ionización.

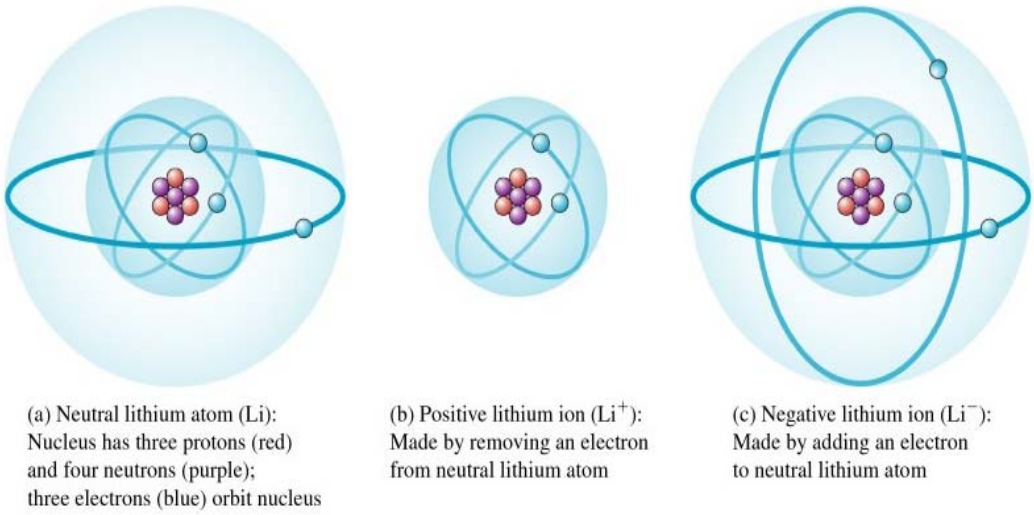


Figura 3.10 Imagen sobre ionización.

3. Efecto Fotoeléctrico.

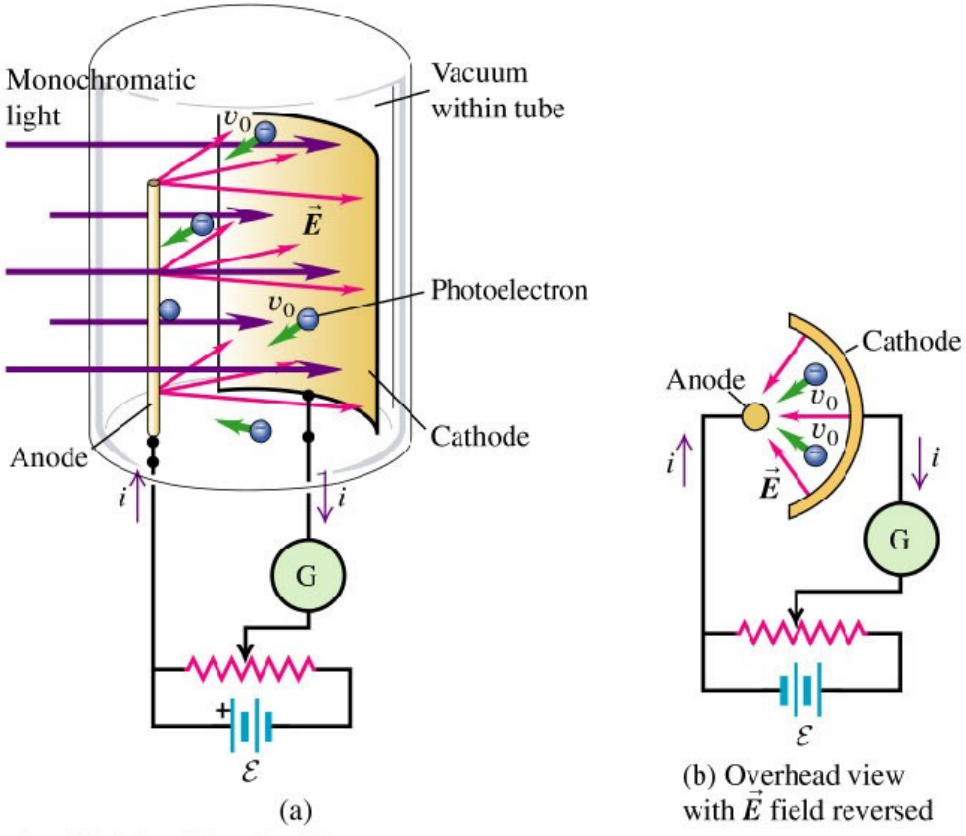


Figura 3.11 Imagen sobre el efecto fotoeléctrico.

Archivos de texto incorporados en el mapa conceptual: Biografía de Albert Einstein.

Fislets incorporados en el mapa conceptual:

1.

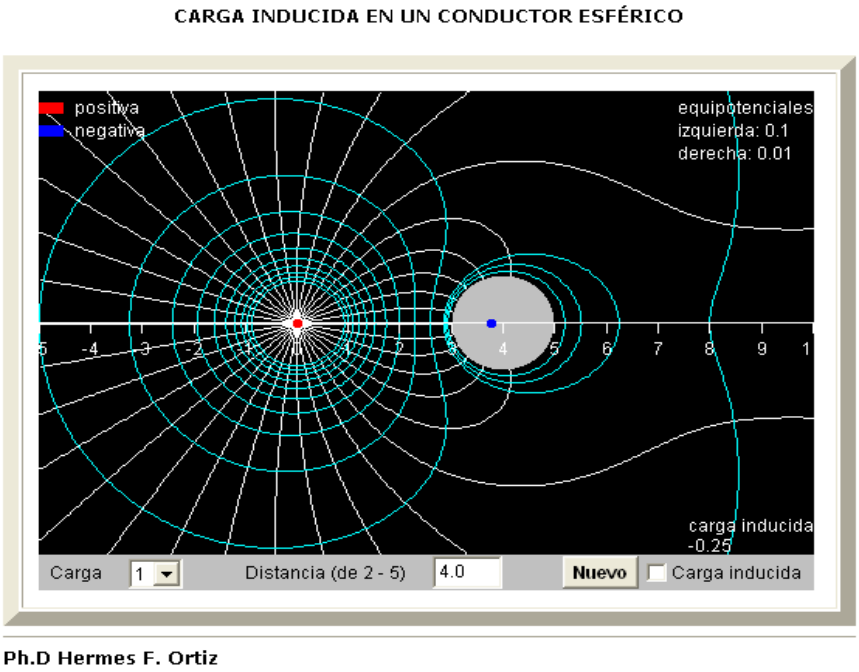


Figura 3.12 Fislet, carga inducida en un conductor esférico.

Apropiado para la explicación del fenómeno de la inducción de carga sobre un conductor.

Este fislet muestra las líneas de fuerza y las superficies equipotenciales de un sistema formado por una carga puntual y una esfera conductora conectada a tierra. Activando la casilla, **carga inducida**, aparece una distribución de carga sobre la superficie de la esfera conductora en forma de pequeños puntos de color azul que dan una idea de la dependencia de la densidad de carga inducida con el ángulo.

Podemos observar que la densidad de carga es mayor en la parte de la esfera que está más cerca de la carga puntual positiva y es pequeña, en la parte opuesta, más alejada.

Se pueden variar los parámetros del valor de la carga puntual positiva y la distancia de esta a la esfera conductora.

2.

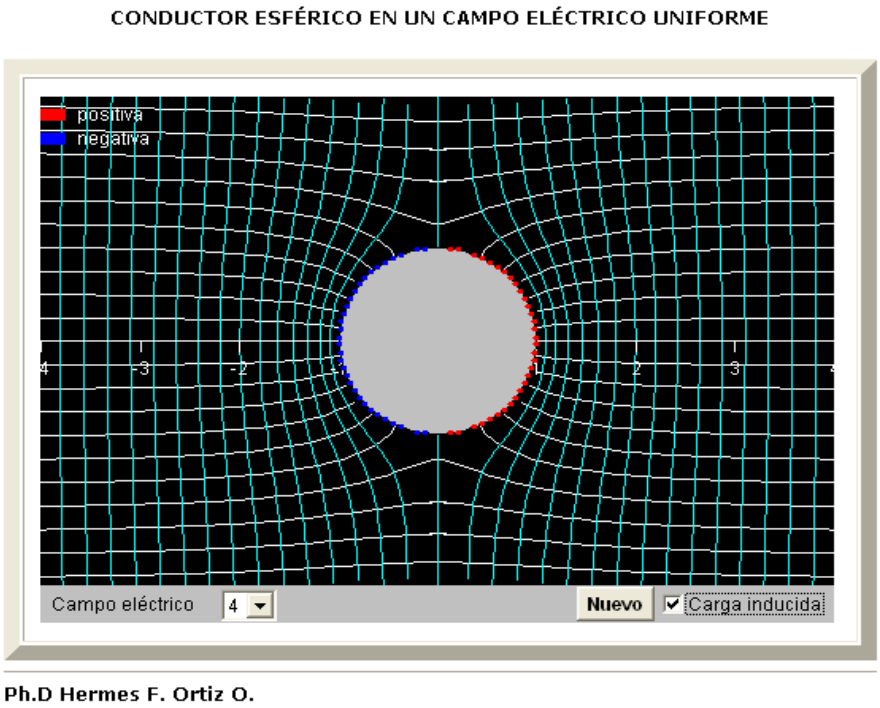


Figura 3.13 Fislet, conductor esférico en un campo eléctrico uniforme.

En el fislet se muestran las líneas de fuerza y equipotenciales de un campo eléctrico uniforme paralelo al eje X (horizontal) y una esfera conductora conectada a tierra.

Es perturbado el campo cuando se introduce una esfera conductora en el espacio en el que existe un campo eléctrico uniforme. Podemos cambiar el valor del campo.

Pulsando en la casilla, **Carga inducida**, observamos una imagen de la distribución de carga inducida, es decir, de la variación de la densidad de carga *s* en función del ángulo *q* . Los puntos de color rojo representan las cargas positivas y los azules las cargas negativas.

Al aplicar un campo eléctrico, los portadores de carga negativa de la esfera conductora se mueven en el sentido contrario al campo, hacia la izquierda, dejando la parte derecha del conductor cargada positivamente.

- *Carga eléctrica.*

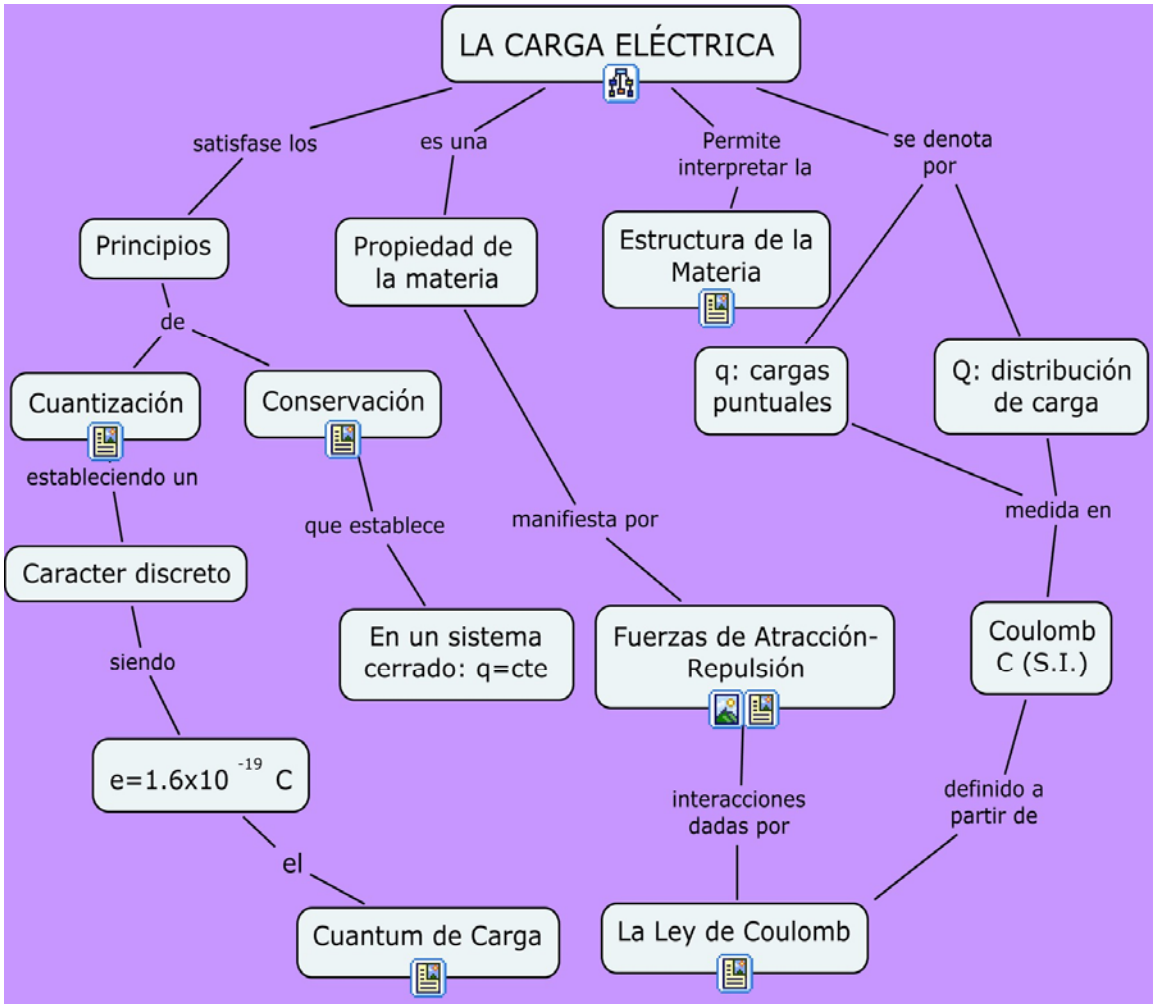


Figura 3.14 Mapa conceptual sobre la carga eléctrica.

Mapas conceptuales enlazados con este mapa: Electrización.

Imágenes incorporadas en el mapa conceptual:

1. Fuerza electrostática.

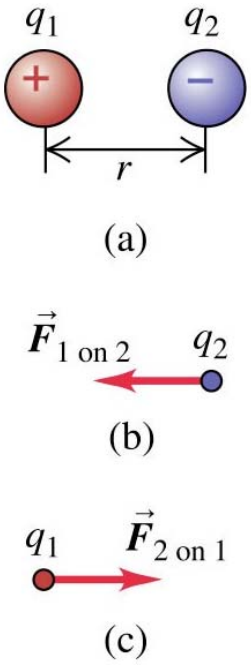


Figura 3.15 Imagen sobre la fuerza electrostática.

Archivos de texto incorporados en el mapa: Biografías de Benjamín Franklin, Joseph John Thomson y Charles Auguste Coulomb.

Fislets incorporados en el mapa conceptual:

1. Modelo atómico de Nohr.

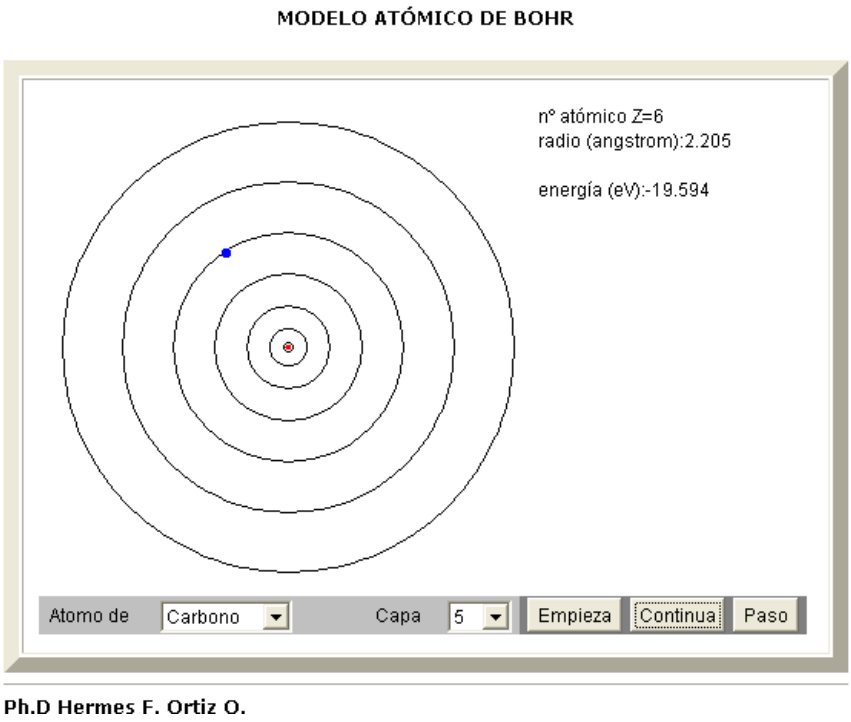


Figura 3.16 Fislet, modelo atómico de Bohr.

El fislet muestra las características más sobresalientes del modelo atómico de Bohr. Muestra la animación del movimiento del electrón y proporciona datos relativos a su energía en eV y a su radio en angstrom.

2. Modelo atómico de Thomson.

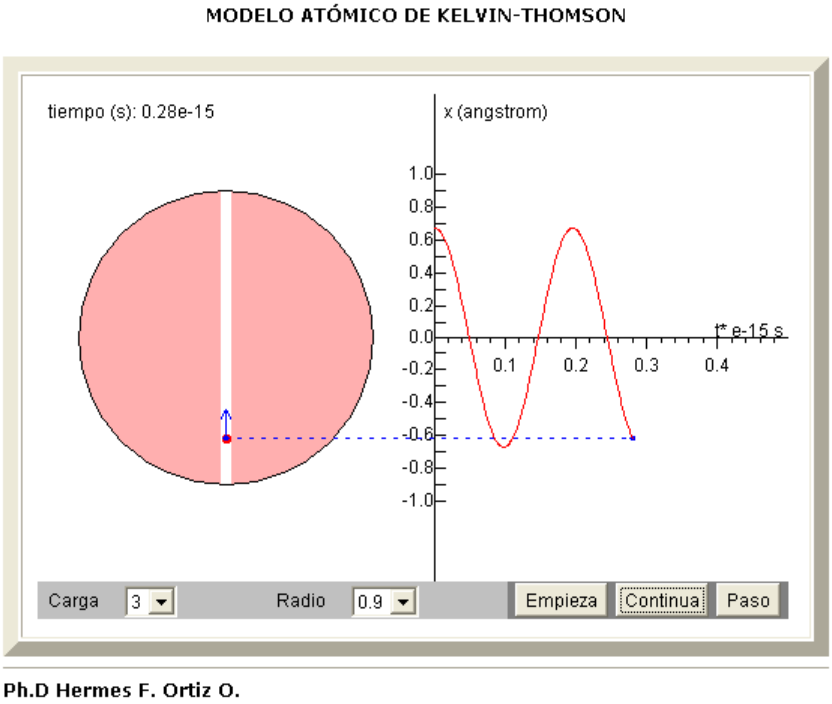


Figura 3.17 Fislet, modelo atómico de Kelvin-Thomson.

Apropiado para el estudio y explicación del modelo atómico de Kelvin-Thomson y su relación con el movimiento armónico simple (M.A.S.).

En este fislet se muestra como un electrón (círculo de color azul) describe un M.A.S. en el interior de una distribución esférica y uniforme de carga positiva.

La carga del átomo o ión hidrogenoide *Q* (en unidades de la carga del electrón), es posible variarla con el control **Carga.** Así mismo, el radio del átomo o ión hidrogenoide *R* (en unidades angstroms), lo podemos cambiar con el control **Radio.**

A la derecha del fislet, se representa su posición en función del tiempo. A partir de las medidas efectuadas en la gráfica podemos determinar aproximadamente su periodo. El tiempo obtenido hay que multiplicarlo por el factor 10^{-15} s.

La posición inicial del electrón fue tomada arbitrariamente igual a las tres cuartas partes del radio del átomo x_0=3R/4.

3. Relación q/m.

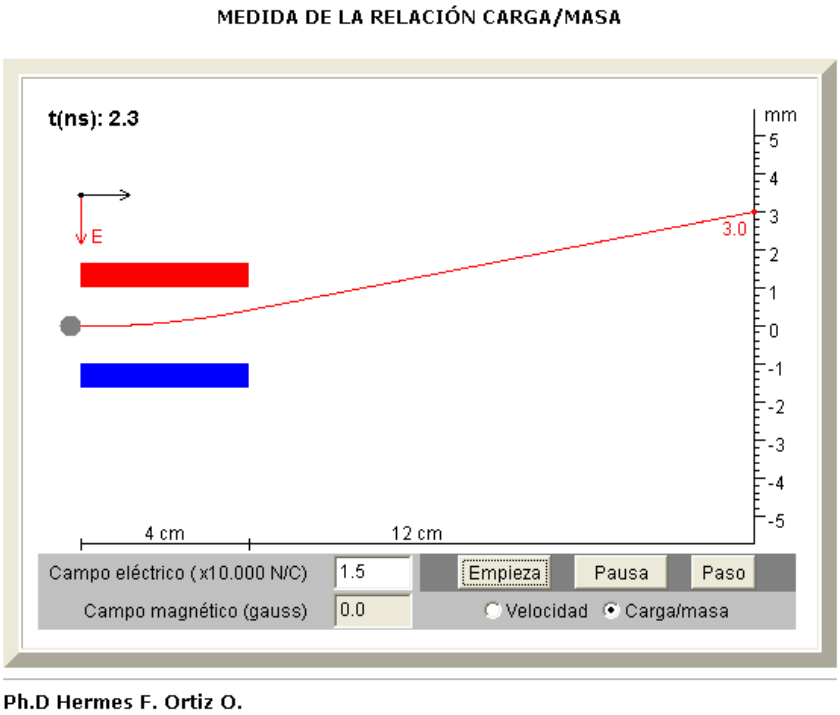


Figura 3.18 Fislet, medición de la relación carga/masa.

El programa interactivo genera un número aleatorio que representa la velocidad v_0 del haz de electrones.

El valor de la intensidad del campo eléctrico (multiplicado por 10000) se introduce con el control **Campo eléctrico.**

El valor de la intensidad del campo magnético (en gauss=10^{-4} T) se introduce con el control **Campo magnético.**

El fislet permite determinar la velocidad del haz de electrones y posteriormente la relación carga/masa. Conocida la velocidad v_0 del haz de electrones, la longitud del condensador L=4 cm y la distancia del condensador a la pantalla D=12 cm, la relación q/m es obtenida analíticamente. Antes de Es necesario, previamente, expresar todas las magnitudes en el S.I. de unidades.

4. El experimento de Millikan.

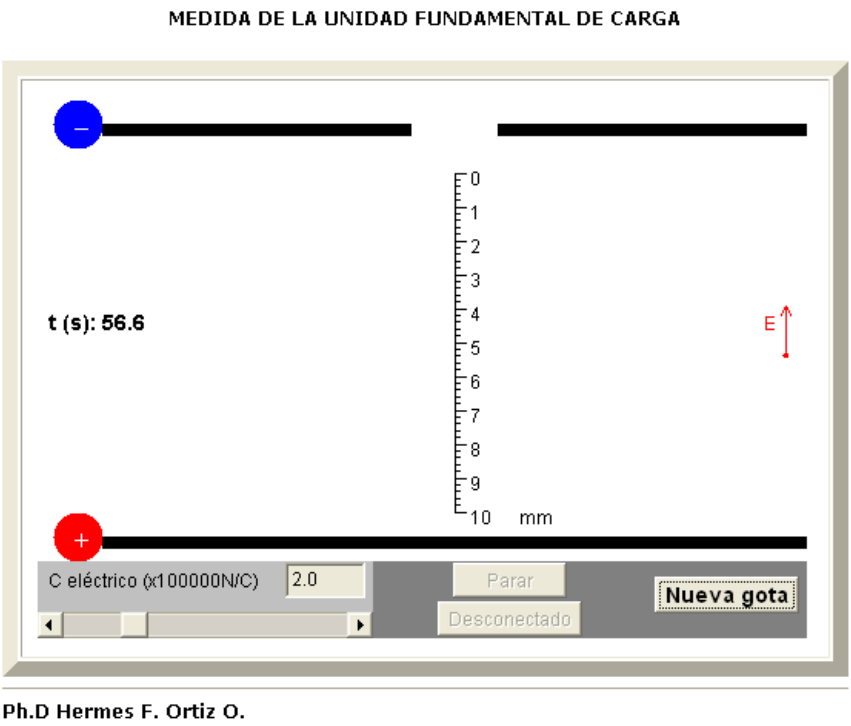


Figura 3.19 Fislet, medición de la unidad fundamental de carga. El experimento de Millikan.

Con este fislet podemos simular el famoso experimento de Millikan, de la gota de aceite, que verifica la cuantización de la carga eléctrica.

Se establece la intensidad del campo eléctrico $E=2\cdot10^5$ N/C.

Con el campo eléctrico desconectado, se mide la velocidad v de caída de la gota con ayuda de la escala graduada (en mm) y del reloj (en s.), y con este dato podemos calcular el radio R de la gota.

Antes de que la gota llegue a la placa inferior, se establece el campo eléctrico entre las placas del condensador y se mide la velocidad v' con la que asciende, ahora. Finalmente, con este dato se calcula la carga de la gota de aceite.

5. Fuerza entre esferas conductoras.

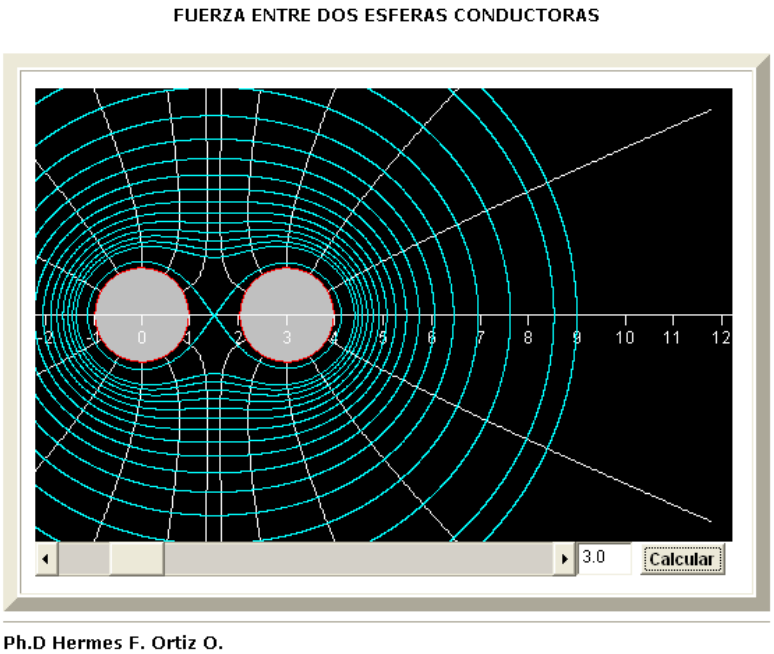


Figura 3.20 Fislet, fuerza entre dos esferas conductoras. Figura.

Se introduce la distancia $d>2R$ entre los centros de las esferas, tomando como unidad su radio R, actuando en la barra de desplazamiento, y al pulsar el botón titula **Calcular**; se trazan las líneas de fuerza y equipotenciales del sistema formado por dos esferas conductoras del mismo radio y con la misma carga.

6. Ley de Coulomb.

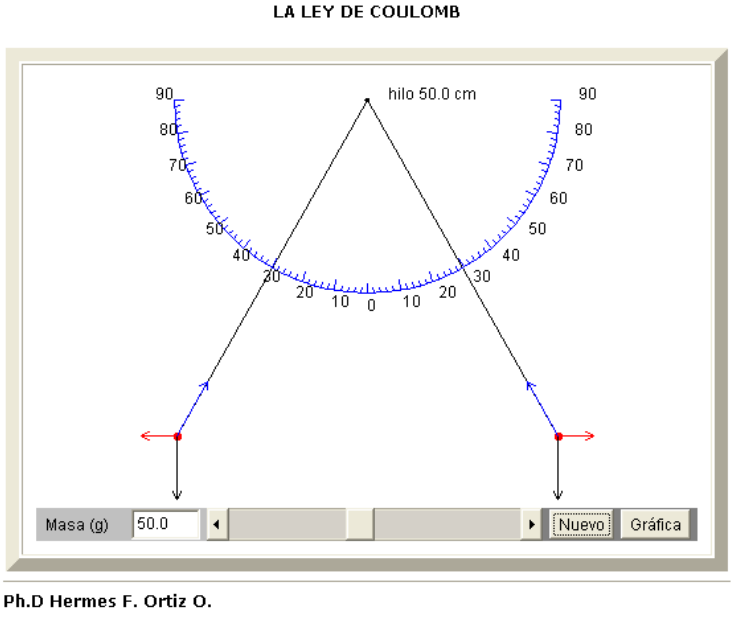


Figura 3.21 Fislet, la ley de Coulomb.

El programa interactivo genera aleatoriamente una carga *q* medida en mC, cada vez que se pulsa el botón titulado **Nuevo**.

A partir de la medida de su ángulo de desviación *q*, en la escala graduada angular, se deberá calcular la carga *q* de la bolita resolviendo las dos ecuaciones de equilibrio. Se puede variar el valor de la masa *m* en gramos de la bolita, actuando en la barra de desplazamiento titulada **Masa**. La longitud del hilo está fijado *d*=50 cm.

- *Cálculo del campo eléctrico.*

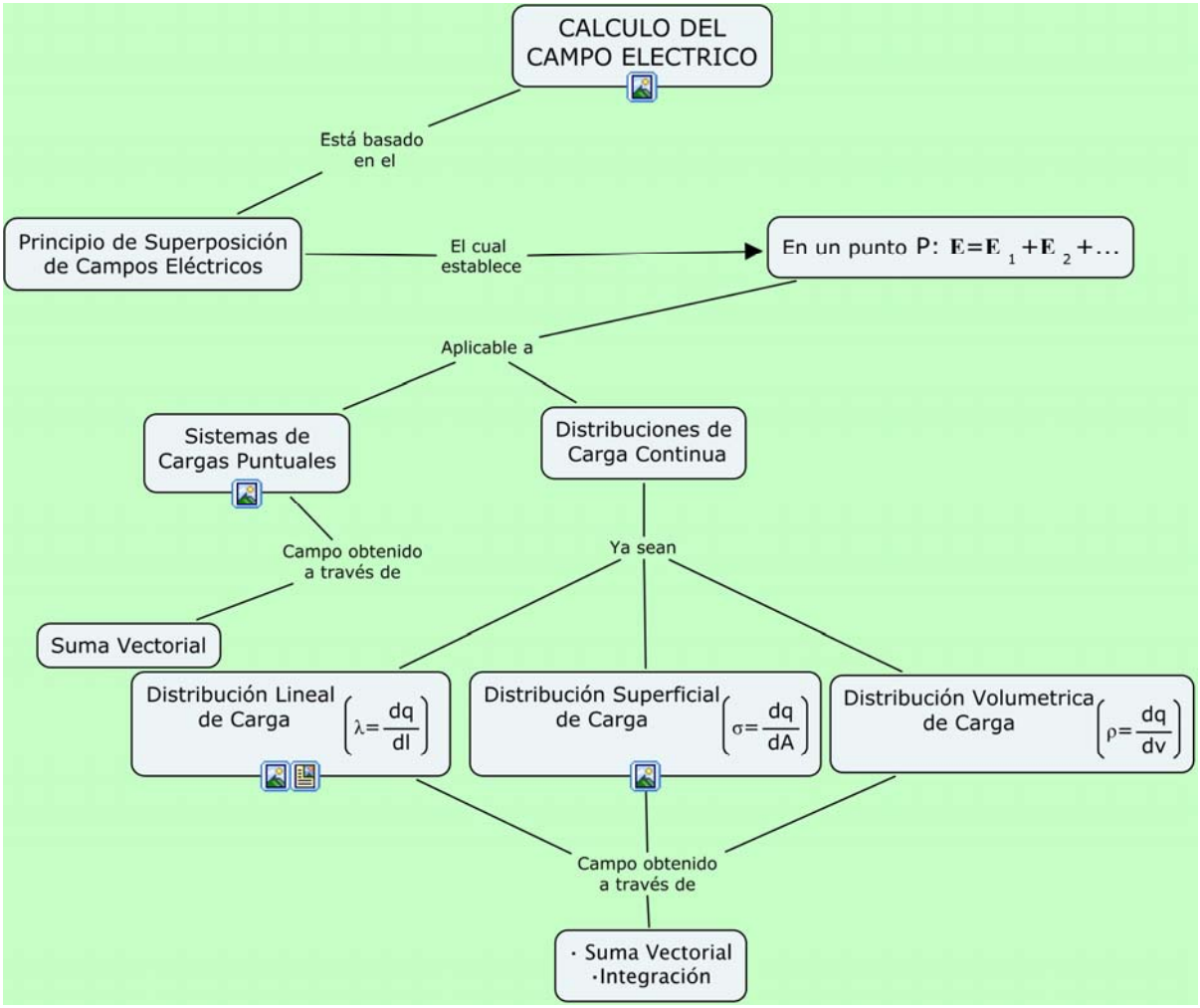


Figura 3.22 Mapa conceptual sobre el cálculo del campo eléctrico.

Imágenes incorporadas en el mapa conceptual:

1. Líneas de campo eléctrico.

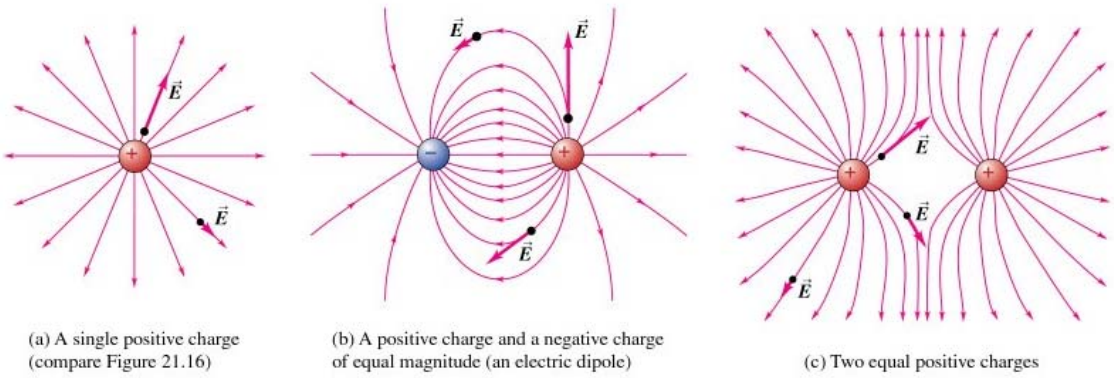


Figura 3.23 Imagen, líneas de campo eléctrico para cargas puntuales.

2. Campo debido a un sistema de dos cargas puntuales.

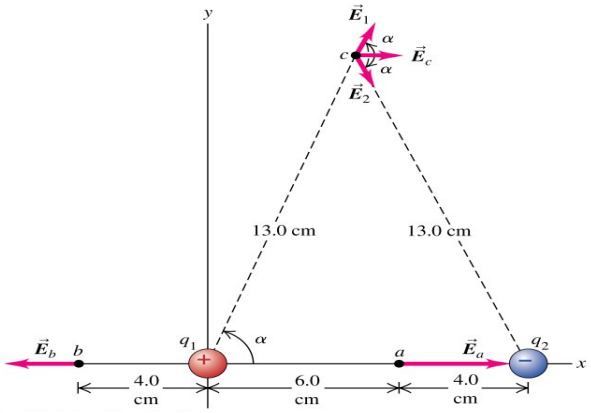


Figura 3.24 Imagen, campo eléctrico debido a un sistema de dos cargas puntuales.

3. Línea de carga.

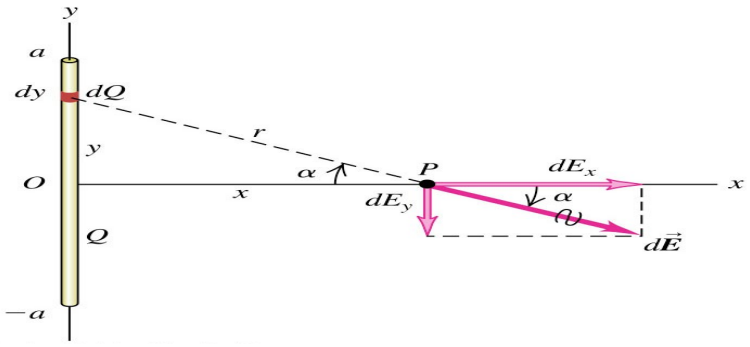


Figura 3.25 Imagen, campo eléctrico debido a una línea de carga.

4. Carga superficial. Disco de carga.

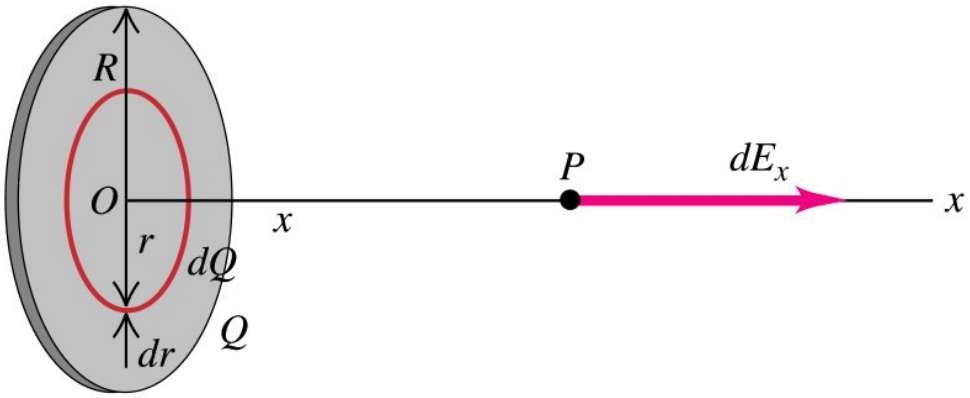


Figura 3.26 Imagen, campo eléctrico debido a un disco cargado.

Fislets incorporados en el mapa conceptual:

1. Anillo cargado.

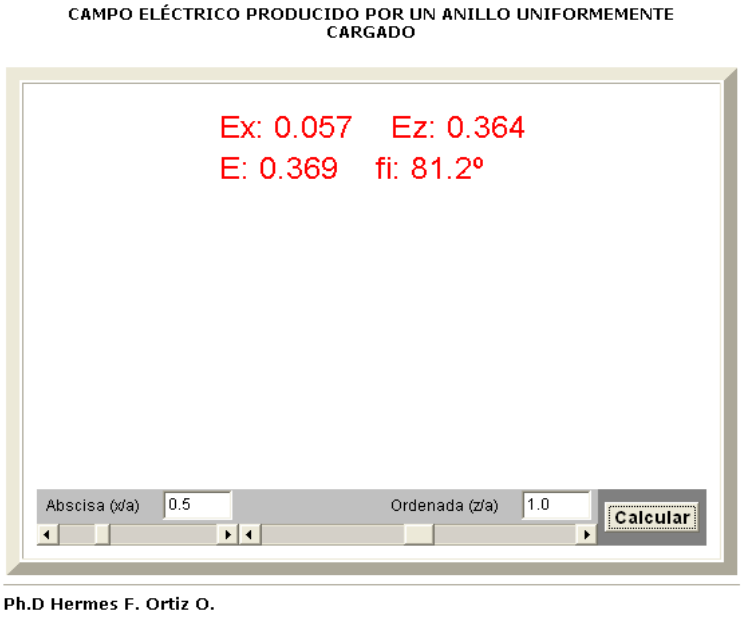


Figura 3.27 Fislet. Cálculo del campo eléctrico producido por un anillo cargado.

El fislet permite calcular las componentes E_x y E_z del campo eléctrico producido por un anillo cargado de radio **a**, su módulo y el ángulo que forma con el eje X. El programa interactivo calcula el valor de E_x y de E_y proporcionales a la constante $\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 a^2}$.

2. Línea de carga.

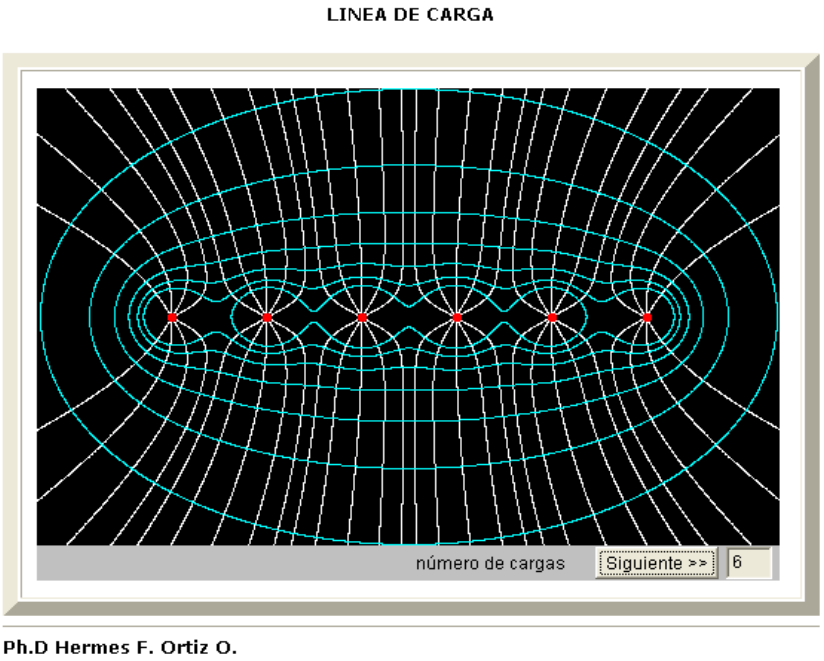


Figura 3.28 Fislet. Cálculo del campo eléctrico producido por una línea de carga

Este fislet muestra las líneas de campo eléctrico (en color blanco) de una, dos,... hasta ocho cargas iguales y equidistantes alineadas, pulsando el botón **Siguiente**

Podemos observar, que a medida que aumenta el número de cargas la dirección del campo eléctrico se hace perpendicular a la línea de cargas. Las equipotenciales (en color azul claro) se aproximan a líneas rectas paralelas a la línea cargada.

El campo eléctrico **E** producido por *n* cargas en el punto P, es la **suma vectorial** de los campos producidos por cada una de las cargas individuales en el punto P.

$$\mathbf{E} = \sum_i \mathbf{E}_i = \sum_i \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_i}{r_i^2} \hat{\mathbf{r}}_i$$

Donde $\mathbf{r}_i$ es el vector unitario cuya dirección es la recta que pasa por la carga *i* y el punto P.

3.4.4 Potencial Eléctrico y Capacitancia.

- *Potencial eléctrico.*

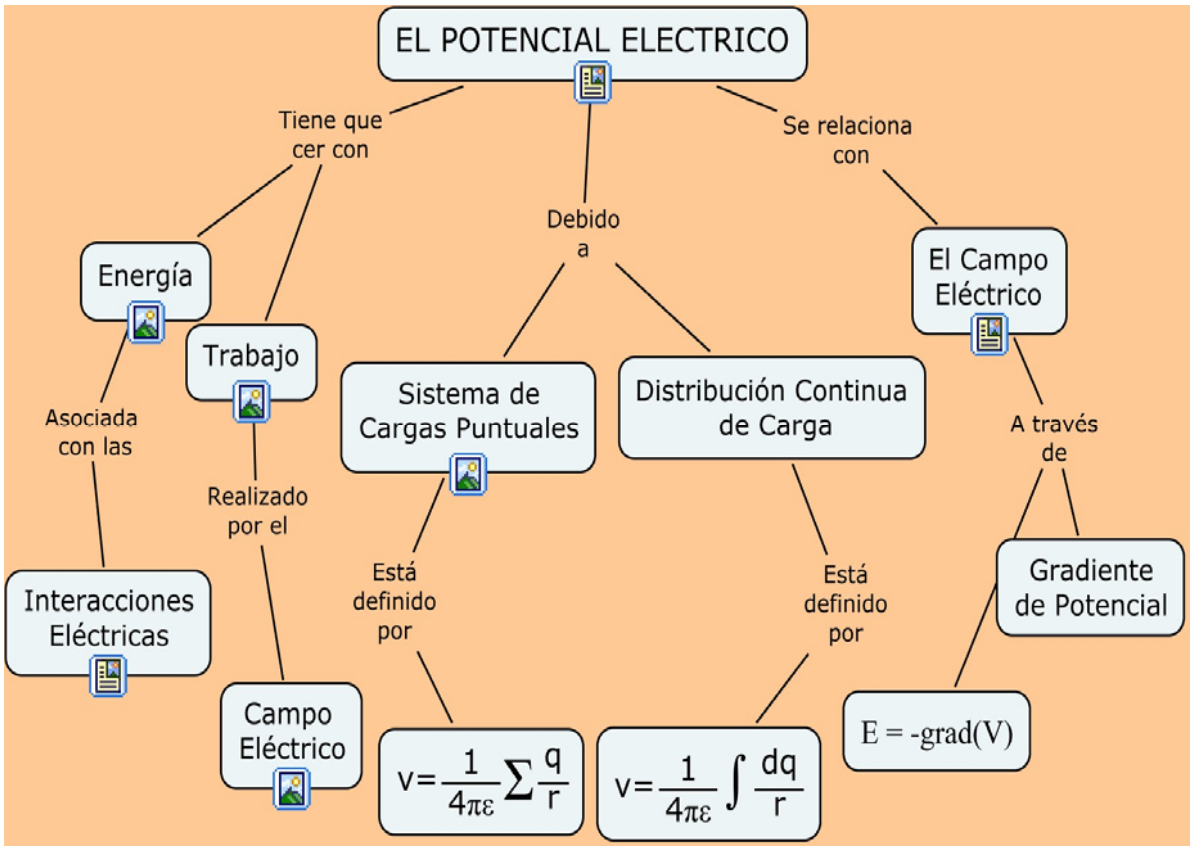


Figura 3.29 Mapa conceptual sobre el potencial eléctrico.

<u>Imágenes incorporadas en el mapa conceptual:</u>

1.

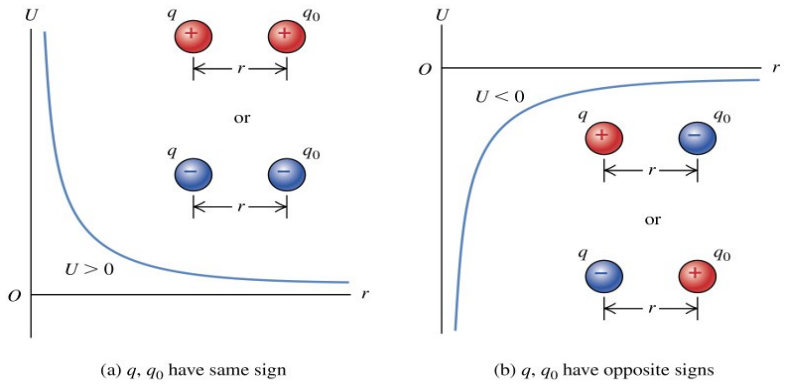


Figura 3.30 Imagen, energía potencial eléctrica en un sistema de dos cargas puntuales.

2. Trabajo y potencial eléctrico.

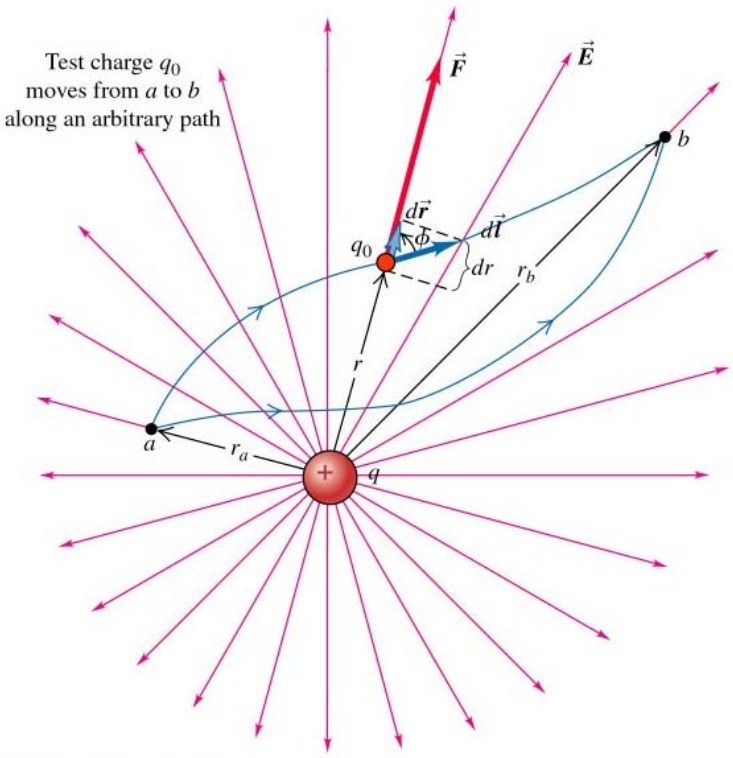


Figura 3.31 Imagen, trabajo y potencial eléctrico.

3. Potencial eléctrico. Carga puntual.

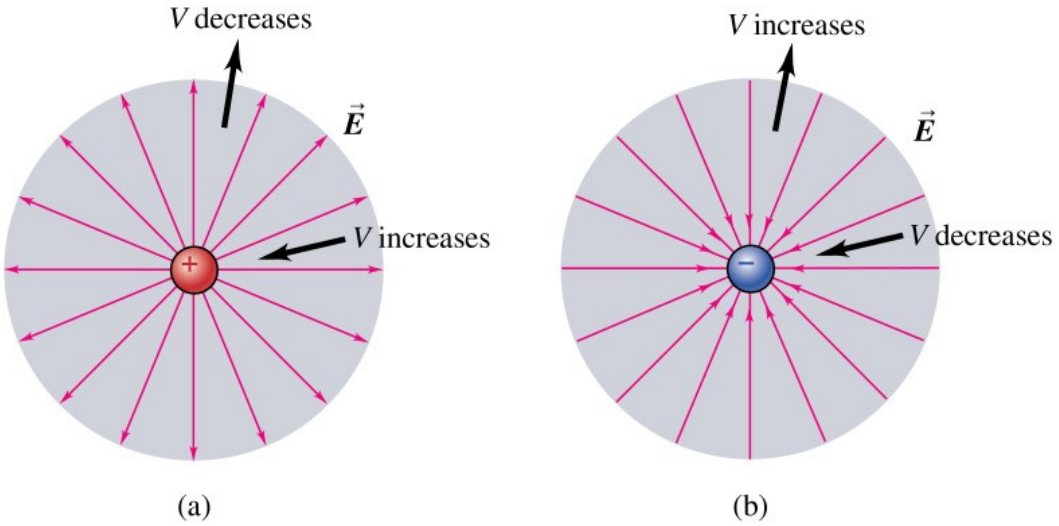


Figura 3.32 Imagen, potencial eléctrico debido a cargas puntuales.

4. Superficies equipotenciales.

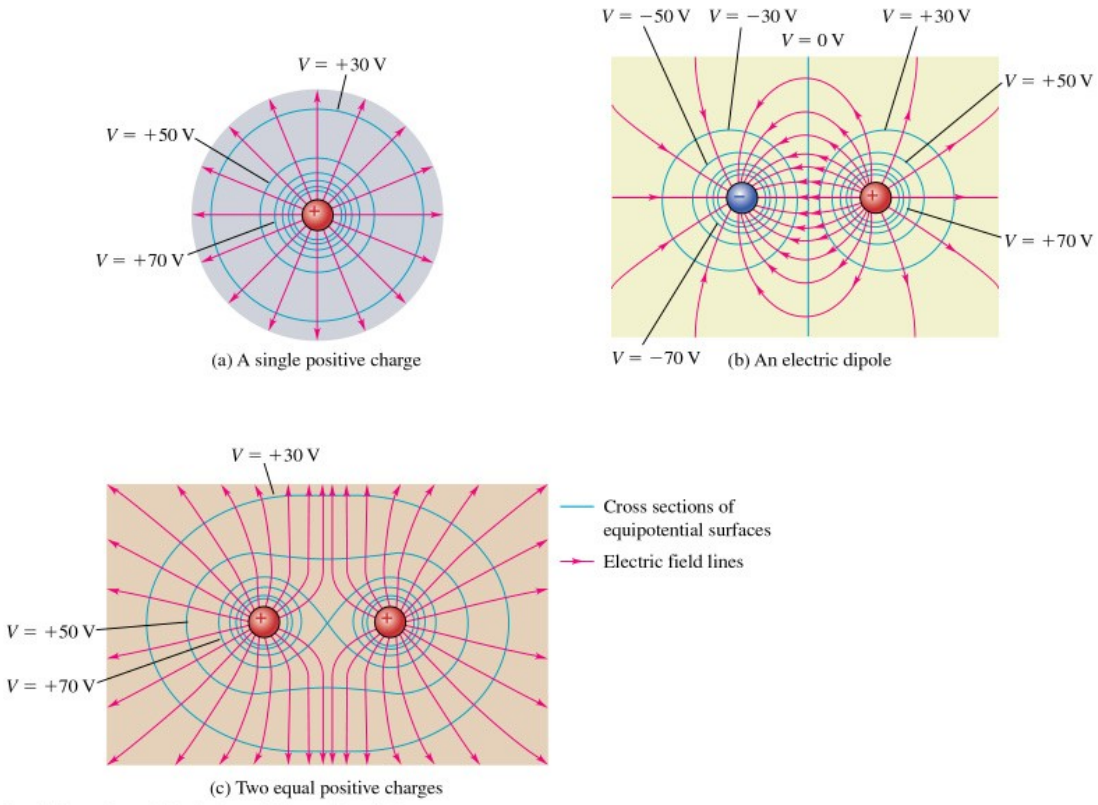


Figura 3.33 Imagen, superficies equipotenciales.

5. Líneas de campo eléctrico.

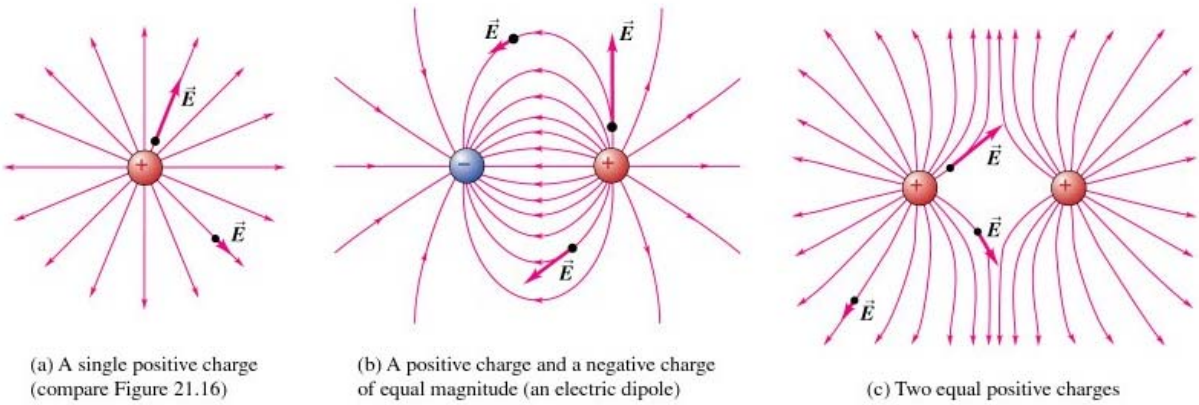


Figura 3.34 Imagen, líneas de campo eléctrico para cargas puntuales.

Archivos de texto incorporados en el mapa: Biografía de Alessando Volta.

Fislets incorporados en el mapa conceptual:

1. Equipotenciales y campo eléctrico. Sistema de dos cargas puntuales.

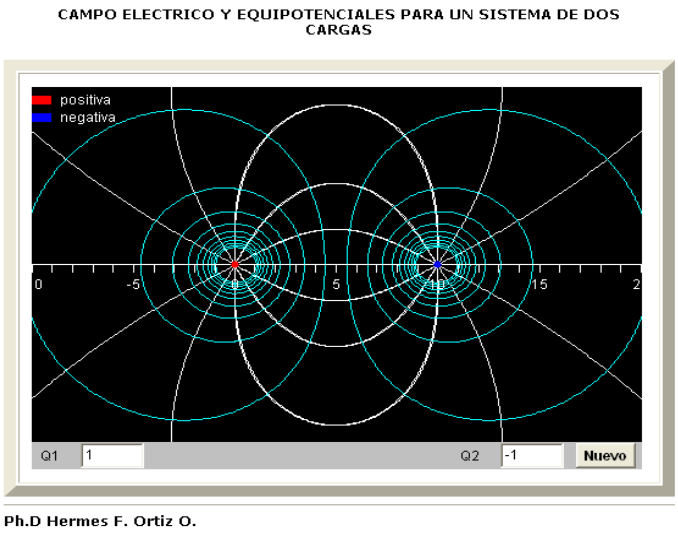


Figura 3.35 Fislet, equipotenciales y campo eléctrico para cargas puntuales.

Con este fislet podemos obtener el mapa de las líneas de fuerza y equipotenciales de un sistema de dos cargas puntuales. Es posible variar tanto el valor de la carga Q_1, como su signo, con el control edición **Q1**. De la misma forma con la carga Q_2 en el control de edición **Q2**. En la imagen podemos apreciar el mapa para el caso de cargas +1 y -1.

2. Aplicación. Separador de semillas.

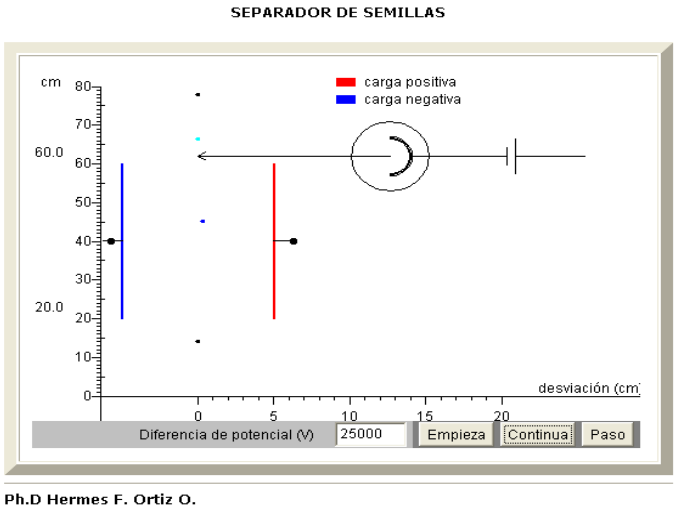


Figura 3.36 Fislet, separador de semillas.

Con este fislet estudiamos una aplicación interesante del establecimiento de una diferencia de potencial para la separación de partículas cargadas.

Se introduce la diferencia de potencial entre las placas desviadoras, en el control de edición **Diferencia de potencial** y luego se pulsa el botón **Empieza**.

Las semillas comienzan a caer desde una altura de 80 cm. Las semillas de color negro pasan sin desviarse, pero las semillas de color azul claro, son detectadas por la célula fotoeléctrica como no apropiadas, y un mecanismo les proporciona una pequeña carga eléctrica (color azul) negativa justo antes de entrar en el espacio entre las placas del condensador. Las semillas se separan de su trayectoria rectilínea y podemos medir su desviación con la regla situada en el suelo (eje X).

3. Aplicación. El generador de Van de Graaff.

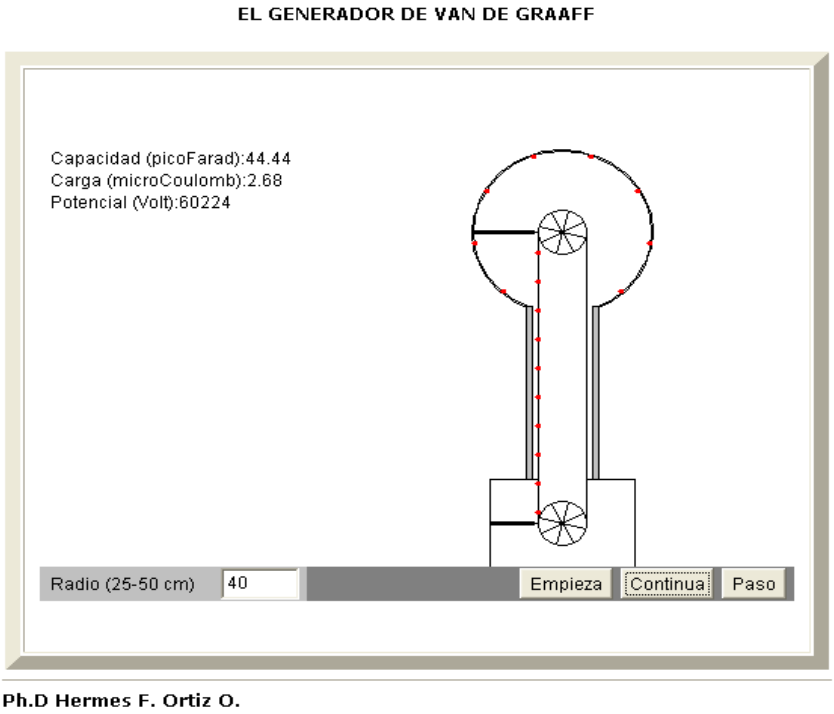


Figura 3.37 Fislet, generador de Van de Graaff.

Este fislet simula el generador de Van de Graaff. En el generador real la cinta transporta carga de forma continua. En esta simulación, se transporta de forma discreta. Sobre la cinta aparecen puntos rojos igualmente espaciados, cada

unos de ellos representa una unidad de carga positiva cuyo valor genera el programa interactivo de forma aleatoria.

Al igual que en un generador real, el simulado pone un límite al campo máximo en la superficie de la esfera a partir del cual, el aire se ioniza y el generador no puede incrementar más la carga. Podemos aproximar el conductor hueco a una esfera conductora de radio *R*. Conociendo la carga acumulada *Q* se calcula el campo producido por un esfera conductora en su superficie: $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{R^2}$ El generador deja de acumular carga cuando el aire se vuelve conductor. La intensidad del campo eléctrico límite es de aproximadamente 3.0 10^6 V/m. Para una esfera de radio *R* podemos calcular la carga máxima que puede acumular y el máximo potencial que adquiere la esfera cargada.

- *Capacitancia.*

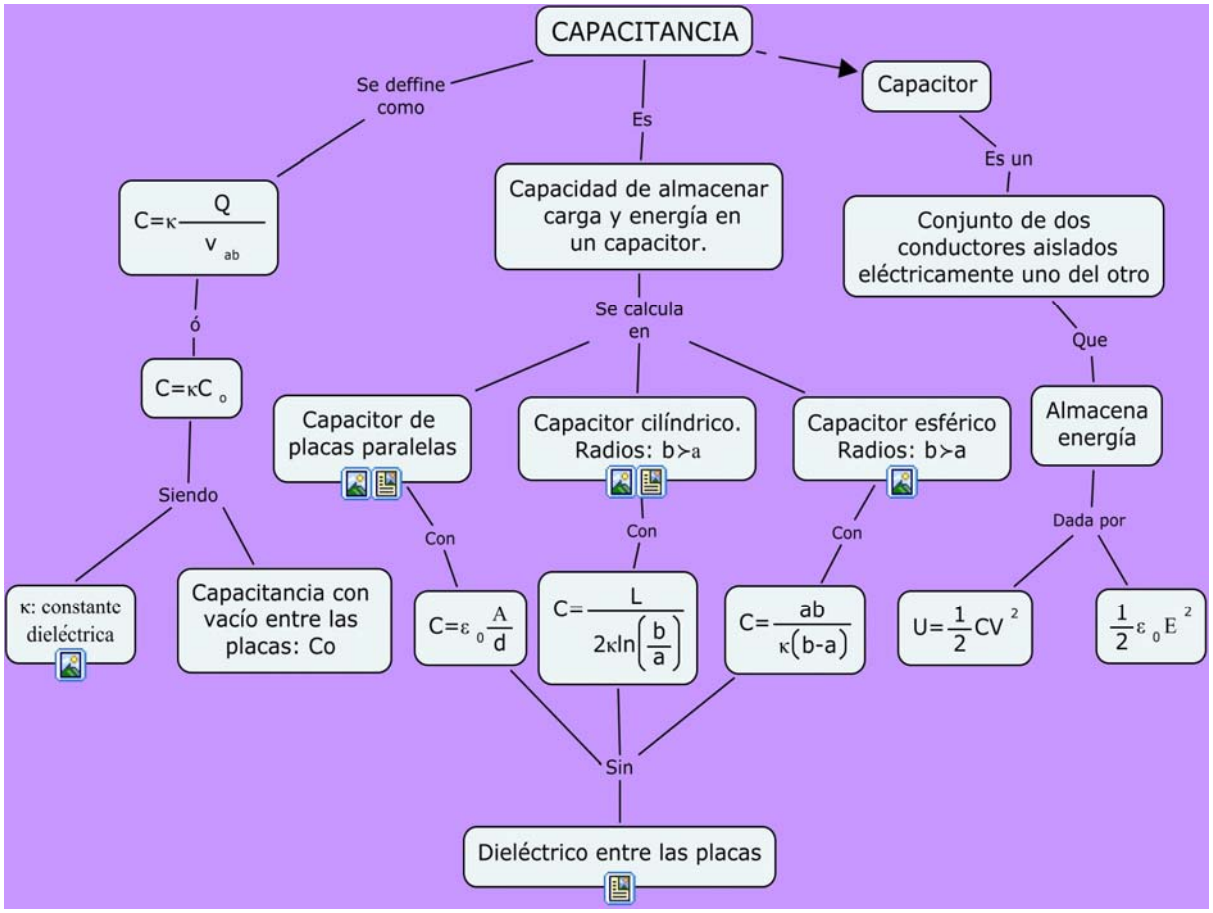


Figura 3.38 Mapa conceptual sobre la capacitancia.

Imágenes incorporadas en el mapa conceptual:

1. Capacitor plano.

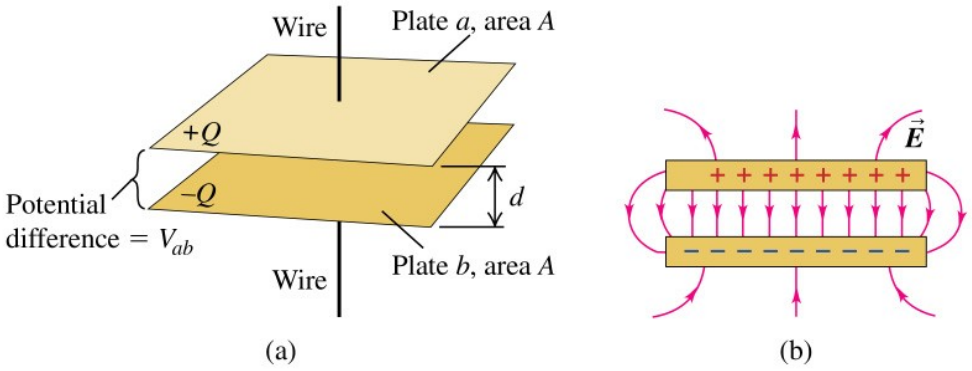


Figura 3.39 Imagen, condensador de placas planas paralelas.

2. Capacitor cilíndrico.

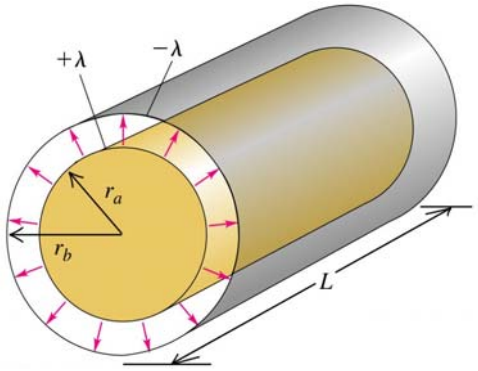


Figura 3.40 Imagen, condensador cilíndrico.

3. Capacitor esférico.

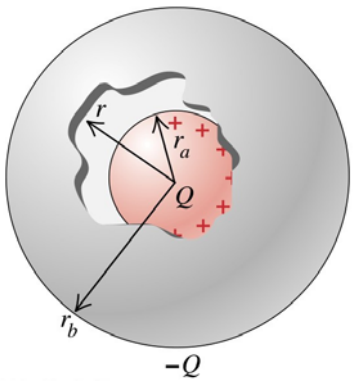


Figura 3.41 Imagen, condensador esférico.

4. Constantes dieléctricas.

Material	*K*	Material	*K*
Vacuum	1	Polyvinyl chloride	3.18
Air (1 atm)	1.00059	Plexiglas	3.40
Air (100 atm)	1.0548	Glass	5–10
Teflon	2.1	Neoprene	6.70
Polyethylene	2.25	Germanium	16
Benzene	2.28	Glycerin	42.5
Mica	3–6	Water	80.4
Mylar	3.1	Strontium titanate	310

Tabla 3.2 Constantes dieléctricas para diferentes sustancias.

Fislets incorporados en el mapa conceptual:

1. Capacitor de placas planas paralelas. Balanza.

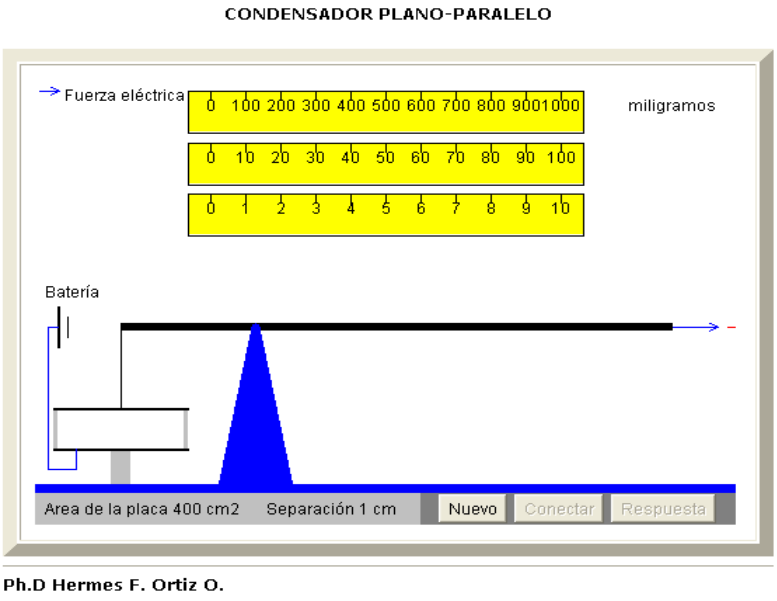


Figura 3.42 Fislet, condensador plano-paralelo. Balanza.

El fislet permite medir una diferencia de potencial desconocida *V*, mediante un electrómetro formado por dos placas planas y paralelas. La diferencia de potencial *V* se calcula midiendo la fuerza *F* entre las placas, conocidos los datos de la distancia *x* entre las placas y el área *S* de las mismas.

2. Aplicación. Péndulo que descarga un a condensador.

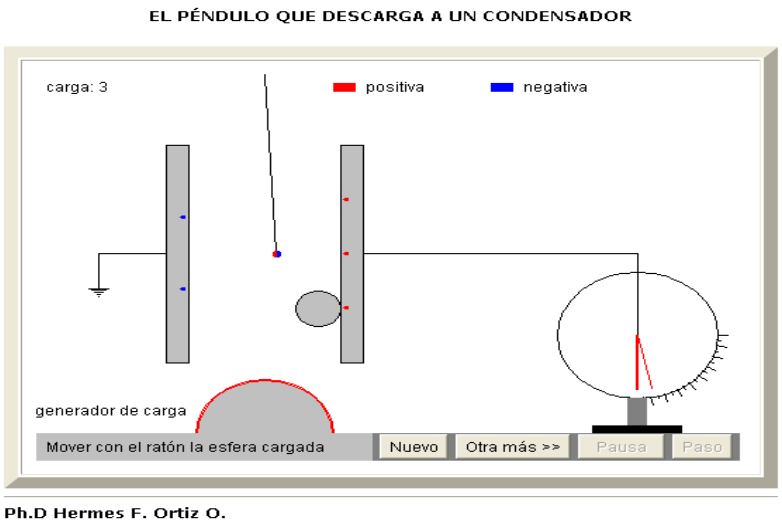


Figura 3.43 Fislet, descarga de un condensador a través de un péndulo.

Se dispone de un generador de Van de Graaff para suministrar la carga que se transporta a una de las placas del condensador. Con el **puntero del ratón se** mueve la bola que está en contacto con el generador de carga, y tocamos la placa del condensador conectada al electroscopio. Se pulsa el botón **Otra más,** para repetir la operación de carga del condensador.

Repetimos la operación varias veces, vemos como se va cargando la placa y se desvía la aguja indicadora del electroscopio. La bolita es atraída hacia la placa positiva, hasta que entra en contacto con ella. En ese momento la bolita empieza a oscilar y la placa positiva del condensador empieza a perder poco a poco carga en cada oscilación de la bolita.

3. Osciloscopio.

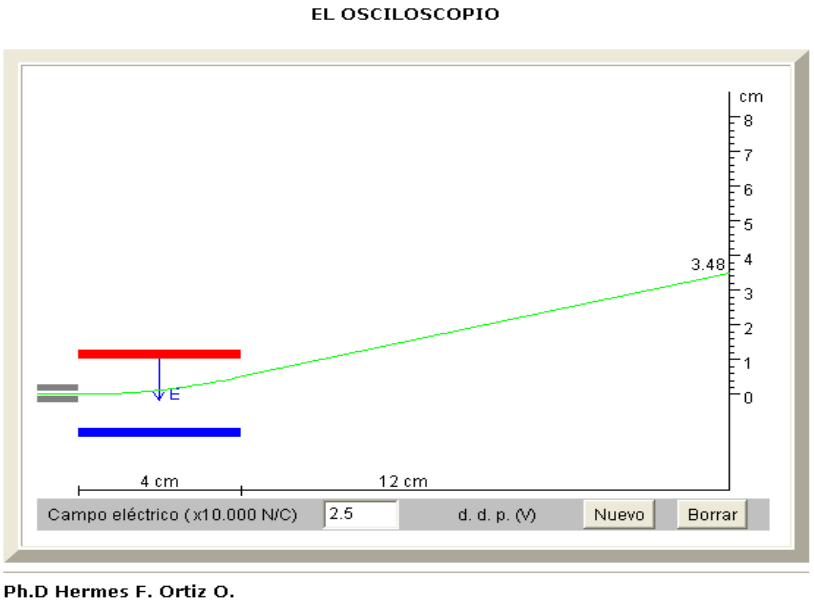
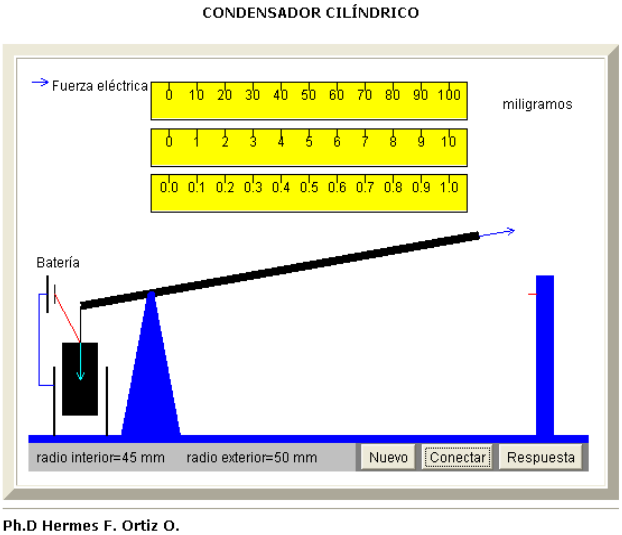


Figura 3.44 Fislet, el osciloscopio.

Se introduce el campo eléctrico entre las placas deflectoras, con el control de edición **Campo eléctrico** y la diferencia de potencial, (ddp) *V* en voltios, entre el cátodo y el ánodo del cañón acelerador, con el control de edición **d.d.p**

Se pulsa el botón titulado **Nuevo**, y se dibuja la trayectoria seguida por el haz de electrones. Sobre la escala vertical a la derecha del fislet, se puede medir la desviación del haz de electrones en cm. Cuando se hayan dibujado varias trayectorias se pulsa el botón **Borrar**, para limpiar el área de trabajo de fislet.

4. Condensador cilíndrico. Balanza.



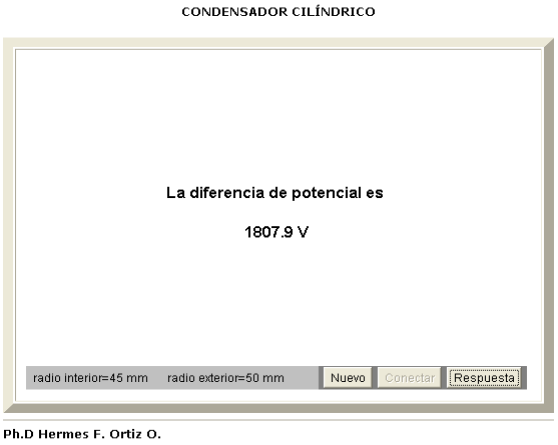


Figura 3.45 Fislet, condensador cilíndrico. Balanza.

En este fislet se mide una diferencia de potencial desconocida *V*, mediante un electrómetro formado por dos armaduras cilíndricas de radios *a* y *b* que tienen el mismo eje. El potencial *V* se calcula midiendo la fuerza *F*, conocidos los datos del radio interior *a* y el radio exterior *b* del condensador cilíndrico. Pulsando el botón **Nuevo**, se genera un número aleatorio que representa el potencial *V* desconocido de un generador. Cuando se pulsa el botón **Conectar**, las placas del condensador se conectan a dicho generador. El cilindro interior es atraído por el campo eléctrico y la balanza se desequilibra. Tenemos que volverla a equilibrar para medir la fuerza de atracción *F*. Moviendo los cursores (flechas de color azul, rojo y negro) equilibramos la balanza y medimos la fuerza en miligramos.

5. Capacitor con dieléctrico. Energía.

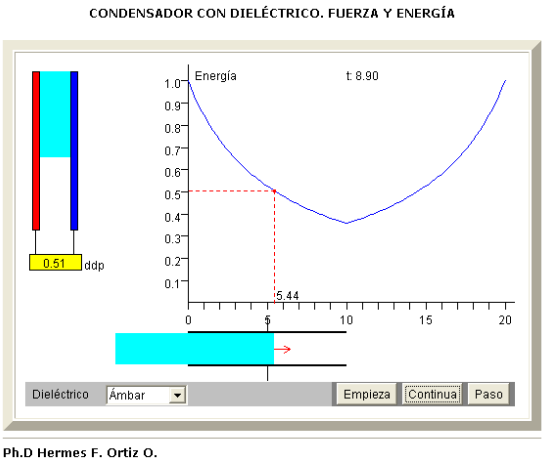


Figura 3.46 Fislet, energía en un condensador con dieléctrico.

Interactuando con este fislet podemos observar lo siguiente: Una pieza de material dieléctrico es atraída hacia el interior del condensador, su energía potencial eléctrica se convierte en energía cinética. Alcanza la máxima velocidad cuando ocupa todo el espacio entre las placas y luego, comienza a salir, su energía cinética se convierte en potencial eléctrica y así sucesivamente. Es posible elegir una sustancia, de un listado, con el comando de edición **dieléctrico**.

- *Circuitos C.*

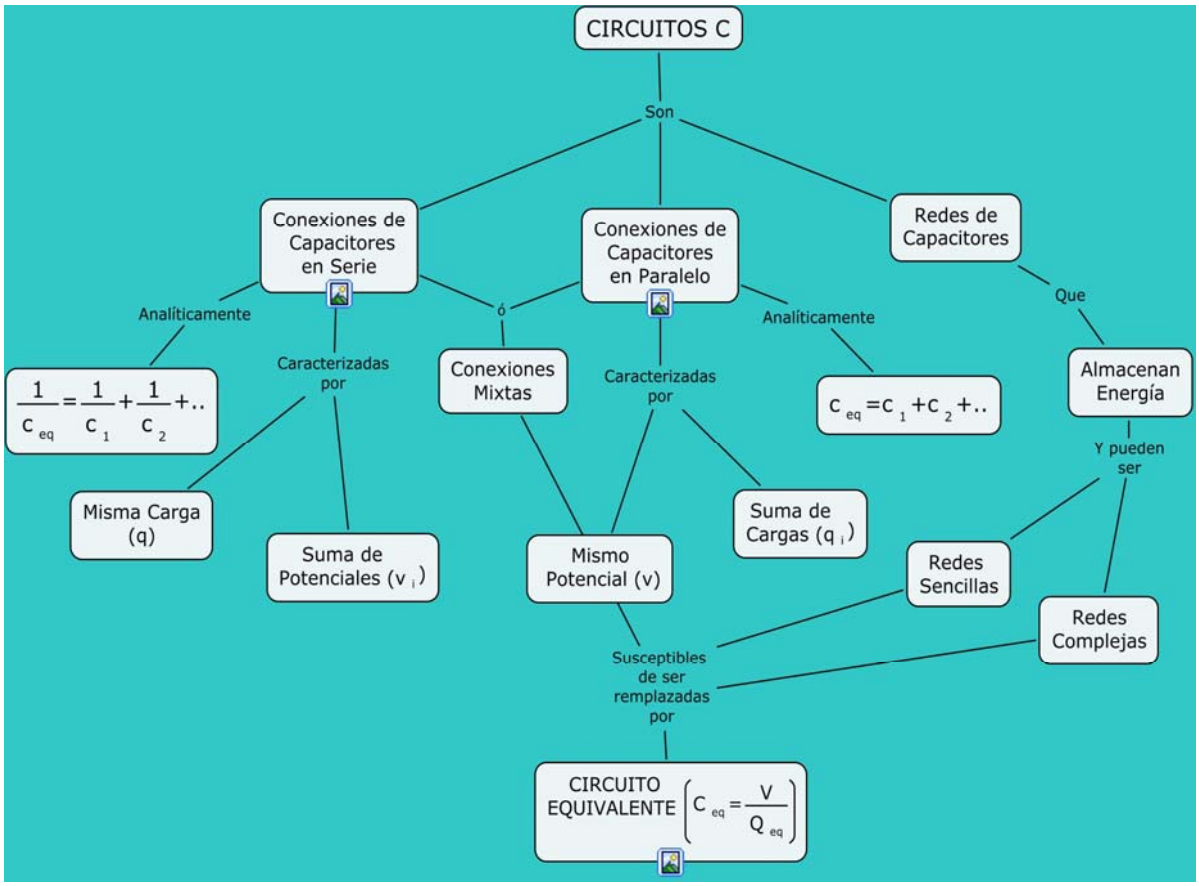


Figura 3.47 Mapa conceptual sobre los circuitos C.

Imágenes incorporadas en el mapa conceptual:

1. Circuito de condensadores en serie.

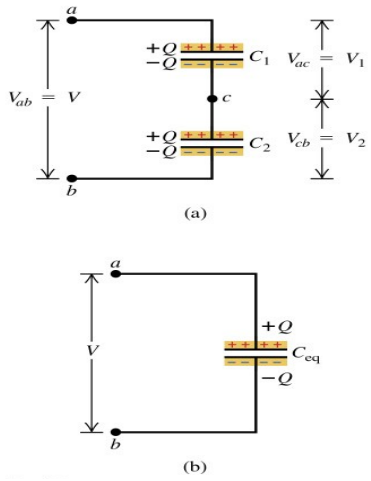


Figura 3.48 Capacitores en serie.

2. Circuito de condensadores en paralelo.

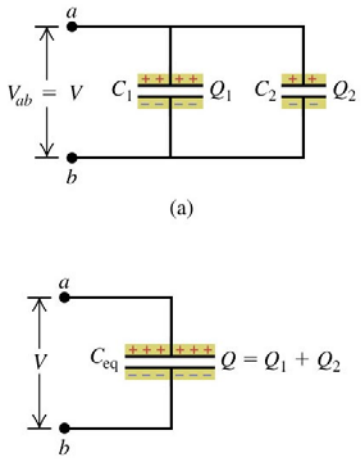


Figura 3.49 Capacitores en paralelo.

3. Circuito equivalente.

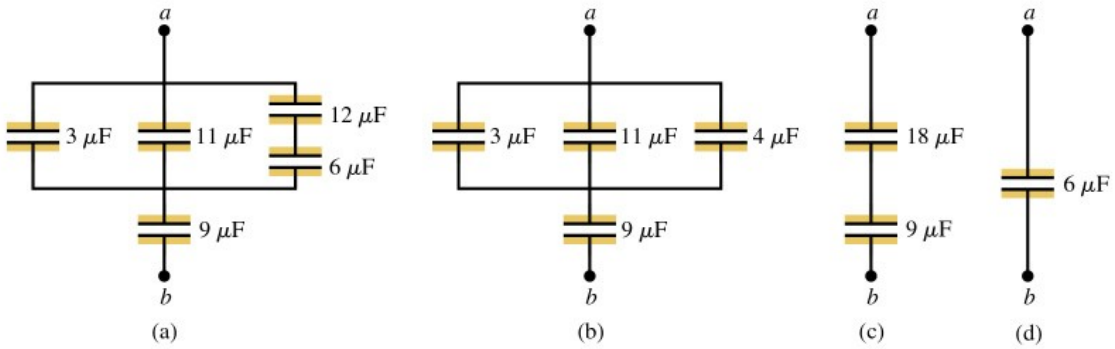


Figura 3.50 Capacitores en conexiones mixtas. Circuito equivalente.

3.4.5 Circuitos de corriente directa.

- *Circuitos de corriente continua.*

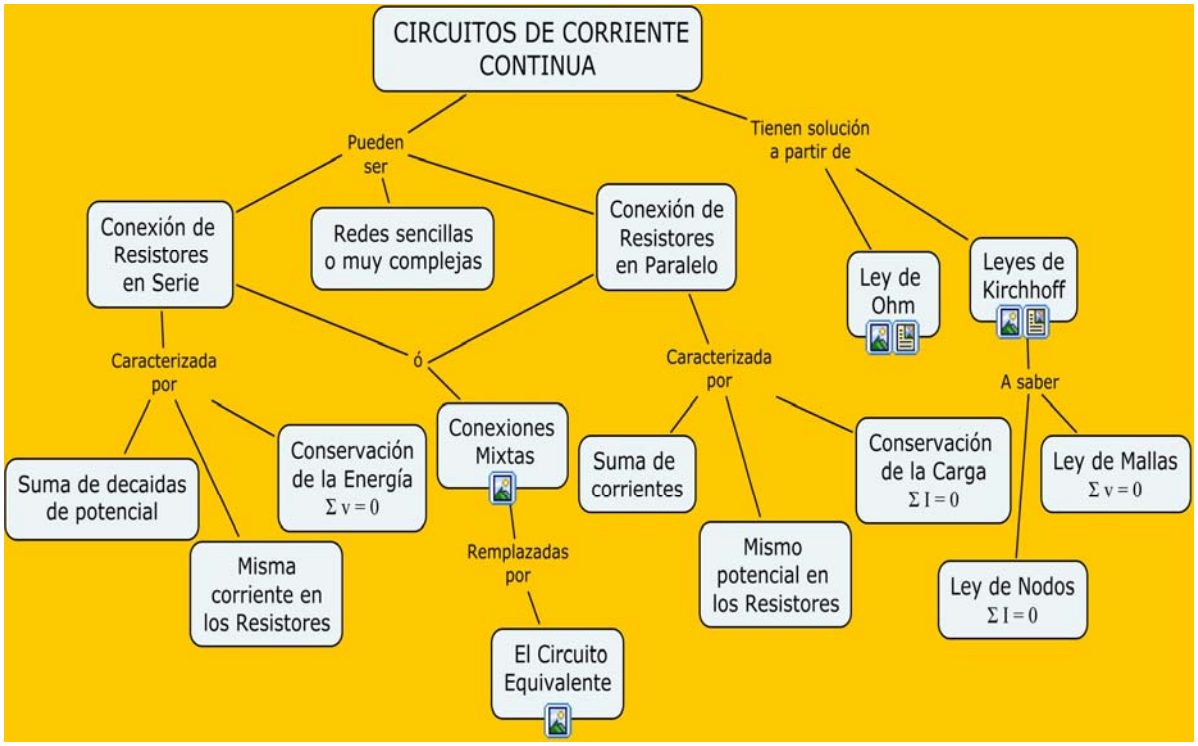


Figura 3.51 Mapa conceptual sobre los circuitos de corriente continua.

Imágenes incorporadas en el mapa conceptual:

1. Ley de Ohm. Circuito.

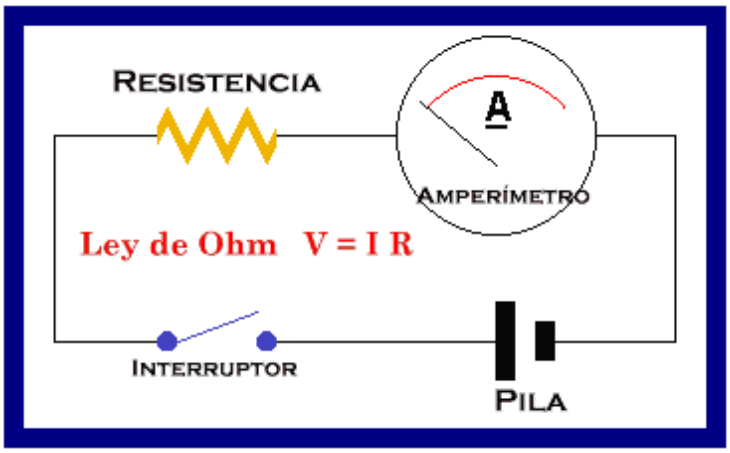


Figura 3.52 Imagen, circuito eléctrico. Ley de Ohm.

2. Ley de Ohm. Ecuaciones.

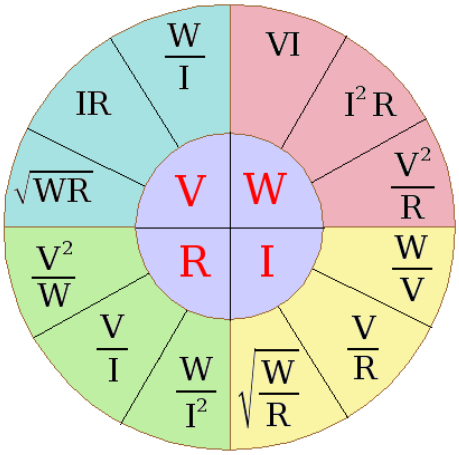


Figura 3.53 Imagen, ecuaciones. Ley de Ohm.

3. Ley de Ohm. Gráfico.

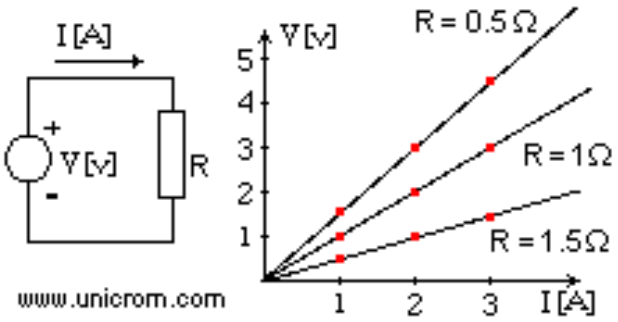


Figura 3.54 Ley de Ohm. Gráfico.

4. Leyes de Kirchhoff.

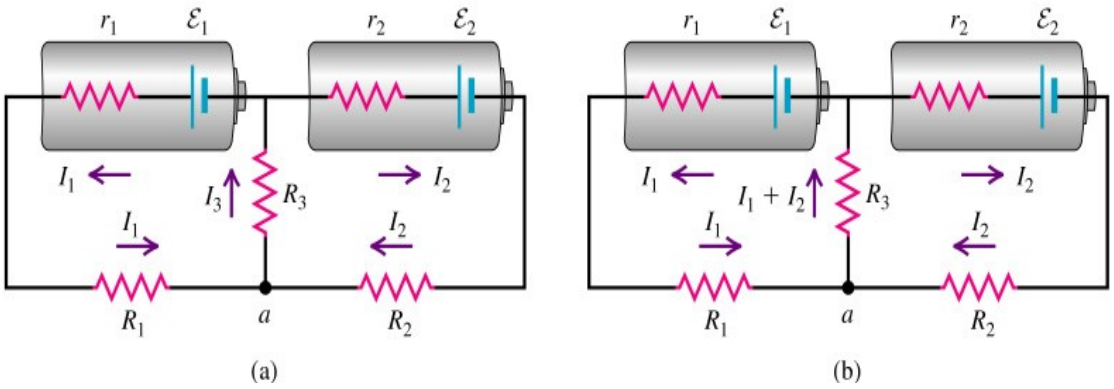


Figura 3.55 Leyes de Kirchhoff. Circuito- mallas y nodos.

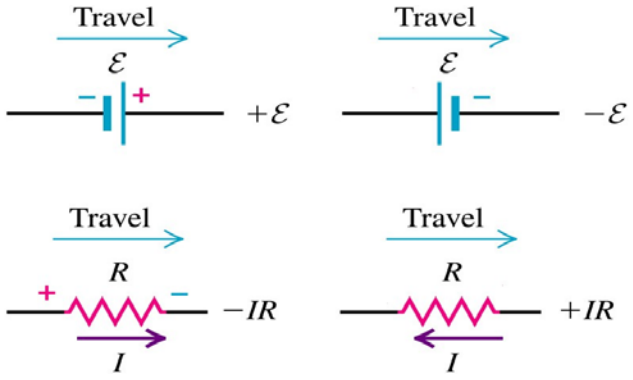


Figura 3.56 Leyes de Kirchhoff. Convenciones.

5. Conexión mixta de resistencias eléctricas.

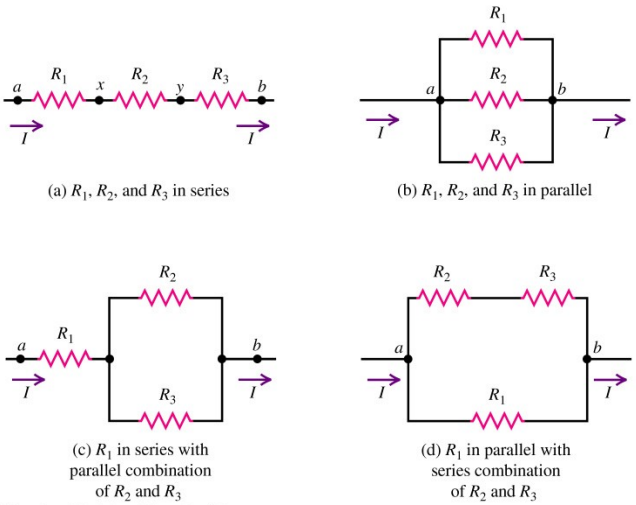


Figura 3.57 Resistores. Conexiones mixtas.

6. Resistencias eléctricas. Circuito equivalente.

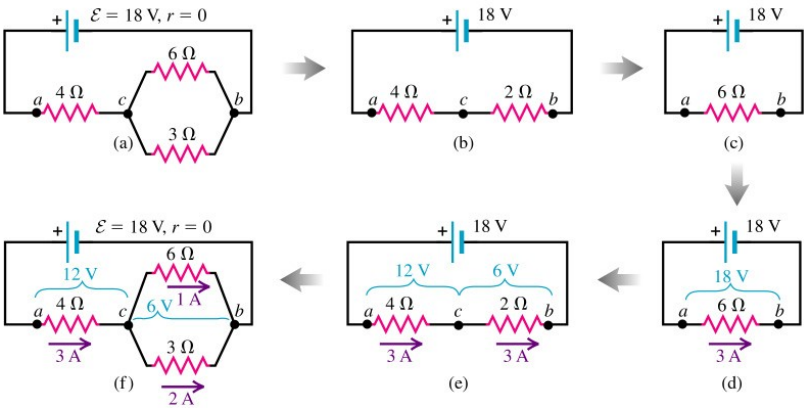


Figura 3.58 Resistores. Circuito equivalente.

Archivos de texto incorporados en el mapa conceptual: Biografías de George Simón Ohm y Gustav Kirchhoff.

- *Circuitos RC.*

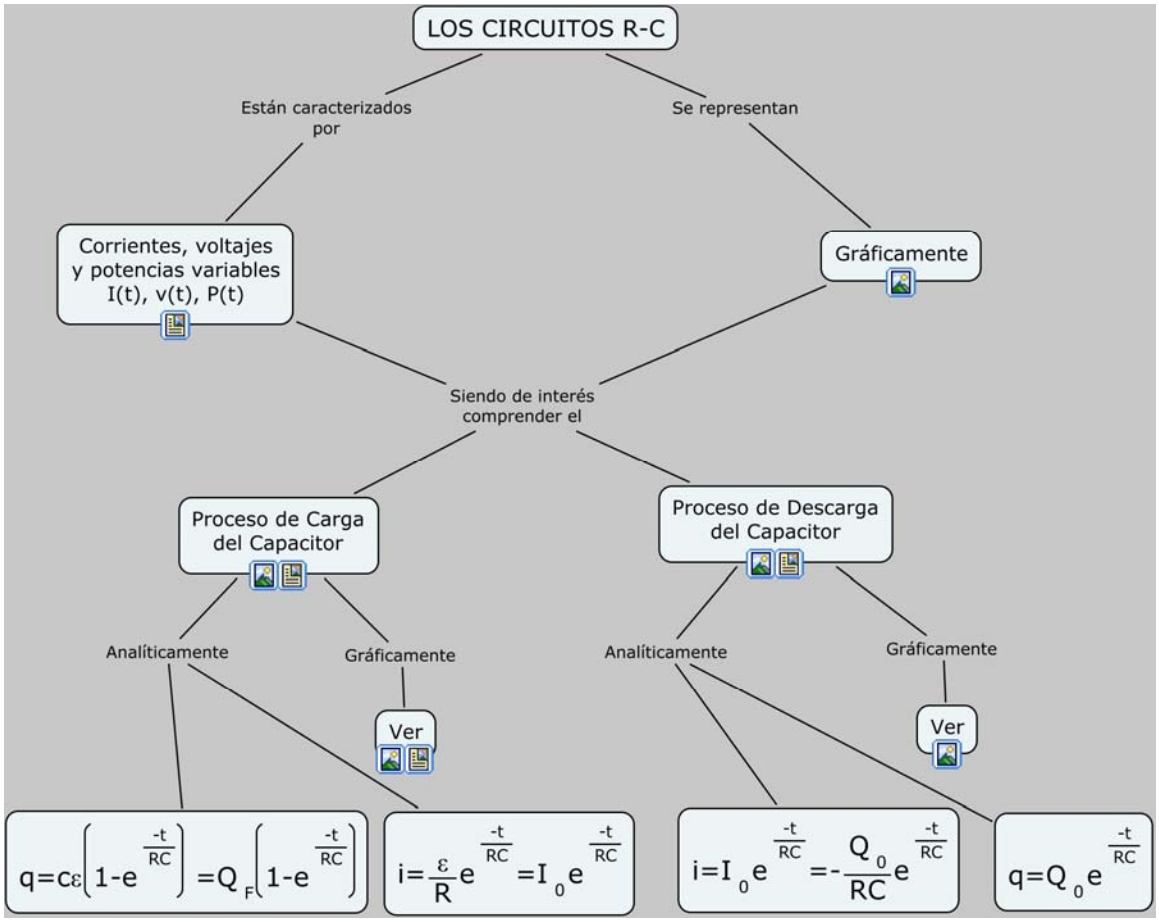


Figura 3.59 Mapa conceptual sobre los circuitos RC.

Imágenes incorporadas en el mapa conceptual:

1. Circuito RC.

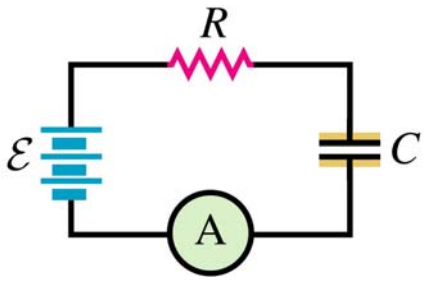


Figura 3.60 Circuito RC.

2. Carga de un capacitor.

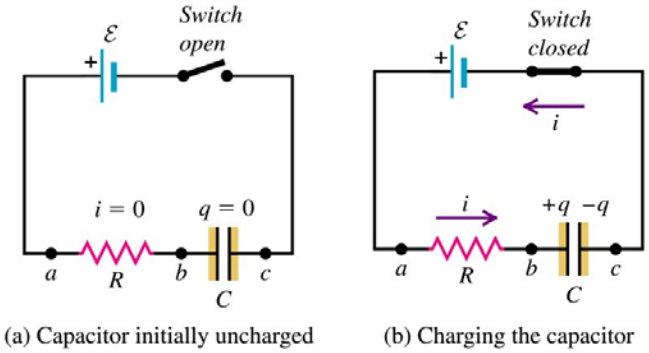


Figura 3.61 Carga de un capacitor.

3. Descarga de un capacitor.

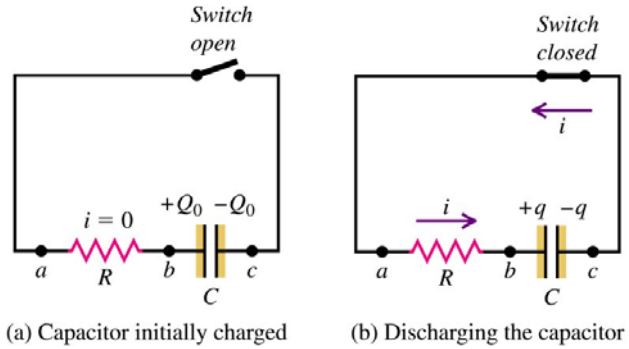


Figura 3.62 Descarga de un capacitor.

4. Curvas de carga de un capacitor.

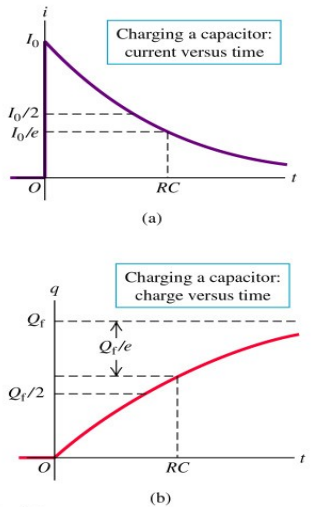


Figura 3.63 Curvas de carga de un capacitor.

5. Curvas de descarga de un capacitor.

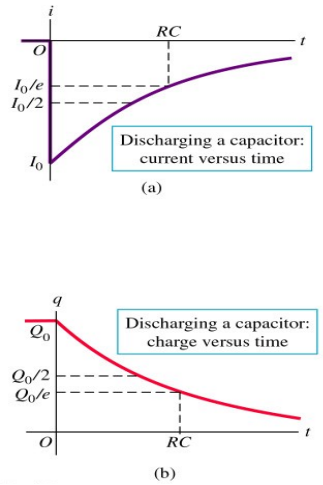


Figura 3.64 Curvas de descarga de un capacitor.

Fislets incorporados en el mapa conceptual:

1. Circuito de dos capacitores y una resistencia.

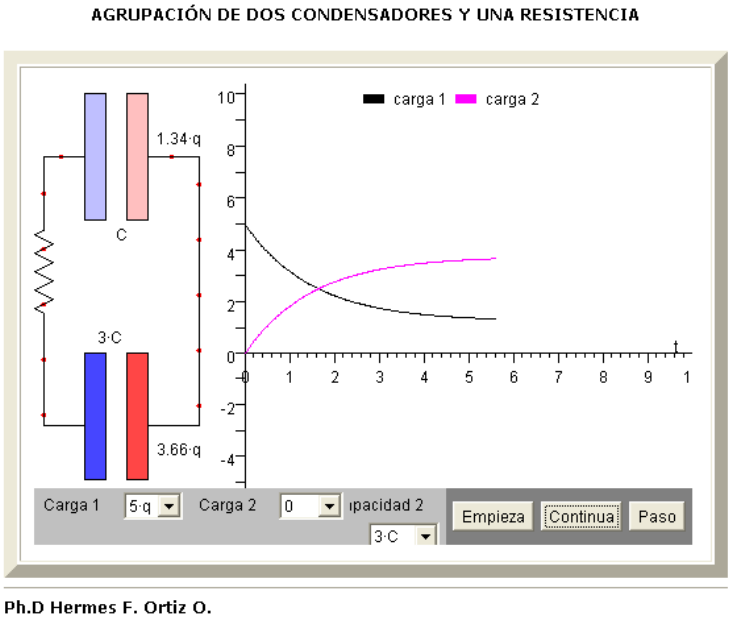


Figura 3.65 Fislet, circuito de dos condensadores y una resistencia.

Este fislet simula un circuito de dos condensadores y una resistencia conectados en serie. Muy apropiado para la explicación y el análisis energético, balance de carga y energía en los capacitores, y de disipación en la resistencia, en un instante dado.

El condensador de capacidad C_1 está cargado con una carga Q_{10} y el condensador de capacidad C_2 está cargado con una carga Q_{20}. En el instante t=0, se cierra el circuito.

Se puede comprobar que parte de la energía inicial se disipa en la resistencia y la otra parte, se almacena en los condensadores en forma de campo eléctrico. Al pulsar el botón de edición **Empieza,** se observa el movimiento de cargas entre los condensadores desde el estado inicial al estado final.

2. Aplicación. Medición de la velocidad de una bala.

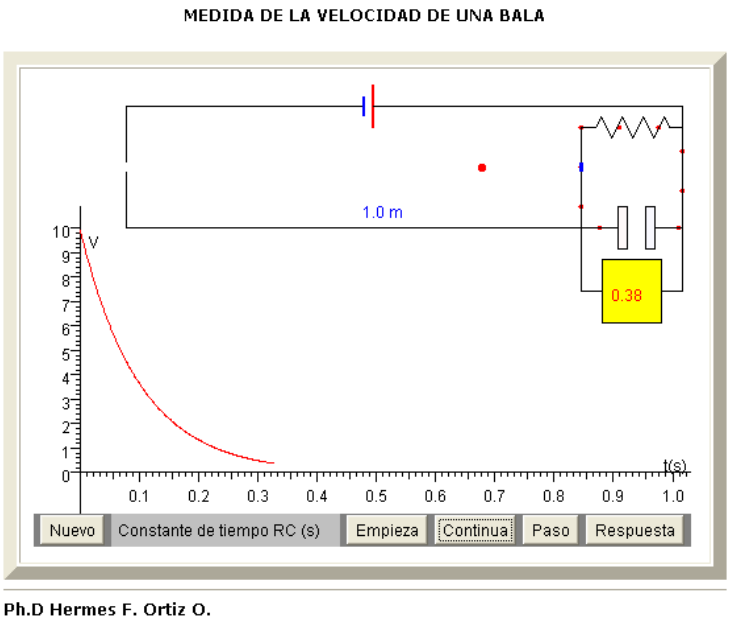


Figura 3.66 Fislet, medición de la velocidad de una bala.

Gracias a este fislet podemos resolver de forma interactiva un problema interesante, la determinación de la velocidad de una bala, mediante la aplicación de los circuitos RC.

Cada vez que se pulsa el botón **Nuevo** se genera un número aleatorio entre 1 y 10 que representa la velocidad v de la bala que tendremos que calcular.

La batería tiene una tensión de V_0=10 V. Se construye el circuito RC tomando una resistencia R y un condensador de capacidad C. El producto de ambas magnitudes se introduce en el control de edición **Constante de tiempo RC**

La distancia entre los dos cables rotos está también fijada por el programa y vale *x*=1.0 m

Cuando se pulsa el botón **Empieza,** la bala se mueve hacia el circuito rompe el primer contacto A, el condensador empieza a descargarse (tal como se muestra en la gráfica). Se mide la diferencia de potencial *V* entre las placas del condensador cuando se rompe el segundo contacto B y el condensador deja de descargarse.

La velocidad *v* de la bala que hemos calculado se puede comparar con la proporcionada por el programa interactivo cuando se pulsa el botón **Respuesta**.

3. Proceso de carga de un capacitor.

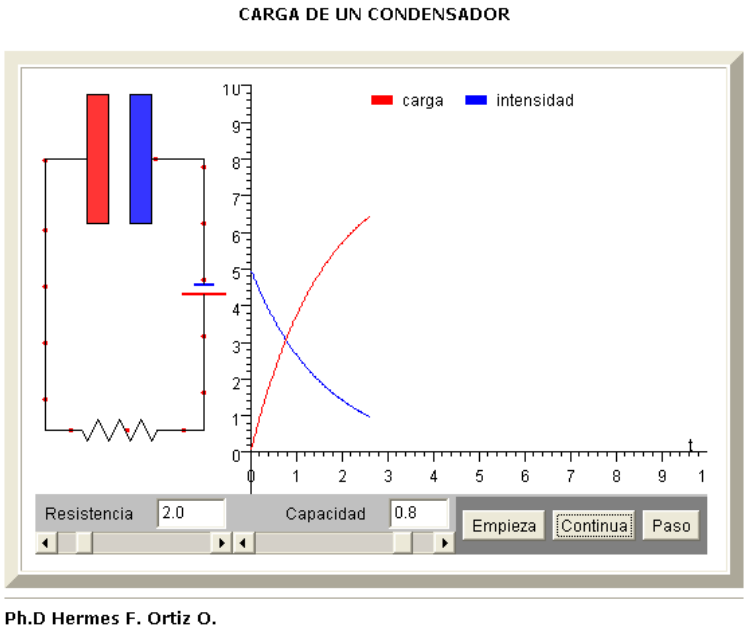


Figura 3.67 Fislet, carga de un condensador.

Fislet para estudiar el proceso de carga de un condensador.

Una vez introducidos los valores de la resistencia y de la capacidad del condensador, pulsamos el botón **Empieza.** Se observa la carga del condensador, su color pasa gradualmente de blanco (sin carga) a rojo (carga

positiva) y azul (carga negativa). A la derecha del fislet, se traza la gráfica de la carga *q* y de la intensidad *i* en función del tiempo.

4. Proceso de descarga de un capacitor.

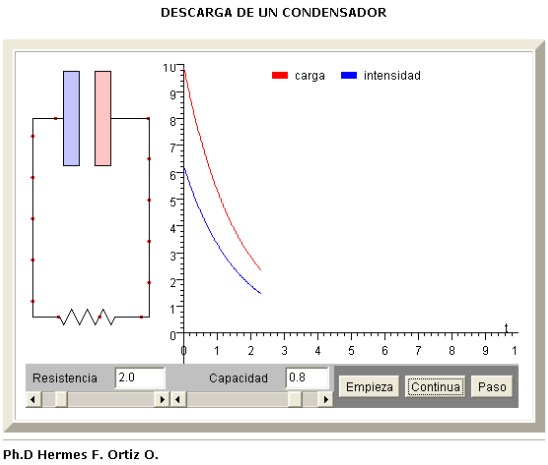


Figura 3.68 Fislet, descarga de un condensador.

Fislet para estudiar el proceso de descarga de un condensador.

Una vez introducidos los valores de la resistencia y de la capacidad del condensador, pulsamos el botón **Empieza.** Se observa la descarga del condensador, su color pasa gradualmente de rojo (carga positiva) y azul (carga negativa) a blanco (descargado). A la derecha del fislet, se traza la gráfica de la carga *q* y de la intensidad *i* en función del tiempo.

5. Gráficas de carga y descarga de un capacitor.

Figura 3.69 Fislet, gráficos V v_s t para la carga y descarga de un condensador.

Este fislet permite estudiar, gráficamente, los procesos de carga y descarga de un condensador, a partir de un circuito RC y con la ayuda de un osciloscopio.

La carga y descarga del condensador la podemos observar, introduciendo una señal cuadrada en el circuito RC, y haciendo llegar la señal resultante a un osciloscopio. Es posible variar los valores de: La resistencia *R* en Ω. La capacidad *C* en mF (10^{-6} F). La fem V_e, en V. La frecuencia *f* en Hz de la señal cuadrada. Finalmente obtenemos la gráfica, pulsando el botón de edición titulado **Gráfica**.

3.4.6 Campos magnéticos y sus fuentes.

- *Fenómenos electromagnéticos.*

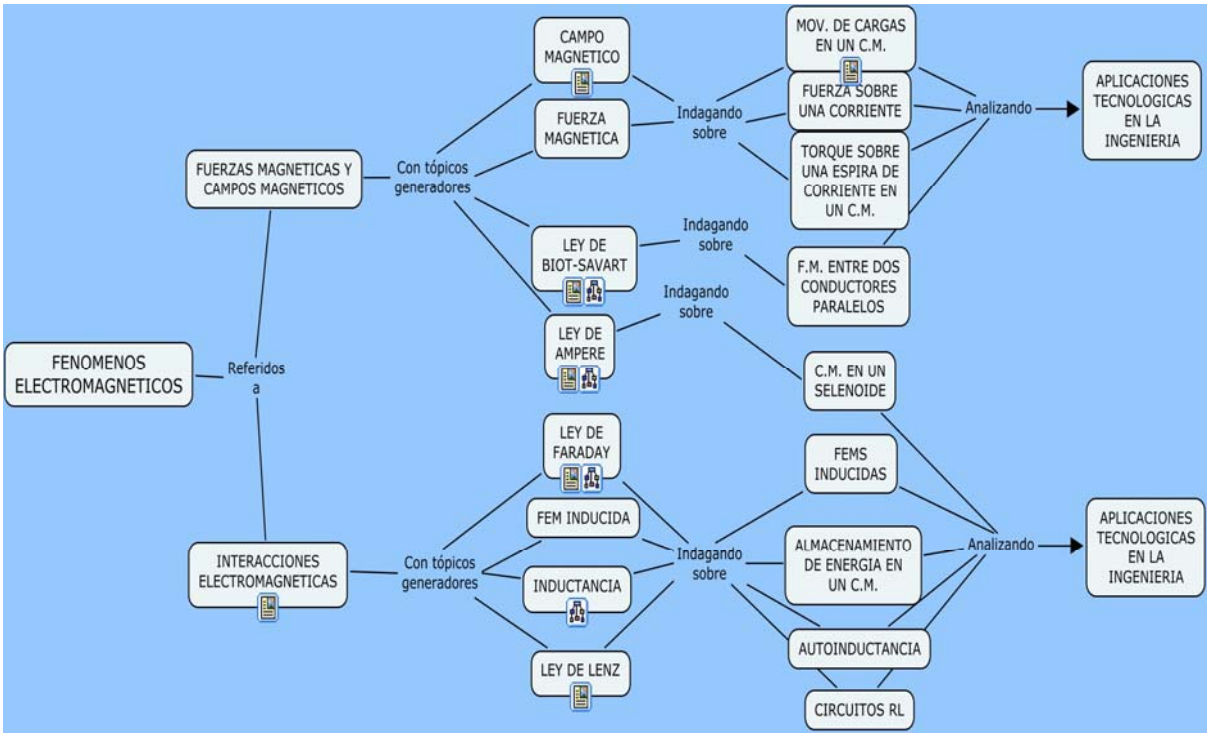


Figura 3.70 Mapa conceptual sobre los fenómenos electromagnéticos.

Enlaces del mapa conceptual con otros mapas: Ley de Biot-Savart. Ley de Ampere. Ley de Faraday. Inductancia.

Archivos de texto incorporados en el mapa conceptual: Biografías de Félix Savart, Jean Baptiste Biot, Michael Faraday, Heinrich Lenz. Edwin Herbert Hall.

Fislets incorporados en el mapa conceptual:

1. Medida del campo magnético.

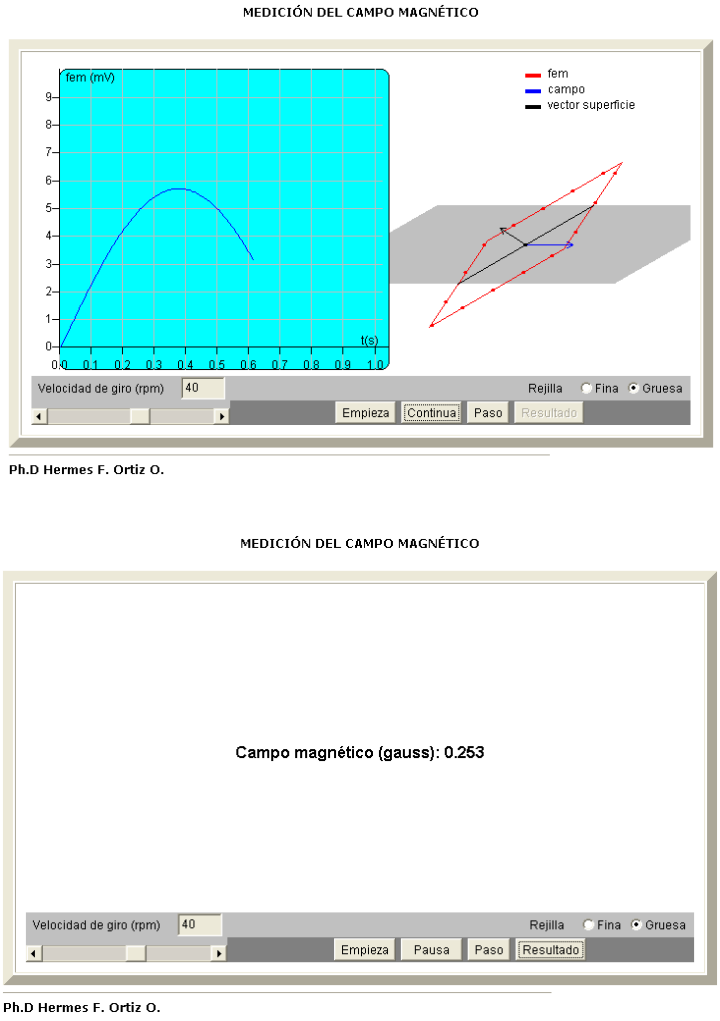


Figura 3.71 Fislet, medición del campo magnético.

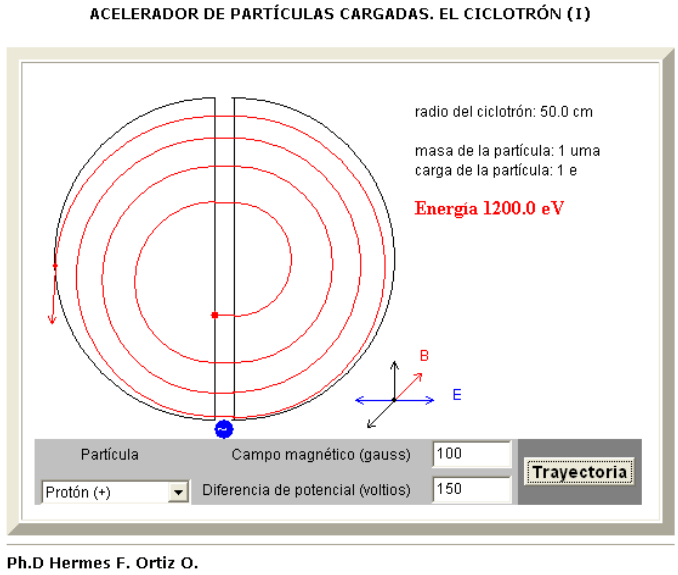
El programa genera aleatoriamente un valor de la componente horizontal del campo magnético terrestre comprendida entre 0.2 y 0.3 gauss. Cuando se pulsa el botón **Empieza**, la bobina gira 180º con velocidad angular constante ω, tardando un tiempo $\Delta t=\pi/\omega$.

El flujo disminuye, y se genera una corriente inducida, cuyo sentido se indica mediante el movimiento de las cargas representadas por puntos de color rojo. La fem en función del tiempo se traza en la pantalla del “osciloscopio”.

En el eje horizontal medimos el tiempo Δt, y el eje vertical medimos la fem máxima V_m (en milivoltios). Calculamos el área bajo la curva y a continuación, la componente horizontal del campo magnético terrestre.

Es posible variar la velocidad de giro de la espira en rpm (revoluciones por minuto) actuando sobre la barra de desplazamiento. En el programa se ha fijado el número de espiras en N=1000, y la dimensiones a=20, b=30 cm de cada espira rectangular.

2. Acelerador de partículas. El ciclotrón.



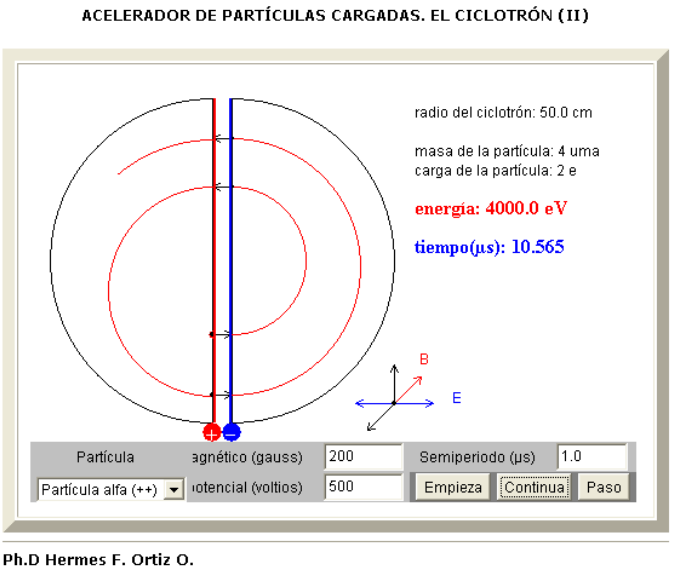


Figura 3.72 Fislets, el ciclotrón.

Se selecciona el ión que se va a acelerar, en el control selección **Partícula**. Se introducen los valores de la intensidad del campo magnético (en gauss=10^{-4} T), en el control de edición **Campo magnético**, y de la diferencia de potencial (en volts) entre las 'Ds', en el control de edición **Diferencia de potencial**.

En el primer fislet, al pulsar en el botón **Trayectoria**, se dibuja la trayectoria del ión en forma de espiral. Una flecha indica el final de la trayectoria dentro del ciclotrón, su dirección es tangente a su trayectoria circular. En la parte derecha de la ventana, se muestra la energía final de la partícula en electrón voltios. Para obtener este valor se multiplica el número de veces *n* que el ión pasa por la región intermedia entre las D's por la diferencia de potencial *V* entre dichos electrodos y por la carga *q* del ión.

En el segundo fislet, además, se introduce el tiempo en microsegundos (1μs=10^{-6} s) que corresponde a un semiperiodo del potencial alterno, en el control de edición **Semiperiodo**. A medida que transcurre el tiempo, vemos como cambia la polaridad de los terminales marcados con los signos + y - situados en la parte inferior del ciclotrón. Una flecha en la región ente las dos D's indica el sentido del campo eléctrico en la región entre las dos D's.

3. Movimiento de cargas en campos eléctricos y magnéticos.

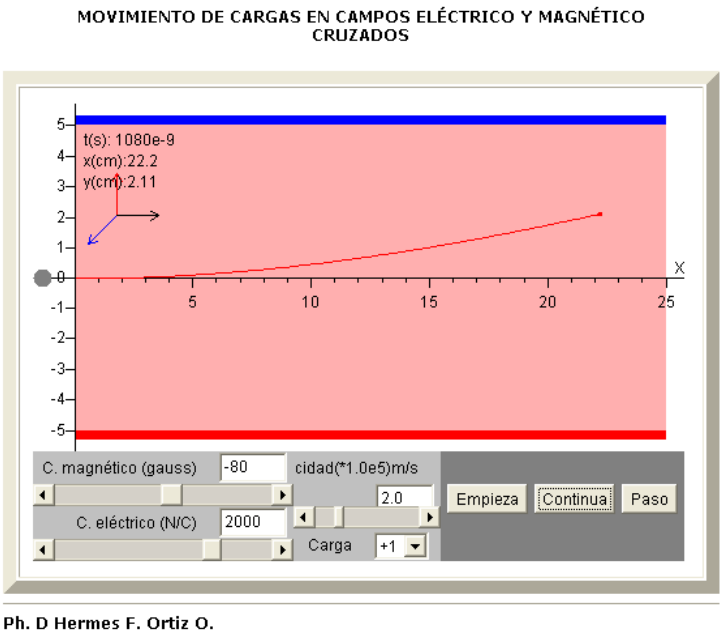


Figura 3.73 Fislet, movimiento de cargas en campos eléctricos y magnéticos.

Con este fislet podemos estudiar el movimiento de partículas cargadas en una región con presencia de campos eléctricos y magnéticos. Se puede suprimir el campo eléctrico para estudiar el movimiento de la partícula en el campo magnético, o suprimir el campo magnético para estudiar el movimiento de la partícula en el campo eléctrico.

El campo eléctrico está creado por las dos placas de un condensador plano-paralelo que distan *d* y tienen una longitud *L*, su sentido es de la placa positiva (color rojo) a la negativa (color azul). El campo magnético es perpendicular al plano de la página, es positivo cuando apunta hacia dentro (color azul claro) y es negativo cuando apunta hacia fuera (color rosa).

Las partículas no se desvían si las fuerzas eléctrica y magnética son iguales y de sentido contrario. Por tanto, no se desviarán aquellas partículas cuya velocidad sea igual cociente *E/B*.

4. Espectrómetro de masas.

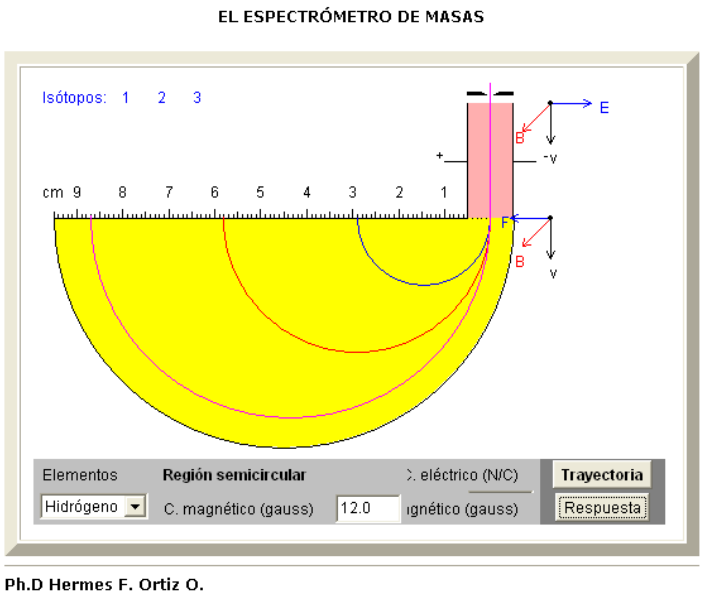


Figura 3.74 Fislet, el espectrómetro de masas.

El espectrómetro de Bainbridge es un dispositivo que separa iones que tienen la misma velocidad. Después de atravesar las rendijas, los iones pasan por un selector de velocidades, una región en la que existen un campo eléctrico y otro magnético, cruzados.

Los iones que pasan el selector sin desviarse, entran en una región donde el campo magnético les obliga a describir una trayectoria circular. El radio de la órbita es proporcional a la masa, por lo que iones de distinta masa impactan en lugares diferentes de la placa.

El objetivo del programa consiste en contar el número de isótopos de un elemento y hallar sus masas en unidades u.m.a. Para ello, se deberá seleccionar cuidadosamente la magnitud del campo eléctrico y del campo magnético, y medir sobre la escala graduada los diámetros de sus trayectorias semicirculares.

- *Fuentes de campos magnéticos.*

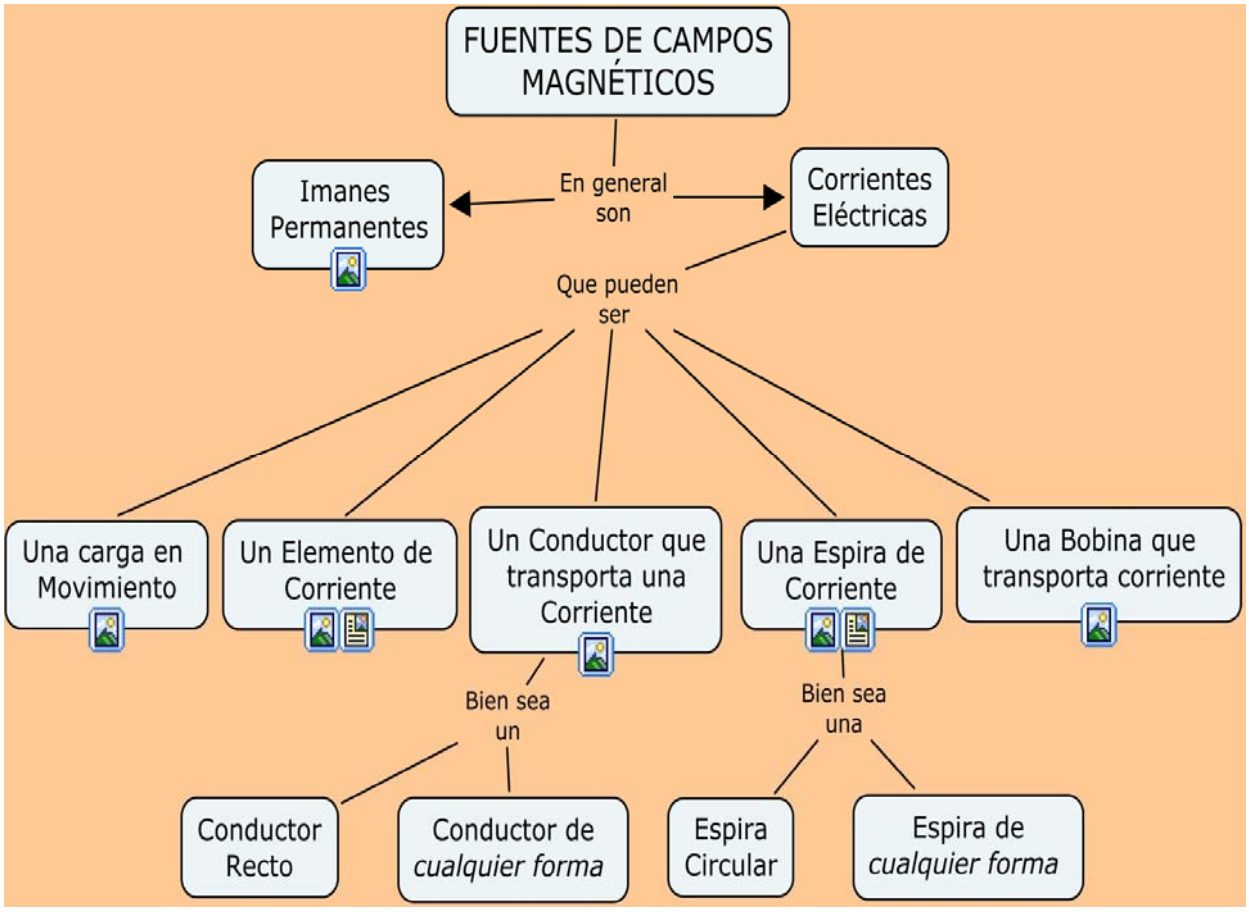


Figura 3.75 Mapa conceptual sobre las fuentes de los campos magnéticos.

Imágenes incorporadas en el mapa conceptual:

1. Imán permanente.

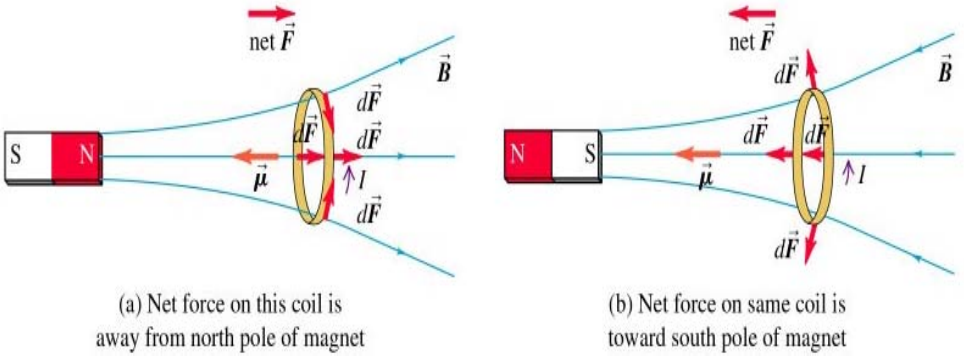


Figura 3.76 Imagen, imán permanente.

2. Fuerza magnética.

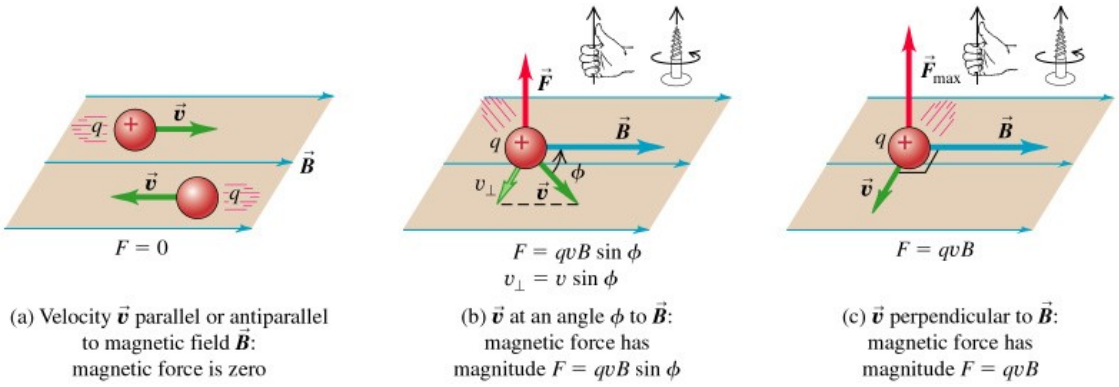


Figura 3.77 Imagen, fuerza magnética.

3. Fuerza magnética sobre una corriente.

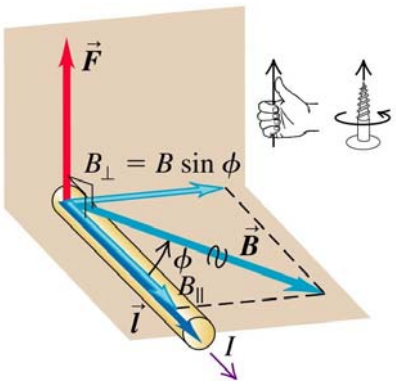


Figura 3.78 Imagen, fuerza magnética sobre una corriente.

4. Fuerza entre conductores paralelos.

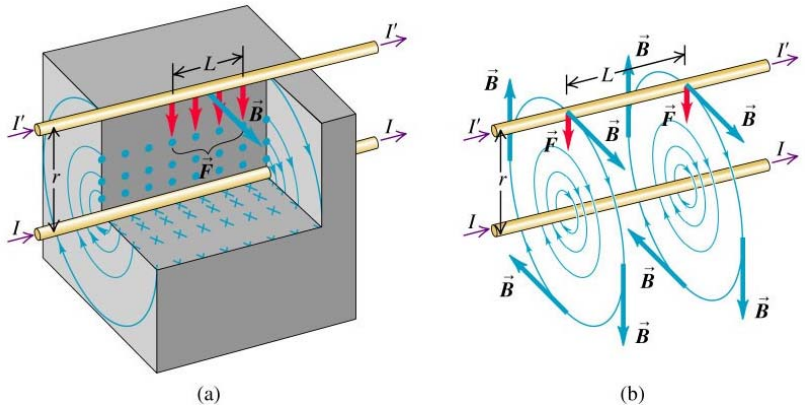


Figura 3.79 Imagen, fuerza entre conductores paralelos.

5. Campo magnético producido por una corriente eléctrica.

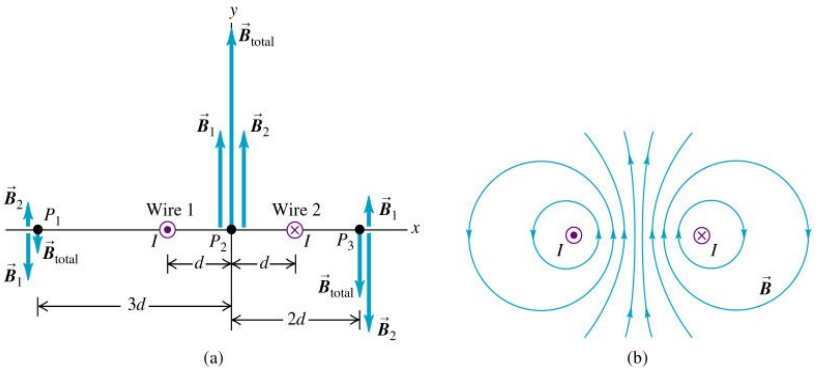


Figura 3.80 Imagen, campo magnético producido por una corriente eléctrica.

6. Momento de torsión sobre una espira de corriente.

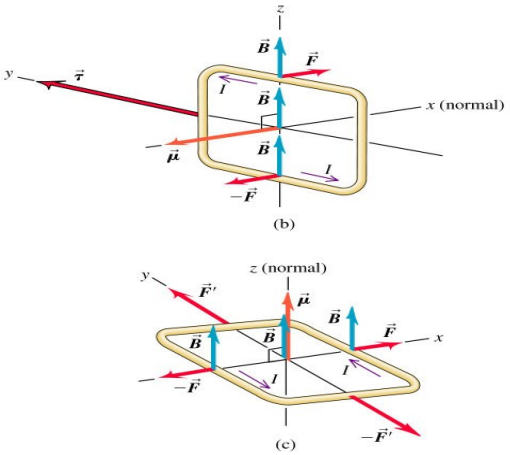


Figura 3.81 Imagen, momento de torsión sobre una espira de corriente.

7. Campo magnético de un solenoide.

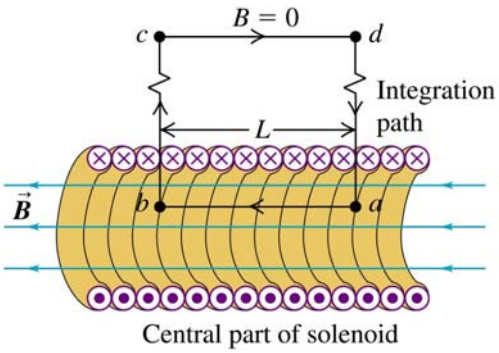


Figura 3.82 Imagen, campo magnético de un solenoide.

Fislets incorporados en el mapa conceptual:

1. Fuerza magnética sobre una varilla conductora.

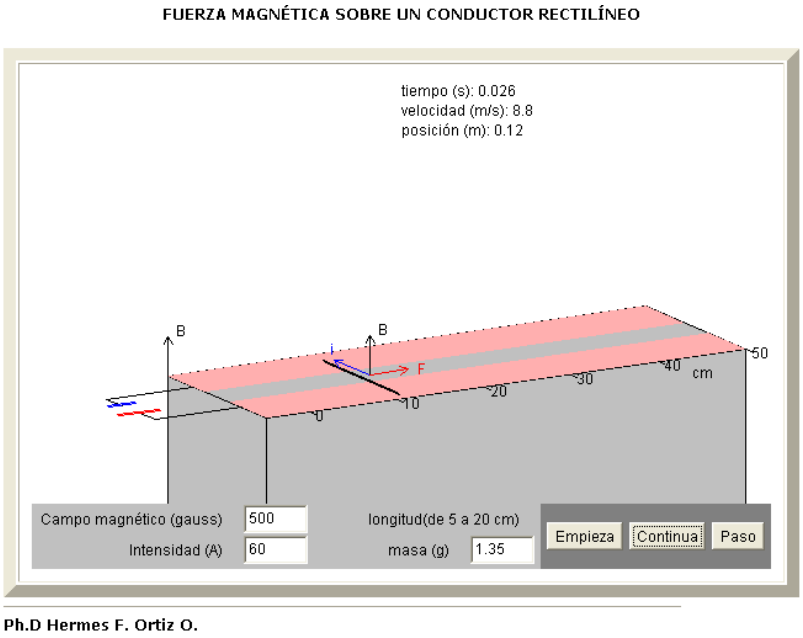


Figura 3.83 Fislet, fuerza magnética sobre una varilla conductora.

Con el fislet se puede demostrar la fuerza que ejerce un campo magnético sobre una corriente eléctrica. El dispositivo consistente en un potente imán que produce un campo de 500 gauss o B=0.05 T, sobre cuyo polo norte se pegan dos raíles hechos con láminas de cobre. La porción de conductor es una varilla de cobre de L=15 cm de longitud.

La corriente se suministra mediante una descarga en arco de *i*=60 A. La corriente y el campo son perpendiculares. Al pulsar el botón **Empieza**, se observa el movimiento de la varilla. En la parte superior del fislet, se nos informa de la posición y velocidad de la varilla en función del tiempo. Se pueden variar los valores del campo magnético, de la corriente eléctrica y la masa de la varilla.

Pulsando en el botón titulado **Pausa**, se detiene el movimiento y se muestra el vector campo **B**, el sentido de la corriente, y el vector fuerza **F** sobre la varilla. Para que la varilla continúe su movimiento se pulsa el mismo botón titulado ahora **Continua**.

2. Campo magnético en el centro de una espira de corriente.

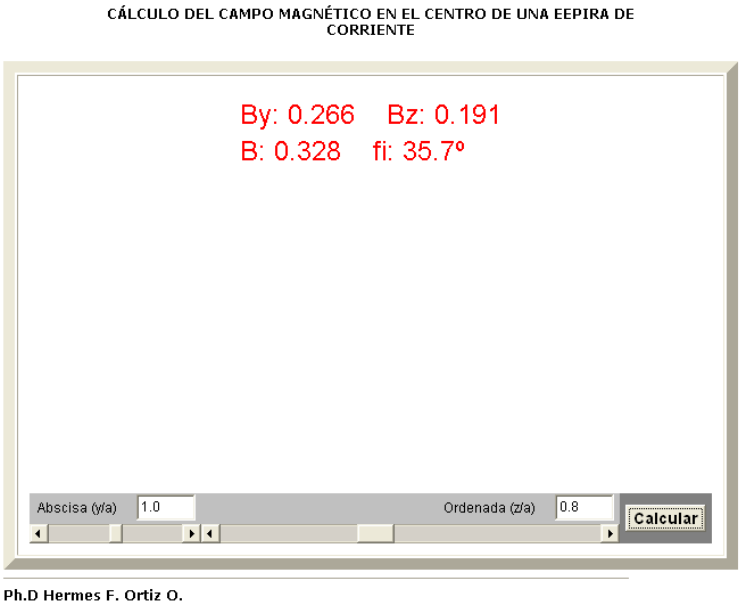


Figura 3.84 Fislet, cálculo del campo magnético en el centro de una espira de corriente.

El campo producido por una espira de corriente, de radio *a*, tiene simetría axial, bastará calcular las componentes B_y y B_z del campo magnético en un punto P (0, *y, z*) del plano YZ. El programa interactivo calcula las componentes B_y y B_z del campo, su módulo y el ángulo que forma con el eje Y.

3. Momento de torsión sobre una espira de corriente.

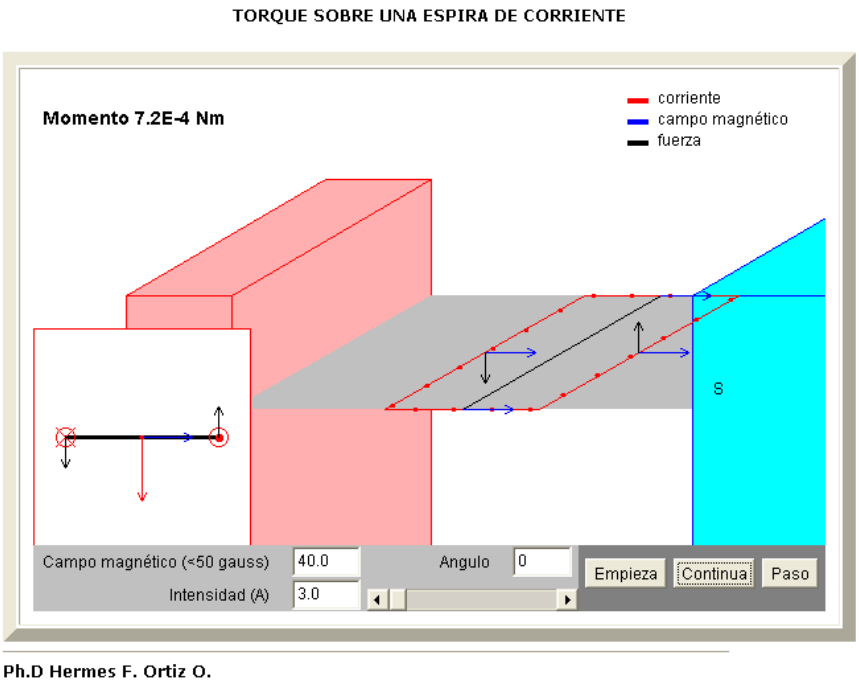


Figura 3.85 Fislet, momento de torsión sobre una espira de corriente.

En el fislet se representa una espira de corriente, de dimensiones fijas *b*=10 y *a*=20 cm, dentro de un campo magnético **B**. Se pueden variar los valores de: La intensidad del campo magnético *B* (en gauss), un valor positivo o negativo, en el control de edición **Campo magnético**. La intensidad de la corriente *i* que recorre la espira (en amperios), un valor positivo o negativo, en el control de edición **Intensidad** i. El ángulo (en grados) que forma el plano de la espira con el plano horizontal, actuando en la barra de desplazamiento **Ángulo**.

Al pulsar el botón **Empieza**, se representan las fuerzas sobre los lados opuestos de longitud *a* de la espira, tanto en una representación tridimensional a la derecha como bidimensional a la izquierda del fislet.

En este último caso, se usan los símbolos habituales para representar una corriente entrante o saliente. En la representación tridimensional, el sentido de la corriente se indica mediante el movimiento de puntos de color rojo que representan a portadores de carga positivos.

- *Ley de Biot-Savart.*

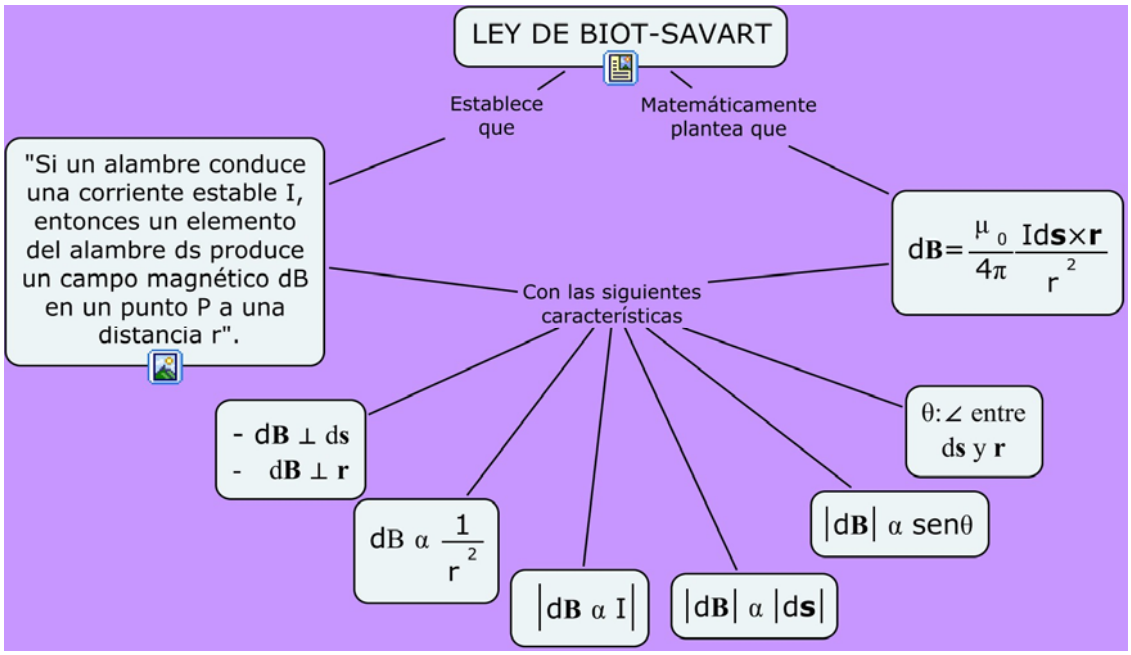


Figura 3.86 Mapa conceptual sobre la ley de Biot-Savart.

Archivos de texto incorporados en el mapa conceptual: Biografías de Félix Savart y Jean Baptiste Biot.

Imagen incorporada en el mapa conceptual:

Ley de Biot-Savart.

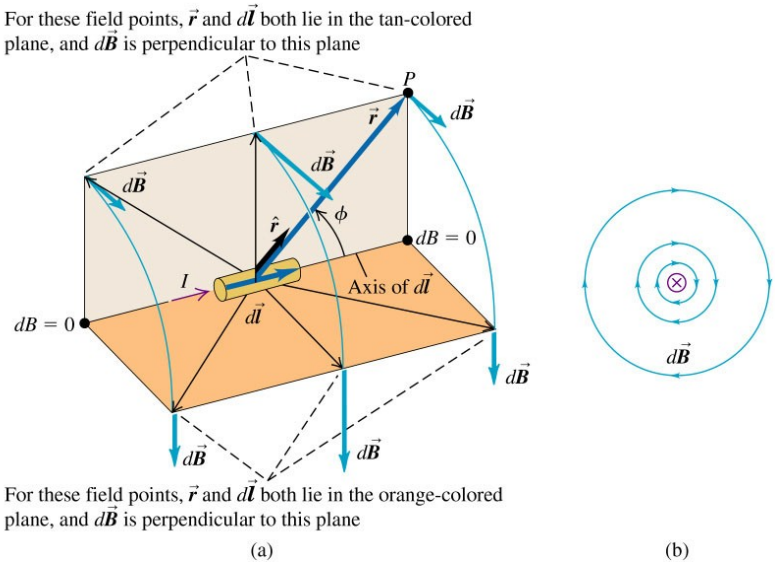


Figura 3-87 Imagen, ley de Biot-Savart.

3.4.7 Ecuaciones de Maxwell.

- *Las ecuaciones de Maxwell.*

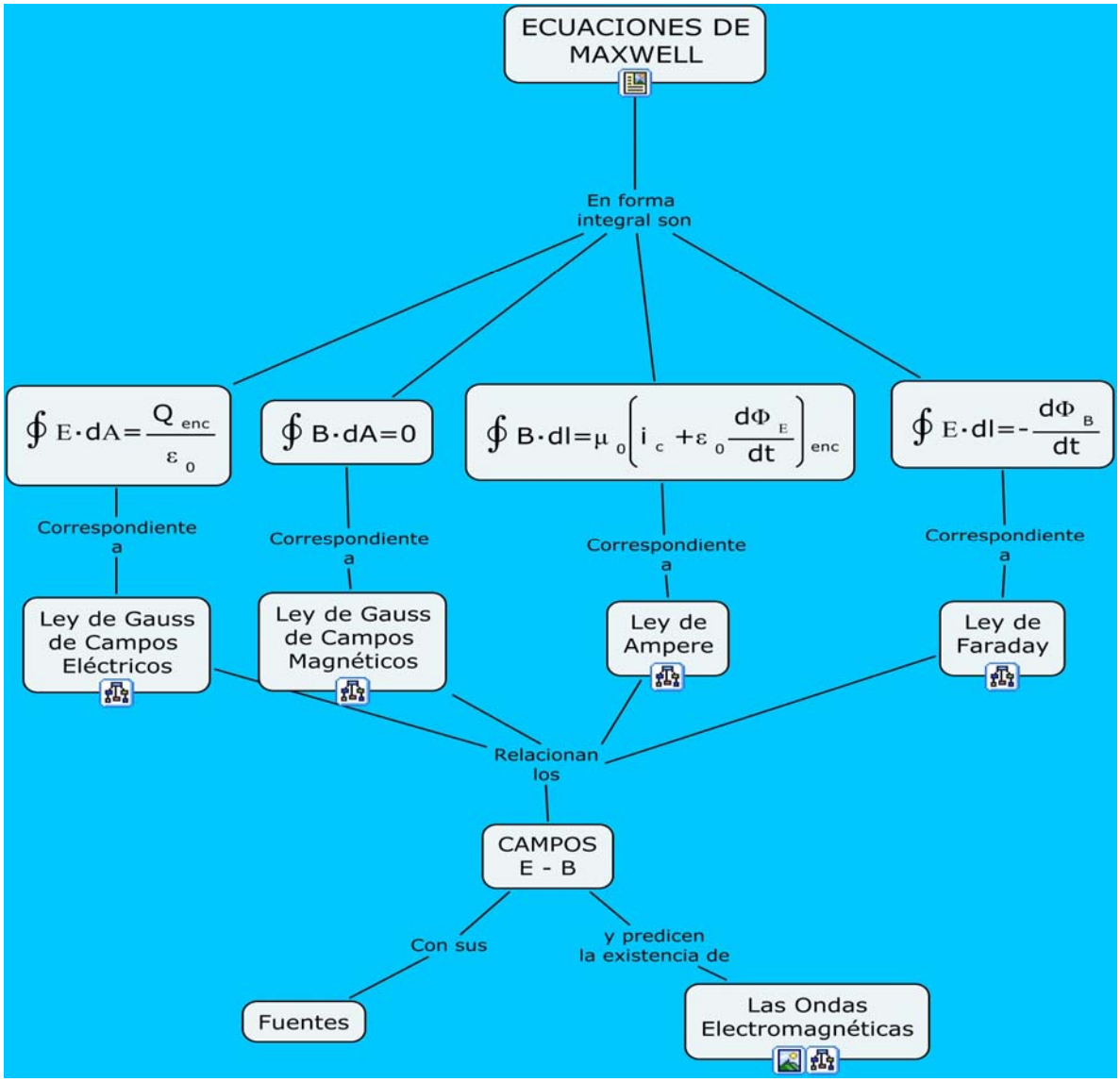


Figura 3.88 Mapa conceptual sobre las ecuaciones de Maxwell.

Mapas conceptuales enlazados con este mapa: Ley de Gauss de campos eléctricos. Ley de Gauss de campos magnéticos. Ley de Ampere. Ley de Faraday. Ondas electromagnéticas.

Archivos de texto incorporados en el mapa conceptual: Biografía de James Clerk Maxwell.

Imagen incorporada en el mapa conceptual:

Onda electromagnética.

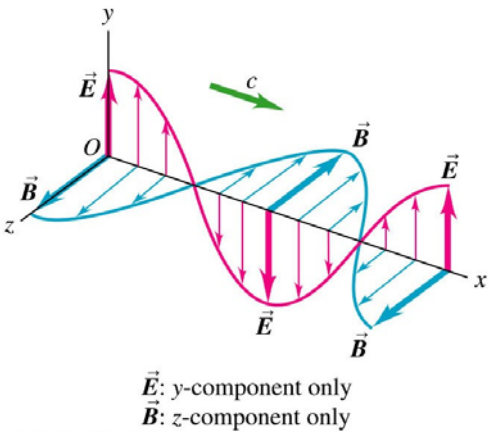


Figura 3.89 Imagen, onda electromagnética.

- *Ley de Gauss de los campos eléctricos.*

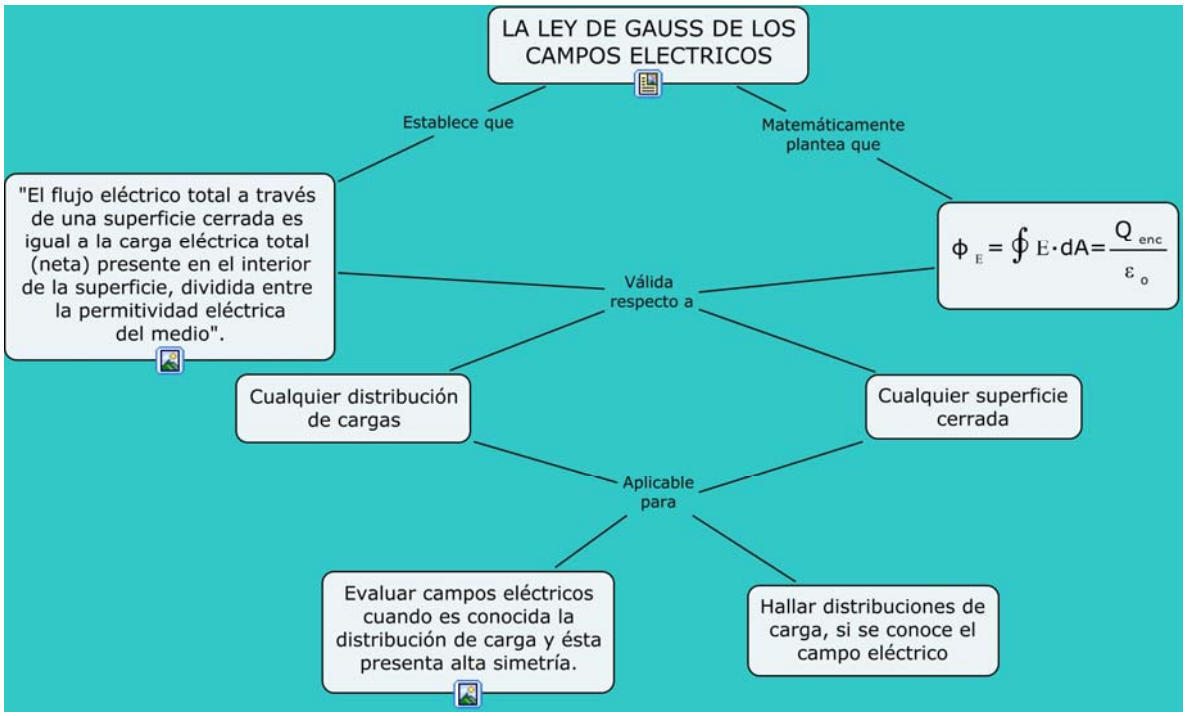


Figura 3.90 Mapa conceptual sobre la ley de Gauss de los campos eléctricos.

Archivo de texto incorporado en el mapa conceptual: Biografía de Johann Carl Friedrich Gauus.

Imágenes incorporadas en el mapa conceptual:

1. Superficie gausiana prismática rectangular.

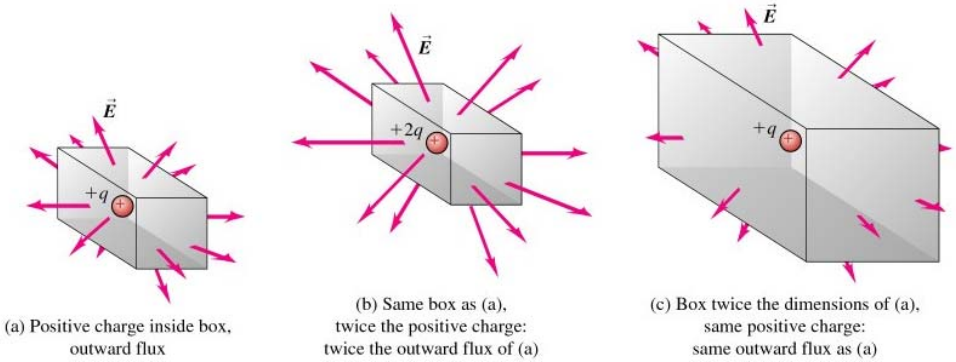


Figura 3.91 Imagen, superficie gausiana prismática rectangular.

2. Ley de Gauus. Carga puntual.

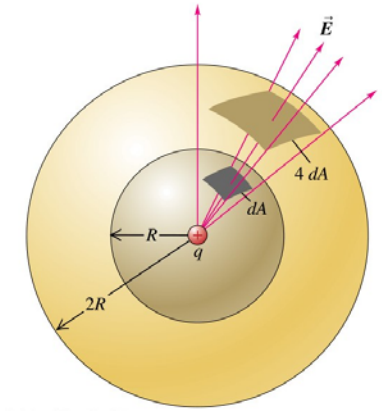


Figura 3.92 Imagen, ley de Gauus. Carga puntual.

3. Ley de Gauus. Carga lineal.

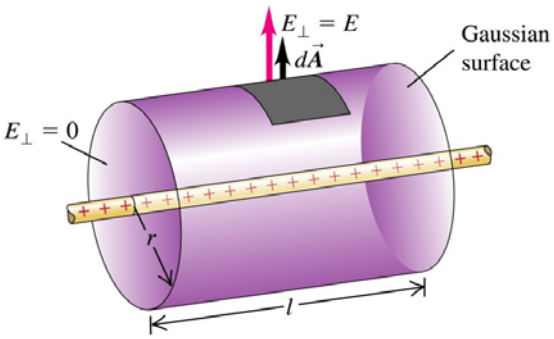


Figura 3.93 Imagen, ley de Gauus. Carga lineal.

4. Ley de Gauus. Carga superficial plana.

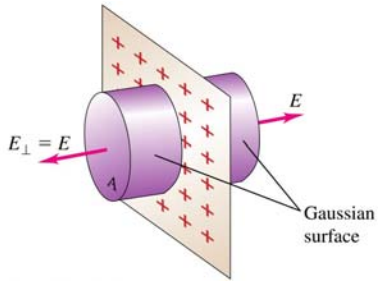


Figura 3.94 Imagen, ley de Gauus. Carga superficial plana.

5. Ley de Gauus. Esfera con carga uniforme.

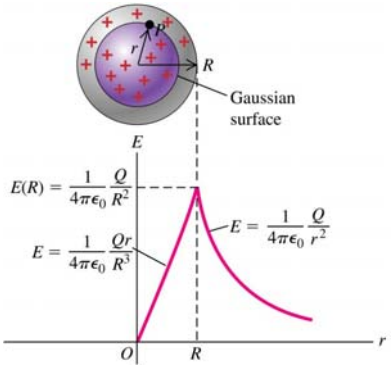


Figura 3.95 Imagen, ley de Gauus. Esfera con carga uniforme.

- *Ley de Gauus de los campos magnéticos.*

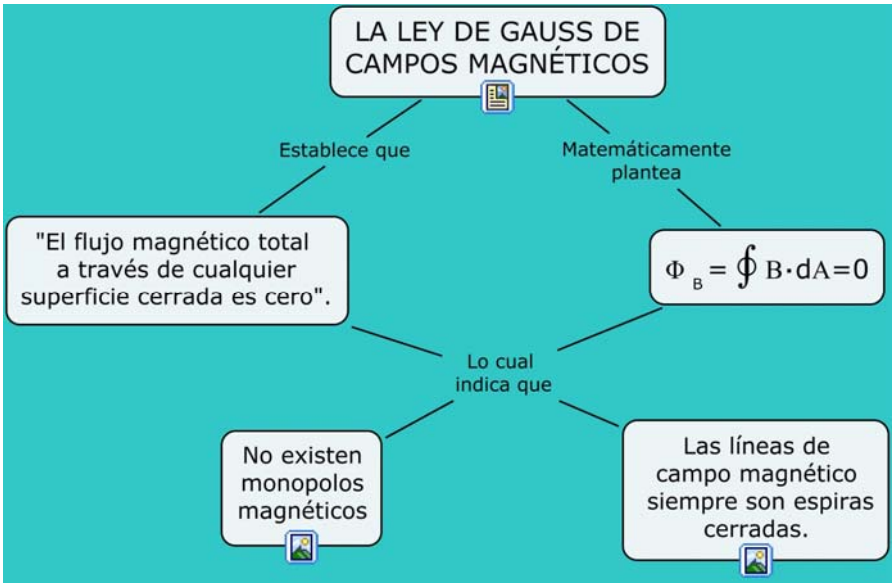


Figura 3.96 Mapa conceptual sobre la ley de Gauus de los campos magnéticos.

Archivo de texto incorporado en el mapa conceptual: Biografía de Johann Carl Friedrich Gauus.

Imágenes incorporadas en el mapa conceptual:

1. Inexistencia de monopolos magnéticos.

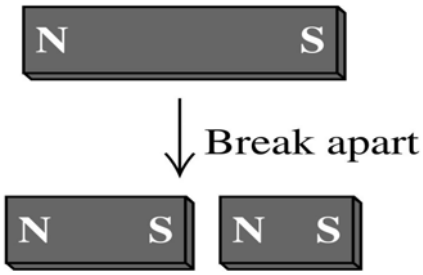


Figura 3.97 Imagen, inexistencia de monopolos magnéticos.

2. Líneas de campo magnético.

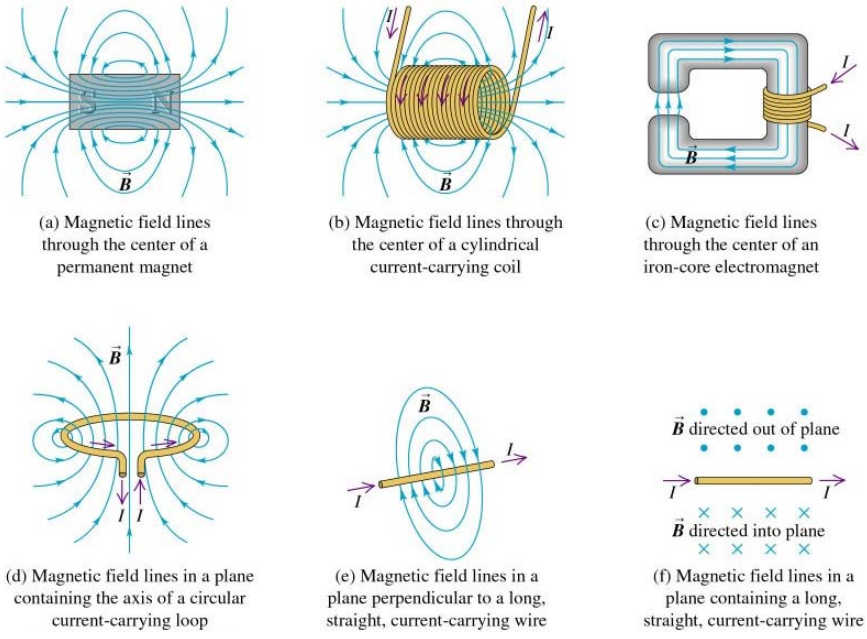


Figura 3.98 Imagen, líneas de campo magnético.

- *Ley de Ampere.*

Archivo de texto incorporado en el mapa conceptual: Biografía de André Marie Ampere.

Imagen incorporada en el mapa conceptual: Ley de Ampere.

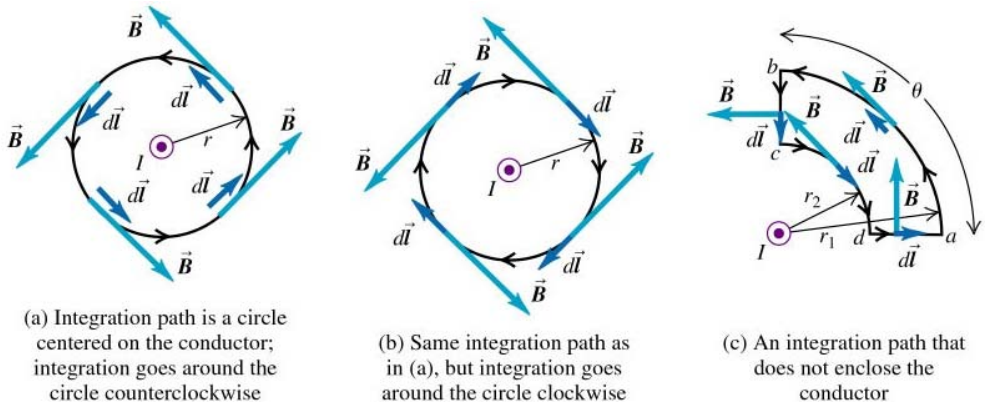


Figura 3.99 Imagen, ley de Ampere.

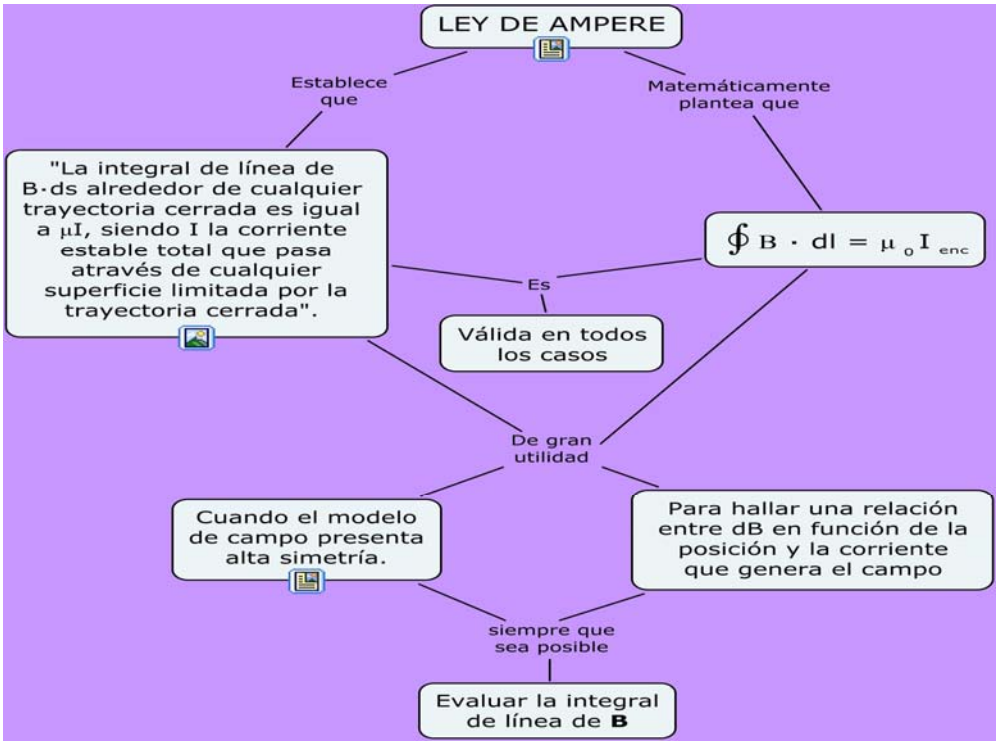


Figura 3.100 Mapa conceptual sobre la ley de Ampere.

Fislets incorporados en el mapa conceptual:

1. Ley de Ampere. Campo magnético producido por una corriente rectilínea.

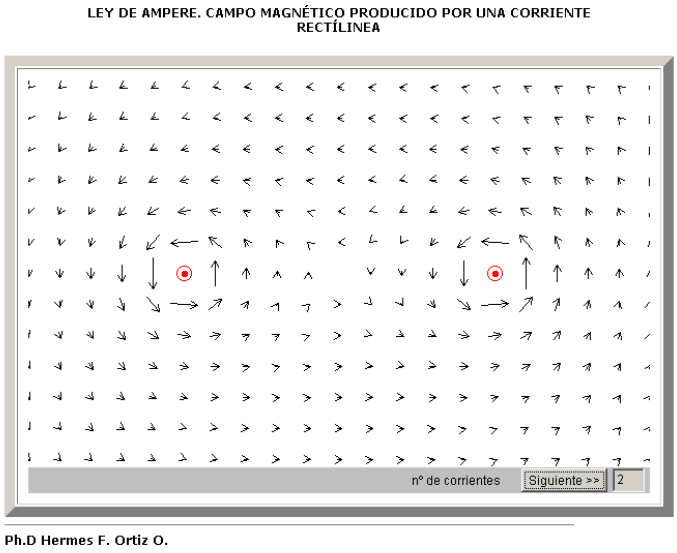


Figura 3.101 Fislet, ley de Ampere. Campo magnético producido por una corriente rectilínea.

En el anterior fislet se representa mediante flechas el campo magnético producido por una corriente rectilínea indefinida, perpendicular al plano de la hoja y dirigida hacia el lector. Pulsando en el botón **Siguiente**, se representa el campo magnético producido por dos, tres, cuatro, etc, corrientes rectilíneas indefinidas situadas sobre la superficie lateral y paralelas al eje de un cilindro de radio *a*. Cuando el número de corrientes equidistantes es grande, se anula el campo magnético en el interior, (para $r<a$), en el exterior el campo magnético es tangente a circunferencias concéntricas de radio $r>a$.

2. Ley de Ampere. Campo magnético producido por un solenoide.

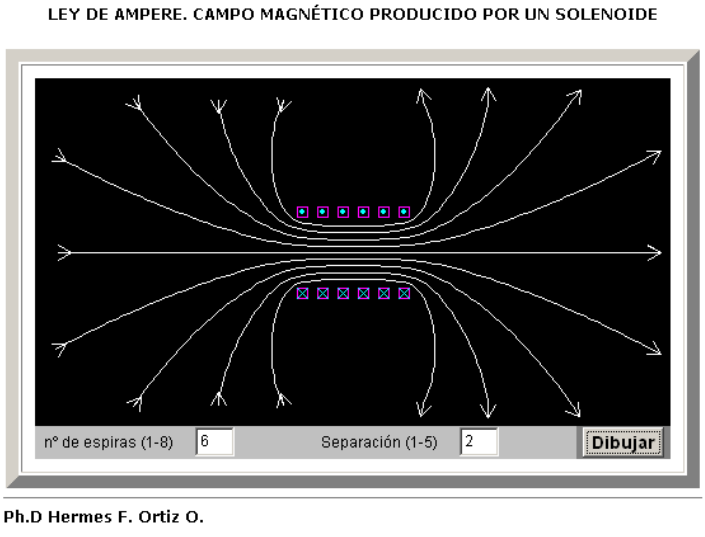


Figura 3.102 Fislet, ley de Ampere. Campo magnético producido por un solenoide.

En este fislet podemos ver el mapa de las líneas del campo magnético de: Una espira circular. Dos espiras, esta disposición simula las denominadas bobinas de Helmholtz, utilizadas en el laboratorio para producir campos magnéticos aproximadamente uniformes en la región entre las dos bobinas. Muchas espiras iguales y equidistantes, que simula el solenoide.

Es posible variar el número de espiras N en el control de edición **nº de espiras**, y la separación entre las mismas, en el control de edición **Separación**.

- *Ley de Faraday.*

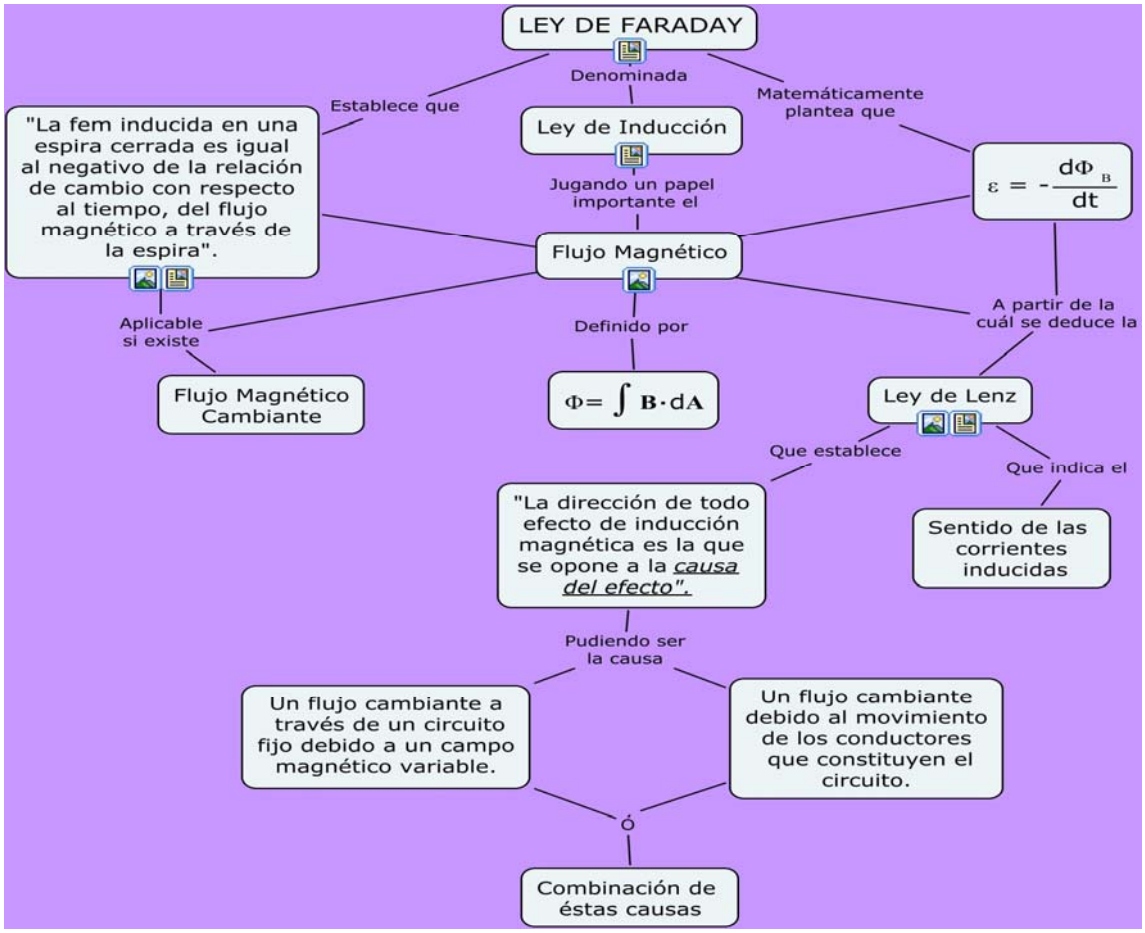


Figura 3.103 Mapa conceptual sobre la Ley de Faraday.

Archivos de texto incorporados en el mapa conceptual: Biografías de Michael Faraday y Heinrich Lenz.

Imágenes incorporadas en el mapa conceptual:

1. Ley de Faraday.

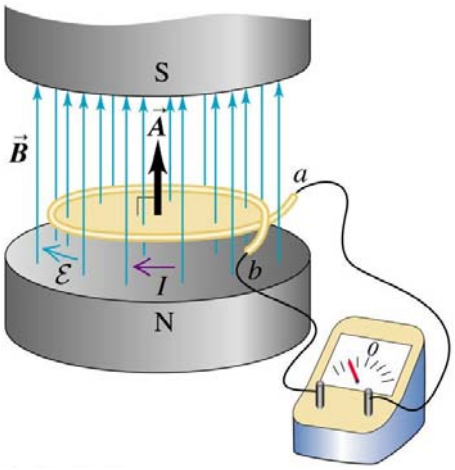


Figura 3.104 Imagen, Ley de Faraday.

2. Flujo magnético.

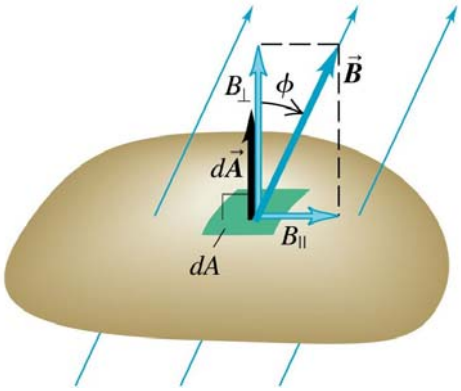


Figura 3.105 Imagen, flujo magnético.

3. Ley de Lenz.

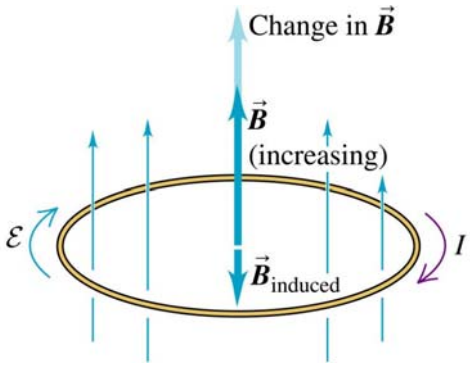


Figura 3.106 Imagen, Ley de Lenz.

Fislets incorporados en el mapa conceptual:

1. Ley de Faraday. Espira de corriente en un campo magnético variable.

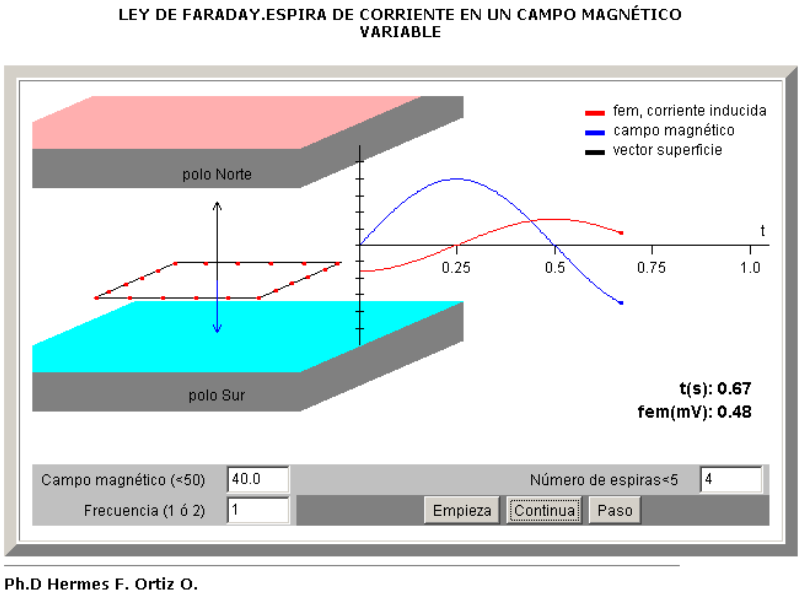


Figura 3.107 Fislet, Espira de corriente en un campo magnético variable.

Podemos introducir en el fislet las siguientes variables: La amplitud del campo magnético B_0, en el control de edición **Campo magnético**. La frecuencia *f*, en el control de edición **Frecuencia**. Y el número de espiras *N*, en el control de edición **Número de espiras**. El área de la espira se ha fijado en el programa interactivo, es un cuadrado de *a*=10 cm de lado.

Pulsando el botón **Empieza**, a la izquierda del fislet observamos las piezas polares del electroimán. En el primer semiperiodo el polo Norte está abajo y el polo Sur arriba, cuando transcurre medio periodo se invierte la polaridad. La corriente inducida, se representa mediante el movimiento de unos puntos rojos (cargas positivas) sobre las espiras. Se representa en color negro, el vector superficie **S**, que es proporcional al número de espiras *N*, y en color azul el vector campo **B**, cuyo módulo y sentido va cambiando con el tiempo.

En la parte derecha del fislet, se representa en el mismo sistema de ejes: En color azul, el campo magnético en función del tiempo. En color rojo, la fem en las espiras.

2. Comprobación de la Ley de Inducción de Faraday.

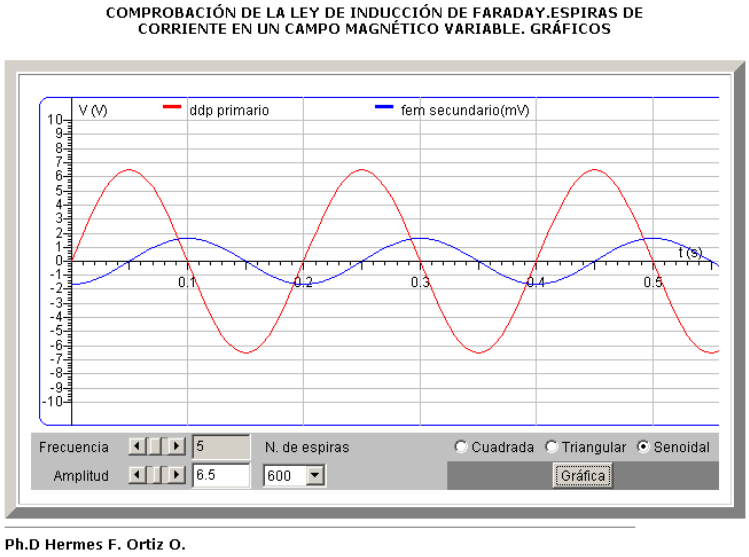


Figura 3.108 Fislet, comprobación de la Ley de Inducción de Faraday. Gráficos.

Podemos variar en el fislet anterior, las siguientes variables: La frecuencia, entre 3 y 10 unidades, actuando sobre la barra de desplazamiento **Frecuencia**. La amplitud, actuando sobre la barra de desplazamiento o introduciendo un valor entre 3.5 y 10 unidades en el control de edición **Amplitud**. El número de espiras, 300, 600, 900 y 1200 espiras, con el botón **N. espiras**. Y, la forma de la señal activando uno de los botones **Cuadrada**, **Triangular** o **Senoidal**.

Al pulsar el botón **Gráfica**, observamos la representación, en color rojo, de la diferencia de potencial producida por el generador, y en color azul, de la fem en el secundario.

3. La cubeta de Faraday.

El proceso de transferencia de carga de un conductor a otro mediante contacto "interno" fue estudiado por Faraday, utilizando como conductor hueco el recipiente metálico donde guardaba el hielo que empleaba en el laboratorio.

El fislet simula la cubeta de Faraday, un recipiente hueco que tiene una apertura en la parte superior.

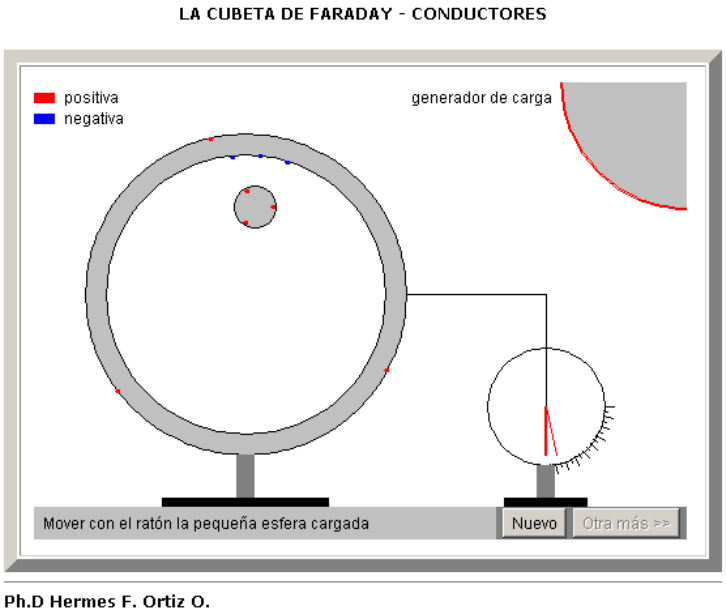


Figura 3.109 Fislet, la cubeta de Faraday.

En este fislet se comienza pulsando el botón **Nuevo**. Con el puntero del ratón cogemos una bola que ha sido cargada (positivamente o en color rojo) poniéndola en contacto con un generador electrostático. Un electroscopio conectado a la superficie exterior de la cubeta nos señala la presencia de carga mediante la desviación de su lámina metálica. Introducimos la bola por el orificio situado en la parte superior del conductor hueco inicialmente descargado. En el momento en que introducimos la carga, se muestra las cargas inducidas en la superficie interior de la cubeta de signo contrario (negativas o de color azul) y a su vez aparecen en la pared exterior de la cubeta un número igual de cargas positivas (en color rojo). El electroscopio detecta la presencia de carga desviándose ligeramente su lámina metálica indicadora.

Si repetimos varias veces el mismo procedimiento, con el botón **Otra más**, vamos observando cómo se va cargando la cubeta, y cómo se desvía un ángulo cada vez mayor la lámina metálica del electroscopio que nos indica la cantidad de carga acumulada.

- *Aplicaciones. Leyes de Faraday y de Lenz.*

Figura 3.110 Mapa conceptual sobre aplicaciones de las leyes de Faraday y de Lenz.

Fislets incorporados en el mapa conceptual:

1. El betatrón. Acelerador de partículas.

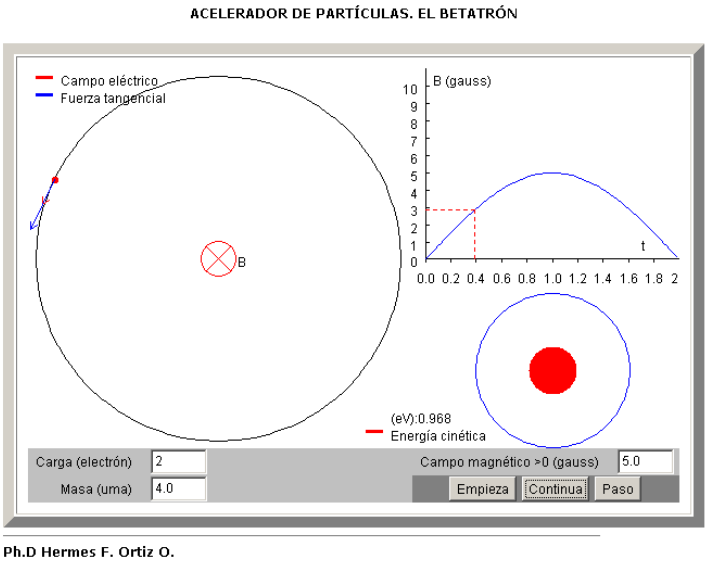


Figura 3.111 Fislet, El Betatrón. Acelerador de partículas.

El fislet nos muestra los principios físicos en los que se basa el funcionamiento de un betatrón. Se supone que el campo magnético tiene simetría axial y que la variación del campo magnético con la distancia radial *r* es tal que se cumple la

condición para que las partículas cargadas describan una órbita circular de radio *r*. Se supone también, que el campo magnético apunta perpendicularmente hacia el plano de la página y hacia dentro. Su módulo varía con el tiempo, de modo que su periodo es 4 unidades de tiempo. Las partículas cargadas son aceleradas durante una unidad de tiempo. Vemos que el campo **E**, es tangente a la circunferencia de radio *r*, y tiene el mismo valor en todos sus puntos.

Se puede verificar, aplicando la ley de Lenz, el sentido del campo **E**, cuando el campo magnético **B** aumenta y cuando **B** disminuye. El sentido de la fuerza sobre la partícula cargada depende de su signo. Las partículas cargadas con carga positiva se aceleran en el sentido del campo, y las negativas en sentido contrario al campo. La energía máxima se obtiene cuando el campo magnético se hace máximo.

2. Caída de una varilla conductora en un campo magnético.

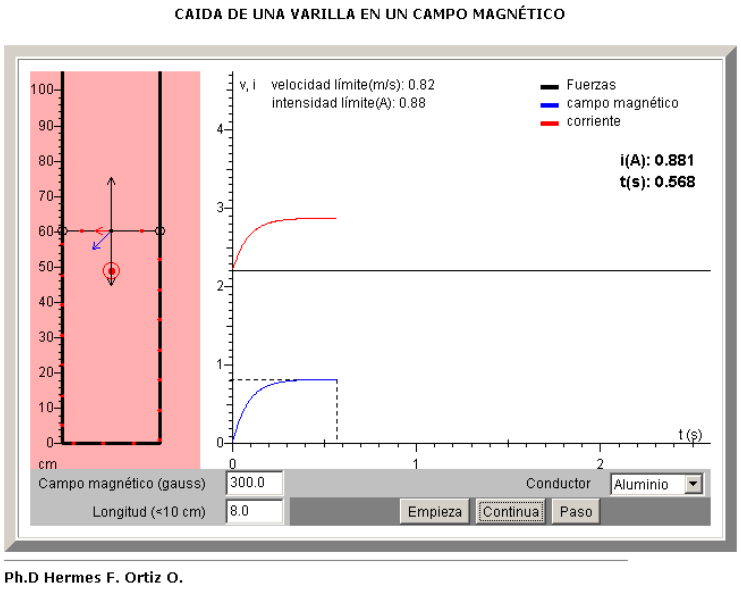


Figura 3.112 Fislet, caída de una varilla conductora en un campo magnético.

Con este fislet podemos resolver, de manera interactiva, el interesante problema de la caída de una varilla conductora dentro de un campo magnético.

Introducimos las siguientes variables físicas: El **campo magnético** (en gauss), que puede ser un número positivo (el campo magnético apunta hacia el lector),

o negativo (el campo magnético apunta hacia dentro). La **longitud de la varilla** (en cm), un número menor que 10. La sección de la varilla se ha fijado en 1.0 mm^2. Y finalmente, podemos elegir el **material** del que está hecho la varilla: aluminio, cobre, hierro, plomo, wolframio.

En la parte derecha del fislet, se representa: En color azul, la velocidad de la varilla en función del tiempo. En color rojo, la intensidad de la corriente inducida en función del tiempo.

3. Varilla conductora en movimiento en un campo magnético.

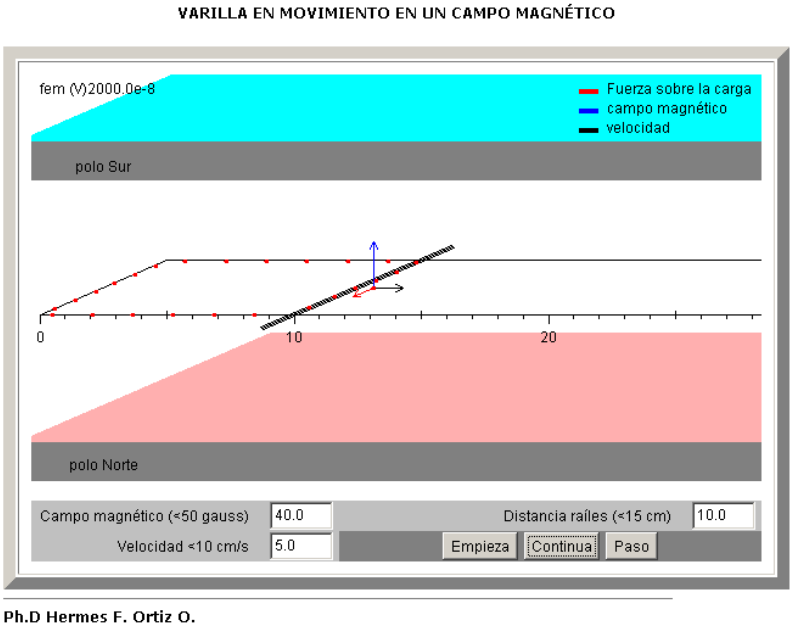


Figura 3.113 Fislet, varilla conductora en movimiento en un campo magnético.

Con este fislet podemos resolver, de manera interactiva, otro problema interesante. El del movimiento de una varilla conductora dentro de un campo magnético.

El fislet describe el movimiento de una varilla que desliza sin rozamiento sobre dos guías paralelas. El sistema formado por la varilla y las guías está contenido en un plano paralelo a los polos de un imán.

La corriente inducida se representa mediante el movimiento de pequeños círculos de color rojo (portadores de carga positivos). También se representa la

fuerza sobre un portador de carga positivo mediante una flecha de color rojo. La velocidad se representa mediante una flecha de color negro, y el campo mediante una flecha de color azul.

Debemos Introducir las siguientes variables físicas: El **campo magnético** en gauss. Inicialmente el campo magnético apunta en la dirección vertical, hacia arriba. Si introducimos un valor negativo, se cambia la polaridad de los imanes y el campo magnético apunta hacia abajo. La **velocidad de la varilla** en cm/s, esta puede ser positiva o negativa. Si es positivo la varilla se mueve de izquierda a derecha y si es negativo se mueve de derecha a izquierda. Y, la **distancia entre las guías** en cm (Un número menor que 15).

3.4.8 Circuitos de corriente alterna.

- *La Inductancia.*

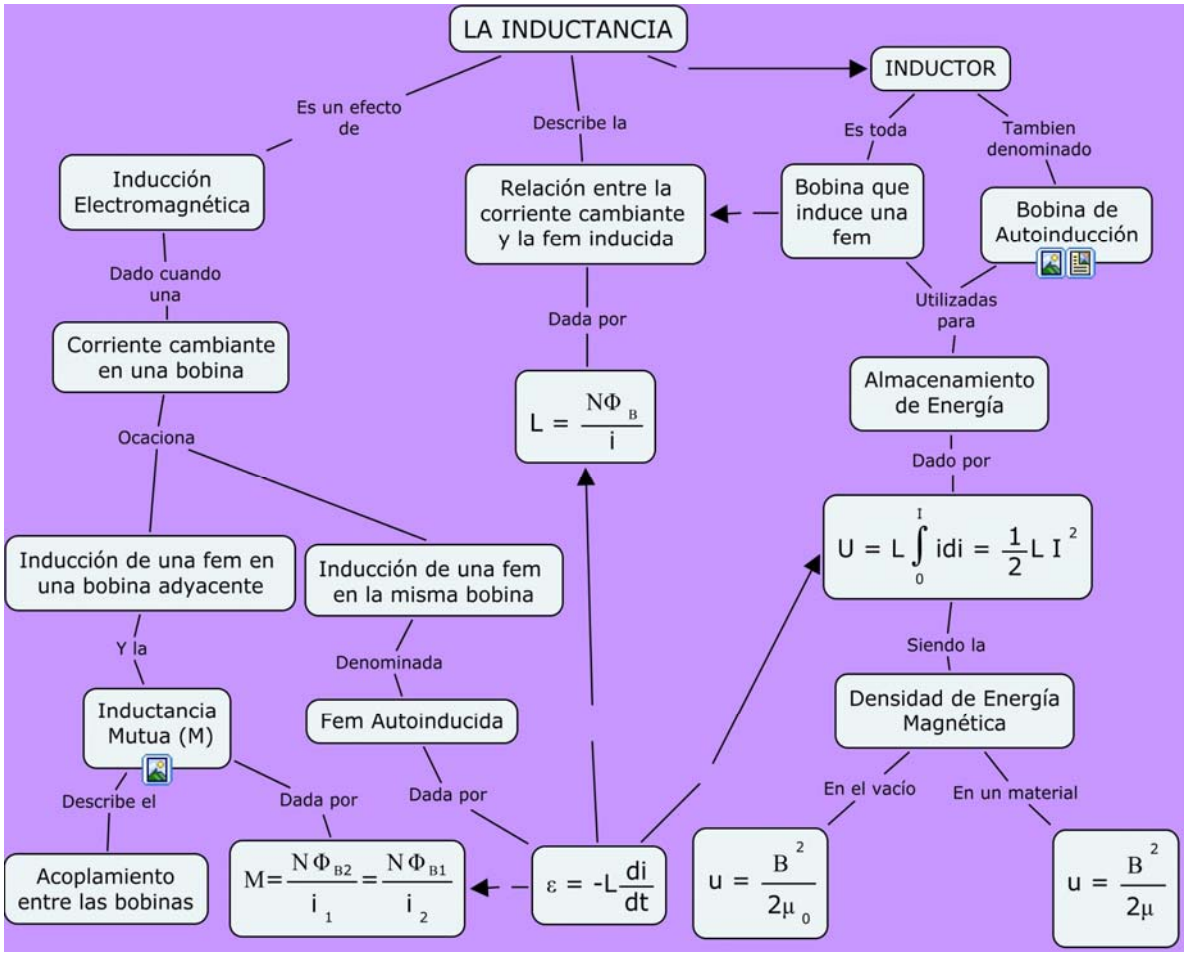


Figura 3.114 Mapa conceptual sobre la inductancia.

Archivo de texto incorporado en el mapa conceptual: Biografía de Hermann Von Helmholtz.

Imágenes incorporadas en el mapa conceptual:

1. Auto inductancia.

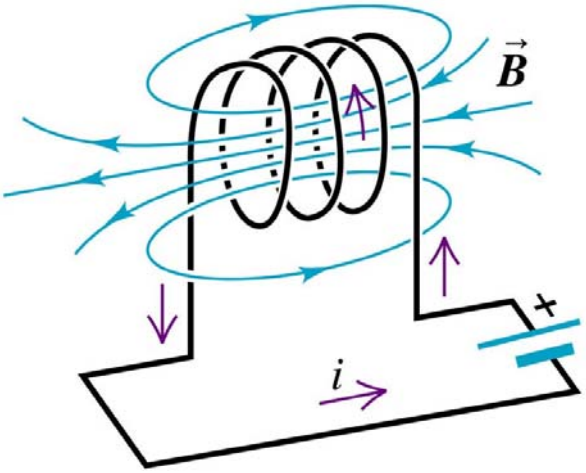


Figura 3.115 Imagen, auto inductancia.

2. Inductancia mutua.

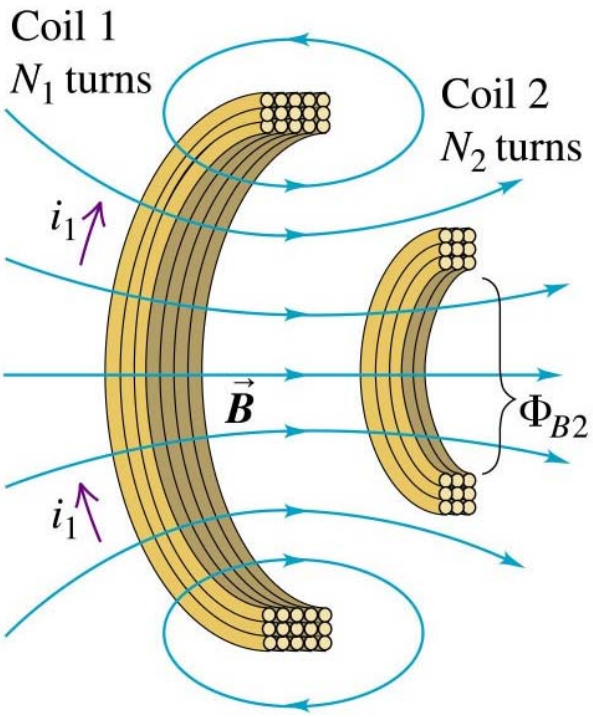


Figura 3.116 Imagen, inductancia mutua.

Fislet incorporado en el mapa conceptual:

Autoinducción de un anillo.

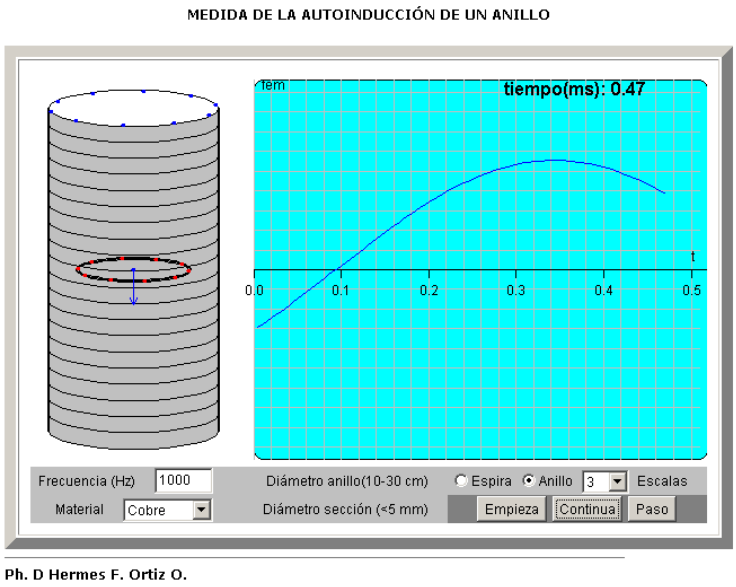


Figura 3.117 Fislet, medición de la autoinducción de un anillo.

Se introducen las siguientes variables: El diámetro *D* del anillo circular en cm, en el control de edición **Diámetro anillo**. El diámetro *d* de la sección trasversal circular del anillo en mm, en el control de edición **Diámetro sección**. El material del que está hecho el anillo, en el control de selección **Material**. Y, la frecuencia *f* en Hz producida por el generador de señales, en el control de edición **Frecuencia**. Se activa el botón de radio **Espira** y finalmente, se pulsa el botón **Empieza**.

En la parte izquierda del fislet se representa el solenoide y la espira (en trazo fino). El movimiento de los puntos de color azul, representan la corriente en el solenoide (primario). El movimiento de los puntos de color rojo, representan la corriente inducida en la espira (secundario). Una flecha en el centro de la espira señala la intensidad y el sentido del campo magnético.

En la parte derecha del fislet se representa la fem en la espira en función del tiempo. Cuando se acaba la representación gráfica, se anota la amplitud V_0 (espira) o V_{0a} (anillo) en unidades arbitrarias.

- *Circuitos con inductores.*

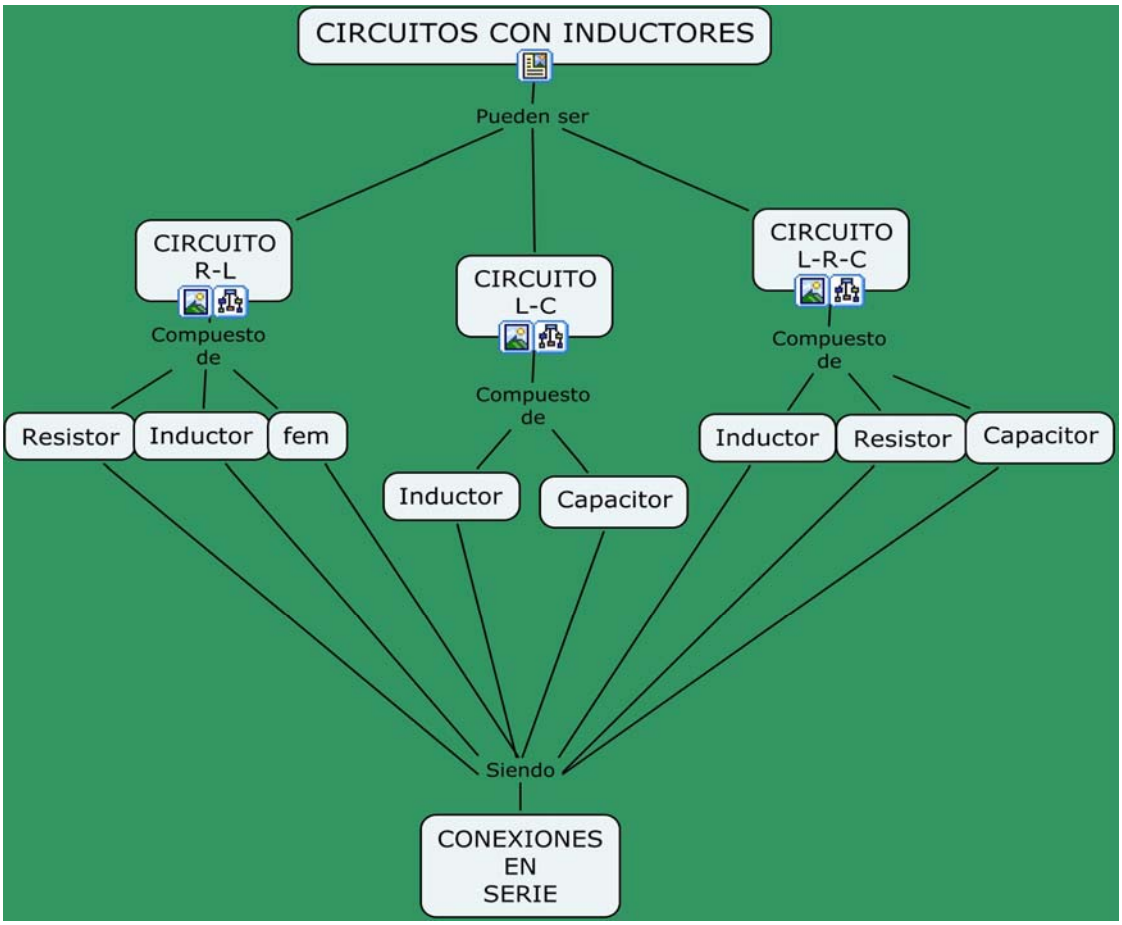


Figura 3.118 Mapa conceptual sobre los circuitos con inductores.

Mapas conceptuales enlazados con este mapa: Circuito RL. Circuito LC. Circuito LRC.

Imágenes incorporadas en el mapa conceptual:

1. Circuito RL.

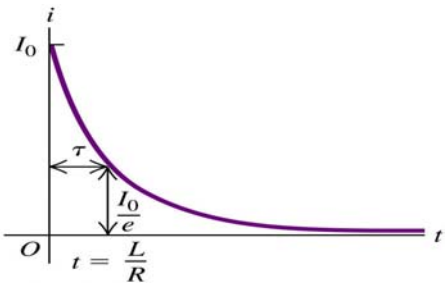


Figura 3.119 Circuito RL, decaimiento de la corriente.

2. Circuito LC.

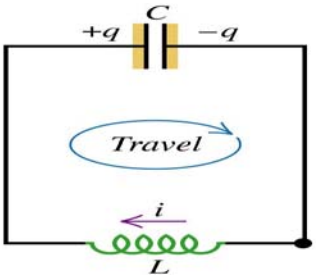


Figura 3.120 Circuito LC.

3. Circuito LRC en serie.

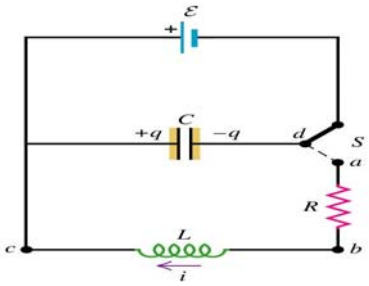


Figura 3.121 Circuito LRC en serie.

Fislet incorporado en el mapa conceptual:

Elementos de un circuito de corriente alterna.

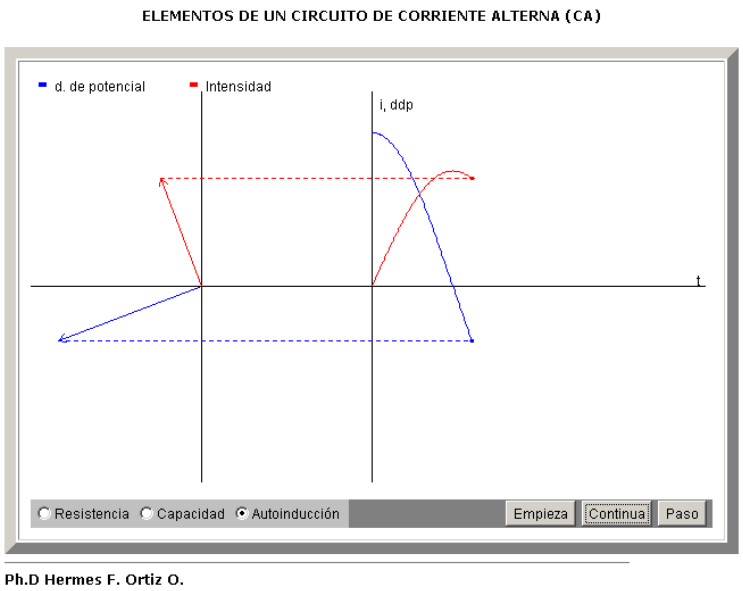


Figura 3.122 Fislet, elementos de un circuito de CA.

En el fislet se escoge un **elemento**: Resistencia. Condensador. Autoinducción

Al pulsar el botón **Empieza**, se observan los valores instantáneos de la corriente *i* y de la diferencia de potencial (ddp) *V* entre los extremos del elemento a medida que transcurre el tiempo.

Se puede observar también: A la izquierda, como proyecciones sobre el eje vertical de los vectores rotatorios que representan a la intensidad y la ddp. Y, a la derecha la representación gráfica de los valores de la intensidad y de la ddp en función del tiempo.

- *Circuito LR.*

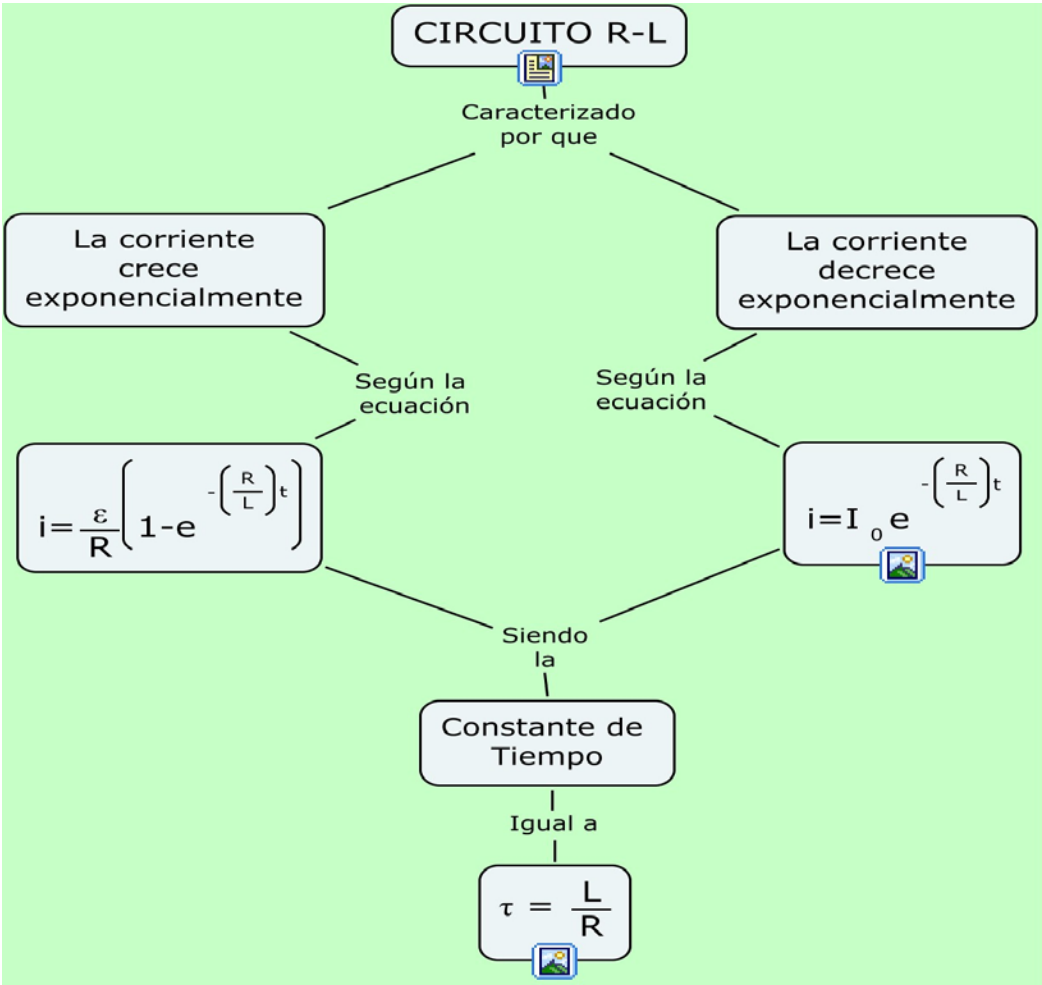


Figura 3.123 Mapa conceptual sobre los circuitos LR.

Imagen incorporada en el mapa conceptual:

Circuito LR. Decaimiento de la corriente.

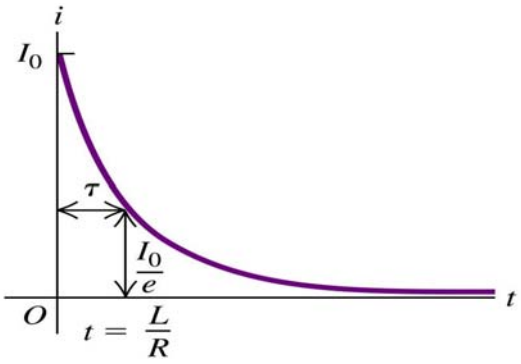


Figura 3.124 Circuito LR. Decaimiento de la corriente.

Fislet incorporado en el mapa conceptual:

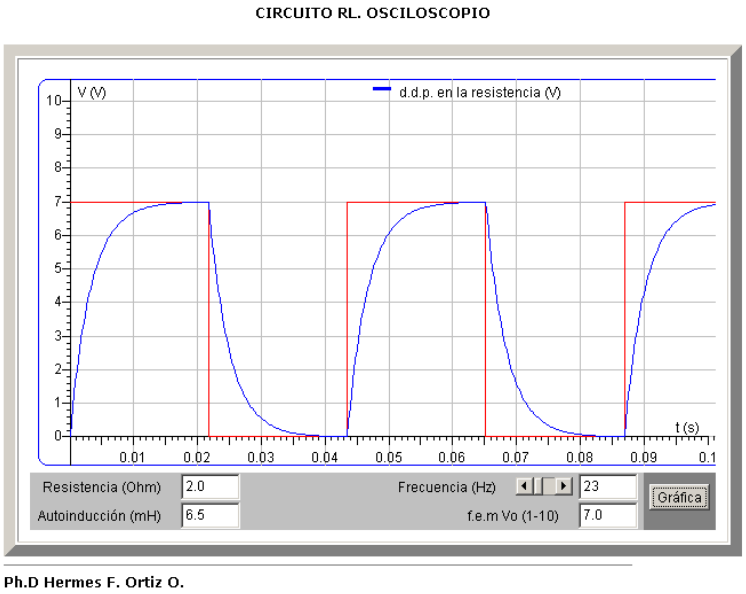


Figura3.125 Fislet, circuito LR. Osciloscopio.

Introduciendo una señal cuadrada en el circuito RL de este fislet, observamos el establecimiento y caída de una corriente en un circuito. Se representa conjuntamente la fem V_0 y la diferencia de potencial en los extremos de la resistencia $v_R=iR$ en la pantalla de un "osciloscopio".

Se deben introducir los siguientes datos: La **resistencia** *R* en W. La **autoinducción** *L* (en mH ó 10^{-3} H). La **fem** V_0, en voltios. Y, la **frecuencia** *f* en Hz de la señal cuadrada.

- *Circuito LC.*

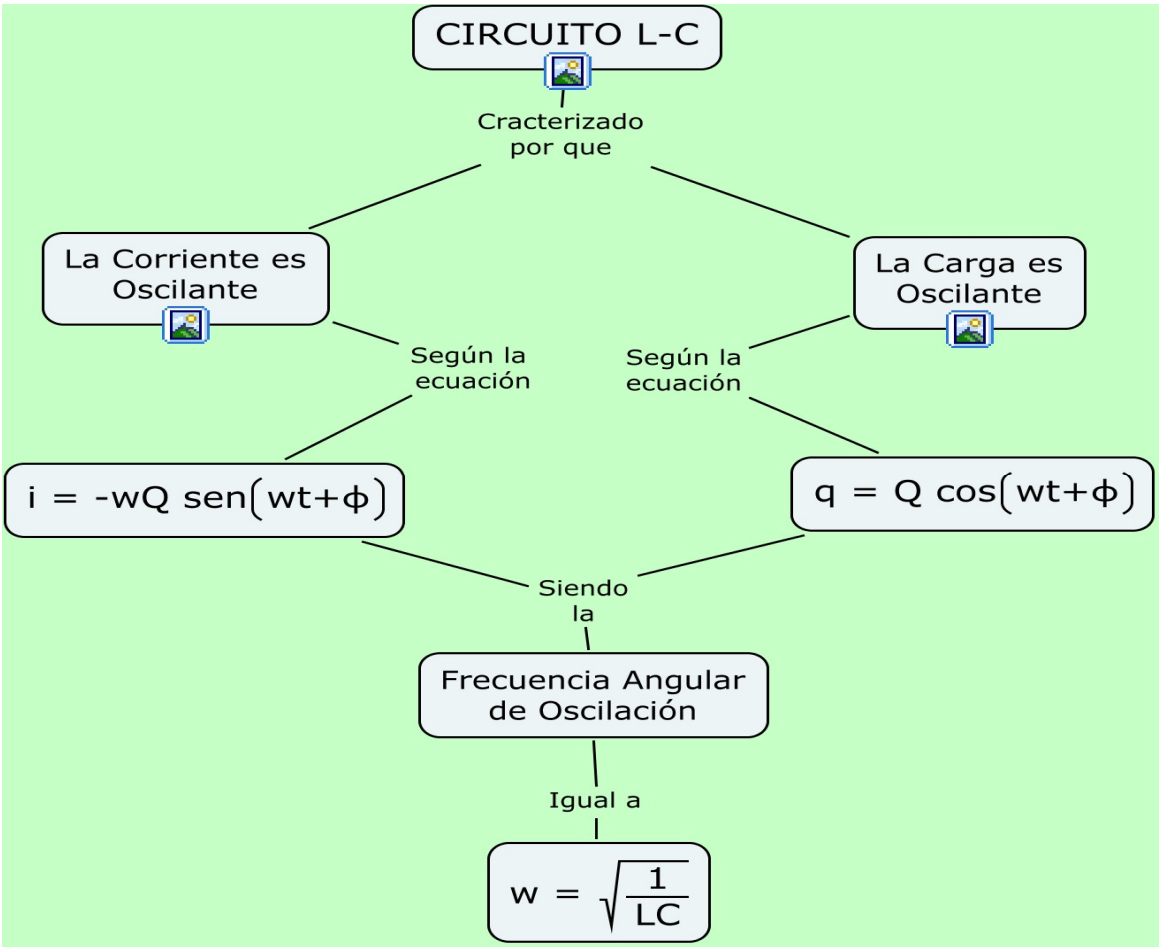


Figura 3.126 Mapa conceptual sobre los circuitos LC.

Imágenes incorporadas en el mapa conceptual:

1. Circuito LC.

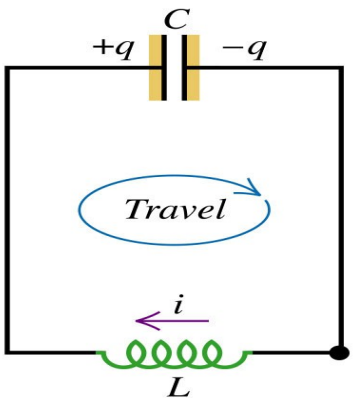


Figura 3.127 Circuito LC.

2. Circuito LC. Oscilación de la corriente y la carga.

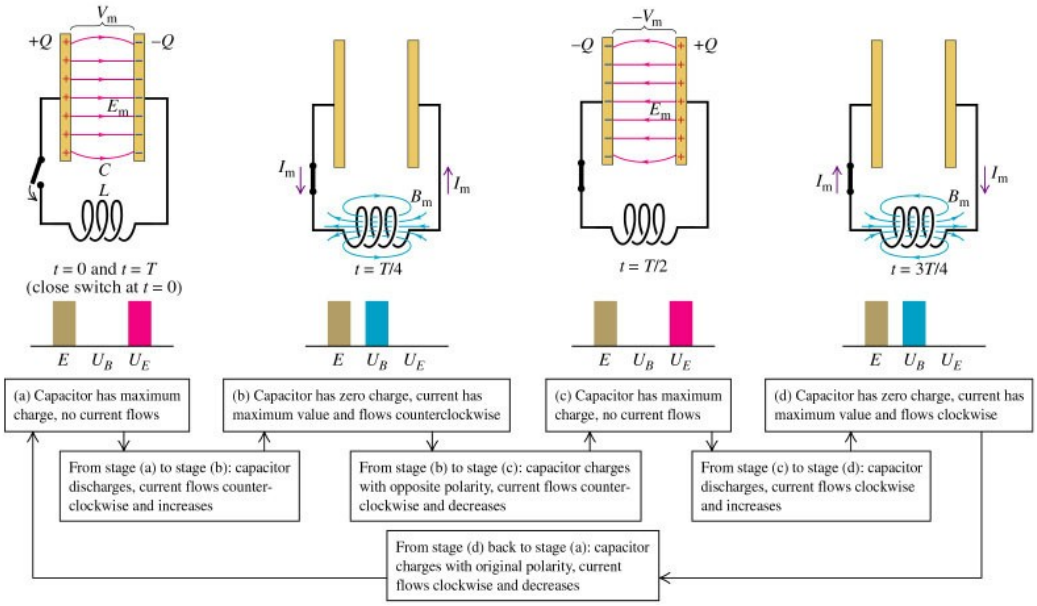


Figura 3.128 Imagen, circuito LC. Oscilación de la corriente y la carga.

- *Circuito LRC.*

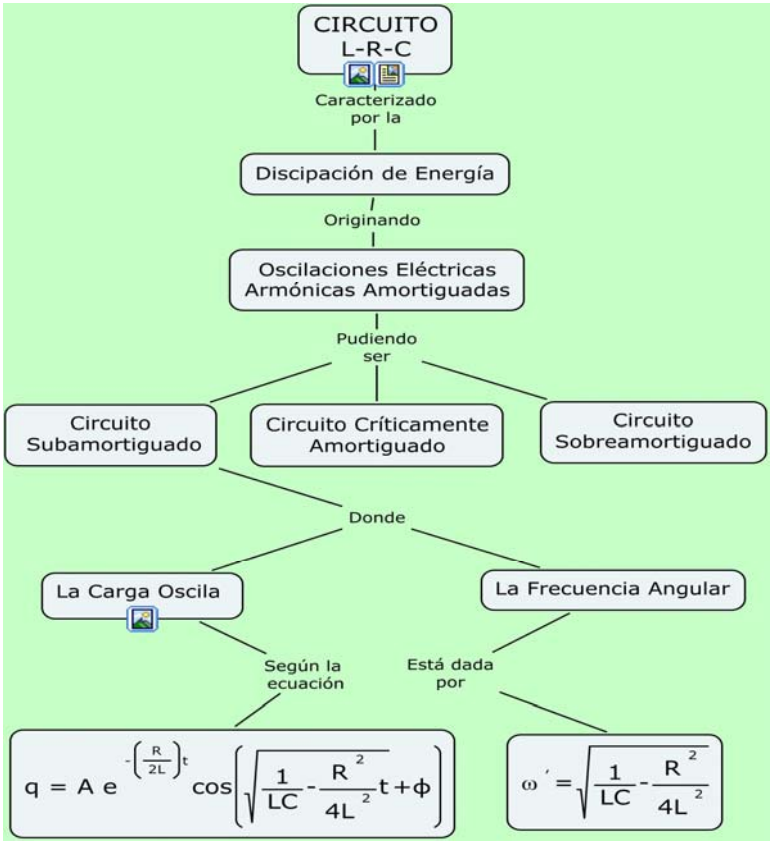


Figura 3.129 Mapa conceptual sobre los circuitos LRC.

Imágenes Incorporadas en el mapa conceptual:

1. Circuito LRC en serie.

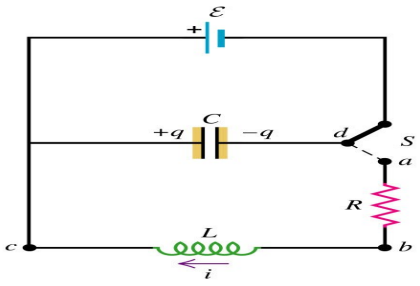


Figura 3.130 Circuito LRC en serie.

2. Circuito LRC. Descarga.

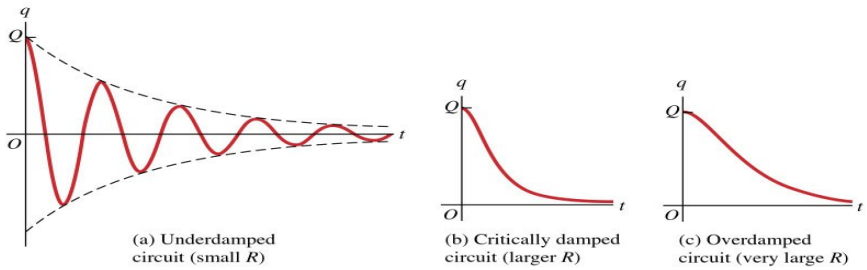


Figura 3.131 Circuito LRC. Descarga.

Fislets incorporados en el mapa conceptual:

1. Circuito LRC conectado a una batería.

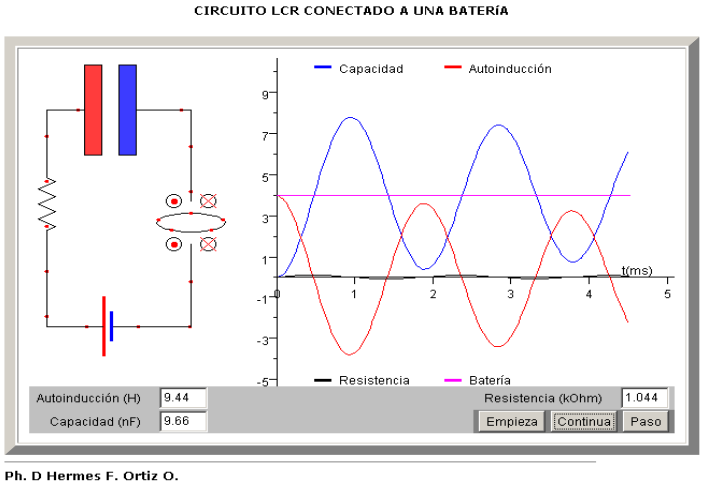


Figura 3.132 Fislet, circuito LRC conectado a una batería.

En el fislet se considera el siguiente circuito formado por un condensador de capacidad *C*, una resistencia *R*, una autoinducción *L* y una batería de fem V_0 sin resistencia interna.

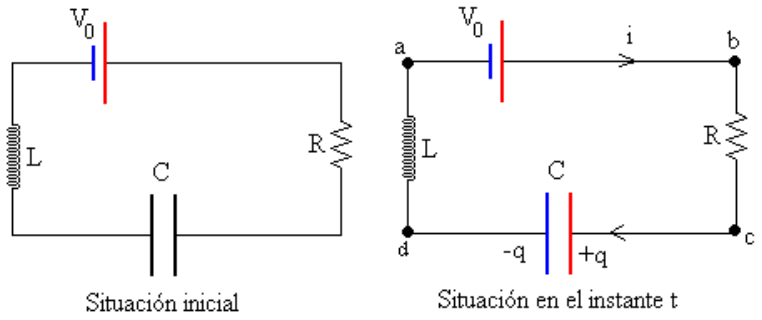


Figura 3.133 Circuito LRC en dos instantes.

Se introducen los valores de las siguientes magnitudes físicas: El coeficiente de autoinducción *L* en H, en el control del edición **Autoinducción**. La capacidad del condensador *C* en nF (10^{-9}), en el control de edición **Capacidad**. La resistencia *R* en kΩ (10^3), en el control de edición **Resistencia**. La fem de la batería se ha fijado en el programa en V_0=4 V.

Pulsando el botón **Empieza**, se representa la diferencia de potencial en los extremos de: La batería (se toma como valor positivo). En el condensador. En la autoinducción. En la resistencia. Observamos el estado transitorio y su evolución hacia el estado estacionario, cuando $t \to \infty$.

2. Circuito LRC en serie. Gráficos.

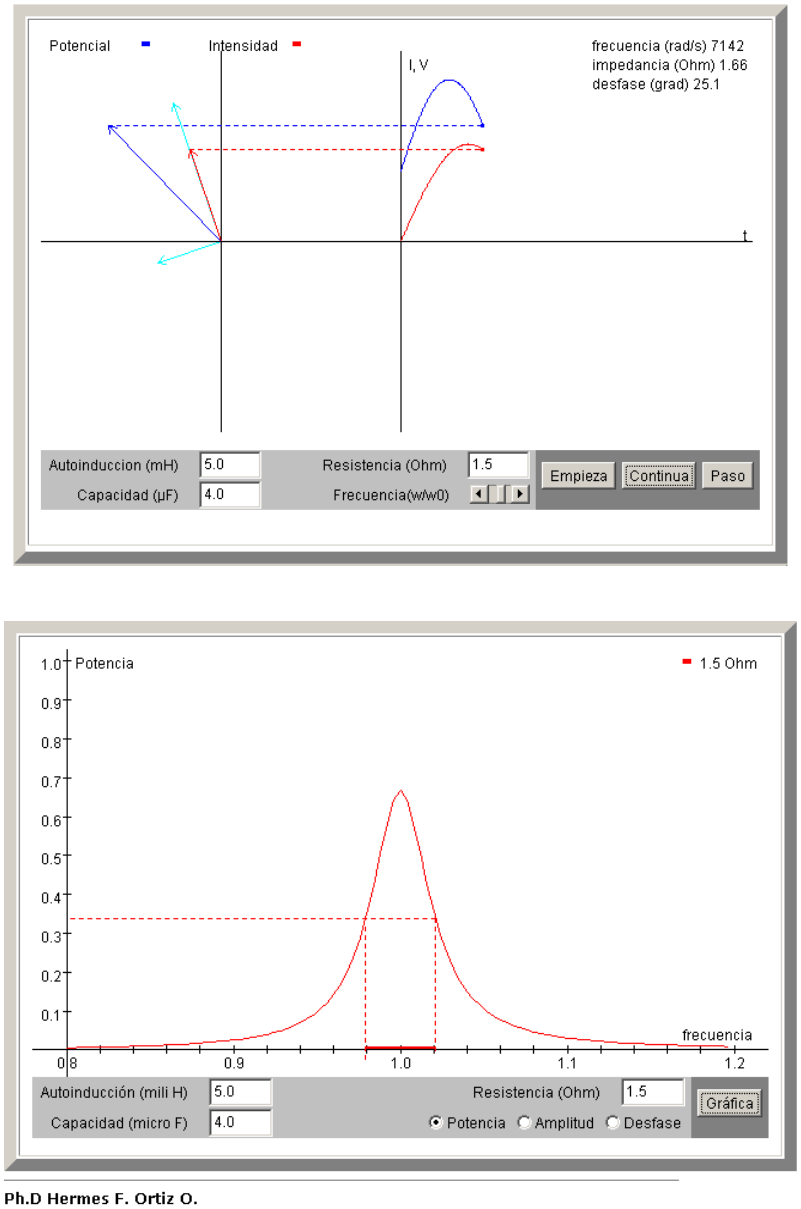


Figura 3.134 Fislet, circuito LRC en serie. Gráficos.

Con estos dos fislets podemos realizar un estudio gráfico interactivo del circuito LRC en serie.

En el primer fislet se introducen las siguientes variables: **Resistencia** en Ω. **Capacidad** en microfaradios (10^{-6} F). **Autoinducción** en mH (10^{-3} H). Y, el cociente w/w_0 entre la **frecuencia** w del generador y la frecuencia propia del circuito w_0.

Al pulsar el botón **Empieza**, se observan los valores instantáneos de la corriente i en el circuito LCR y de la diferencia de potencial (ddp) V del

generador a medida que transcurre el tiempo. A la izquierda, como proyecciones sobre el eje vertical de los vectores rotatorios que representan a la intensidad y la ddp. Y a la derecha, la representación gráfica de los valores de la intensidad y de la ddp en función del tiempo.

En el segundo fislet se introducen las siguientes variables: **Resistencia** en W. **Capacidad** en μF (10^{-6} F). **Autoinducción** en mH (10^{-3} H). Luego se escoge la magnitud que deseamos representar en función del cociente w/w_0: Potencia (*P*). Amplitud de la intensidad (I_0). Y, Desfase (*j*) entre la intensidad y la fem del generador.

En el caso ilustrado, podemos apreciar la representación de la potencia.

3.4.9 Ondas electromagnéticas.

- *Estudio de las ondas electromagnéticas.*

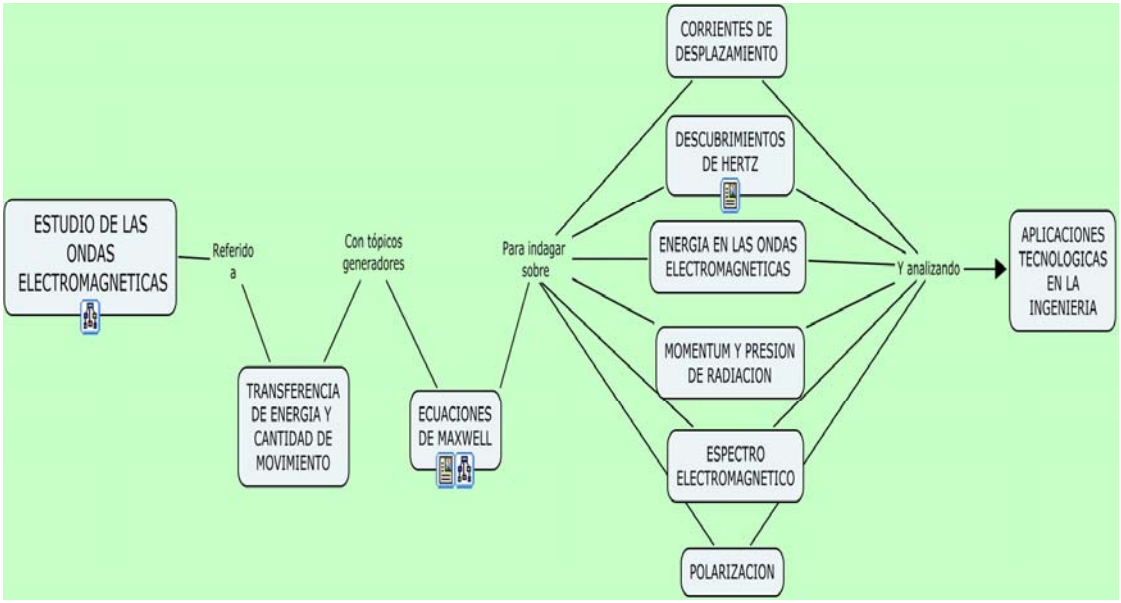


Figura 3.135 Mapa conceptual sobre el estudio de las ondas electromagnéticas.

Mapas conceptuales enlazados con este mapa: Ondas electromagnéticas. Ecuaciones de Maxwell.

Archivos de texto incorporados en el mapa conceptual: Biografías de James Clerk Maxwell y Heinrich Rudolf Hertz.

- *Ondas electromagnéticas.*

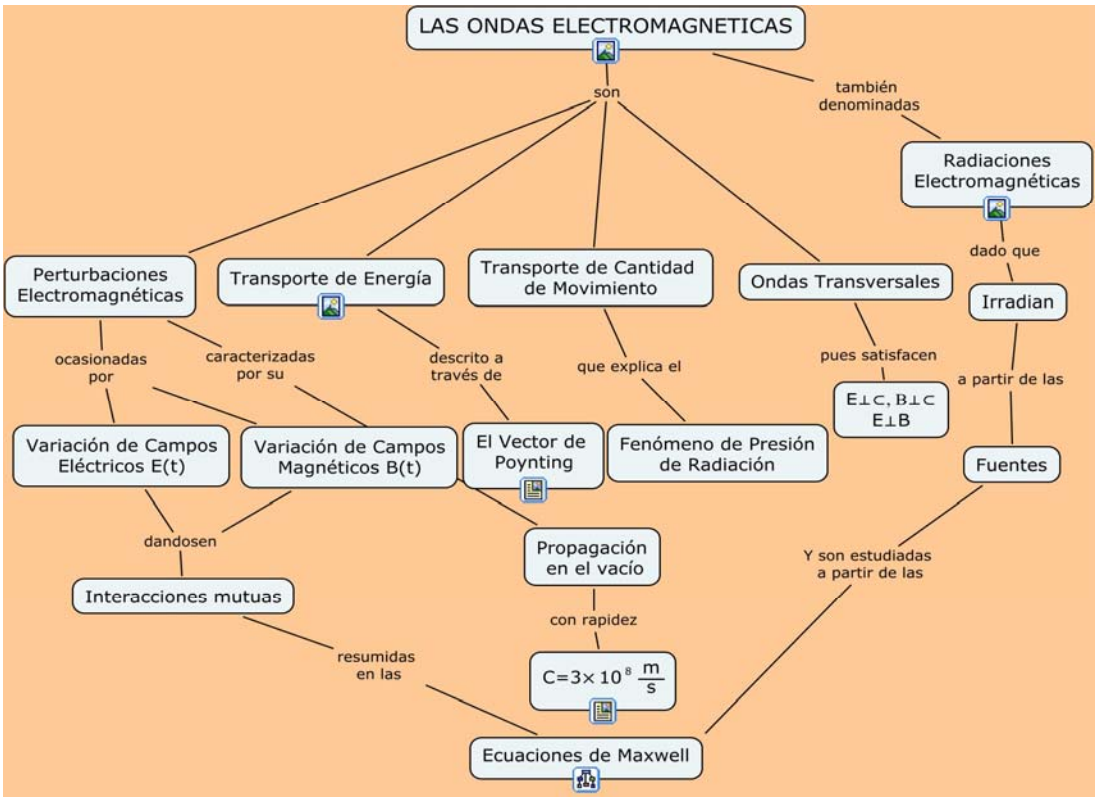


Figura 3.136 Mapa conceptual sobre las ondas electromagnéticas.

Mapa conceptual enlazado con este mapa: Ecuaciones de Maxwell.

Archivo de texto incorporado en el mapa conceptual: Biografía de John Henry Poyntig.

Imágenes incorporadas en el mapa conceptual:

1. Onda electromagnética.

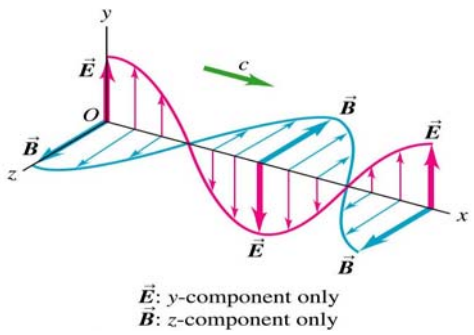


Figura 3.137 Onda electromagnética.

2. Espectro electromagnético.

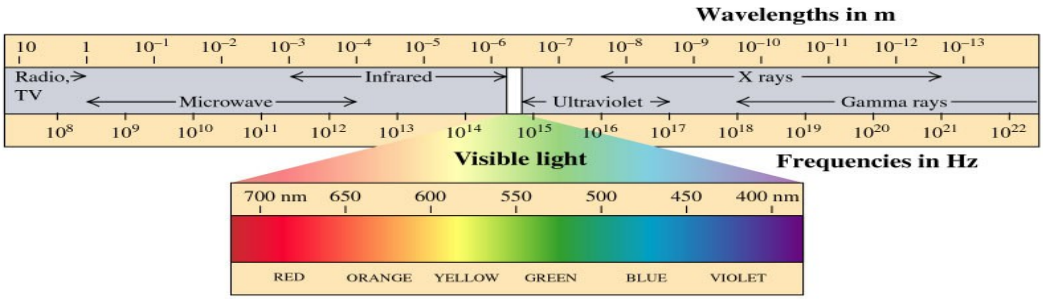


Figura 3.138 Imagen, espectro electromagnético.

3. Onda electromagnética. Transporte de energía.

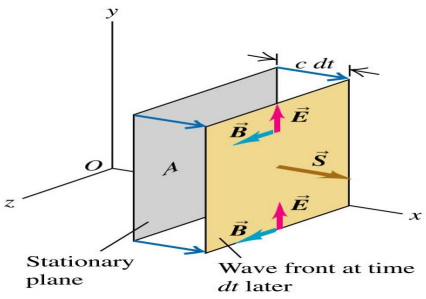


Figura 3.139 Onda electromagnética, transporte de energía.

Fislet incorporado en el mapa conceptual:

Velocidad de la luz.

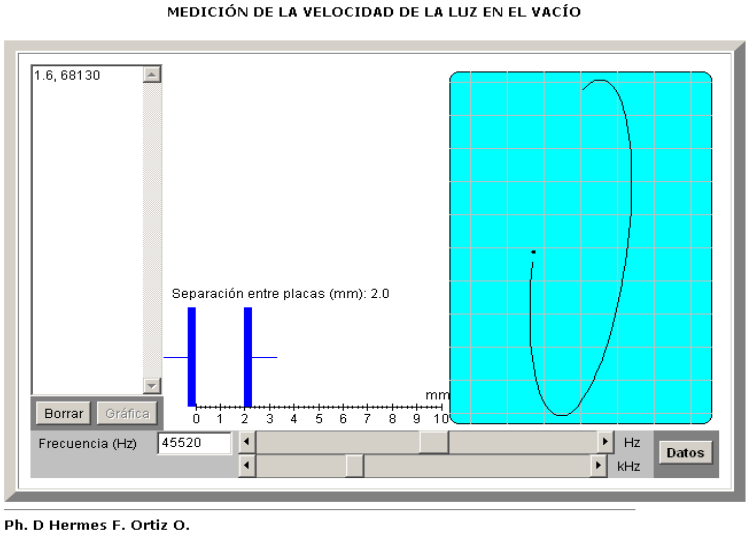


Figura 3.140 Fislet, medición de la velocidad de la luz.

Con este fislet podemos medir la velocidad de la luz. En el control área de texto situado a la izquierda del fislet se recogen los pares de datos. Una vez que se han recogido suficiente número de pares de datos, elegimos la separación entre las placas del condensador, d y la frecuencia de resonancia, w_0. Cuando se tienen suficientes datos, se pulsa el botón **Gráfica**. Se representa: En el eje Y, la inversa del cuadrado de la frecuencia de resonancia. Y, en el eje X, la inversa de la distancia de separación entre las placas.

Se traza la recta que mejor ajusta a los datos "experimentales" y se calcula su pendiente. A partir del valor de dicha pendiente y de los datos del circuito, se determina la velocidad de la luz.

3.5 Muestra de mapas conceptuales elaborados por los estudiantes.

A continuación se exponen unos pocos mapas conceptuales dinámicos, elaborados por los estudiantes, como evidencia de los resultados positivos de la aplicación de esta estrategia metodológica, llevada a cabo en la Universidad Católica de Colombia con la finalidad de potenciar la comprensión del Electromagnetismo en los programas de Ingeniería.

La Valoración Continua jugó un papel relevante en el proceso de elaboración de los mapas por los estudiantes. Fueron necesarias varias revisiones de los borradores por parte del docente, donde los estudiantes obtenían sugerencias y recomendaciones…retroalimentación, hasta obtener el visto bueno. Una vez obtenido el visto bueno del docente, los estudiantes procedieron a su diseño y construcción con el Cmap Tools, programa que aprendieron a manejar bien, a tal punto que muchos de ellos lo incorporaron como herramienta de trabajo en otras materias de su programa académico e incluso en las empresas donde laboran.

La mayor dificultad que encontraron los estudiantes, fue la incorporación de los fislets en los mapas, aspecto que finalmente fue superado.

Finalmente, los estudiantes expusieron sus mapas a sus compañeros en sala de audiovisuales, atentos a las críticas constructivas para mejorarlos.

3.5.1 Mapa 1: El experimento de Millikan.

Autor: Juan Carlos Mejía.

Código: 623145

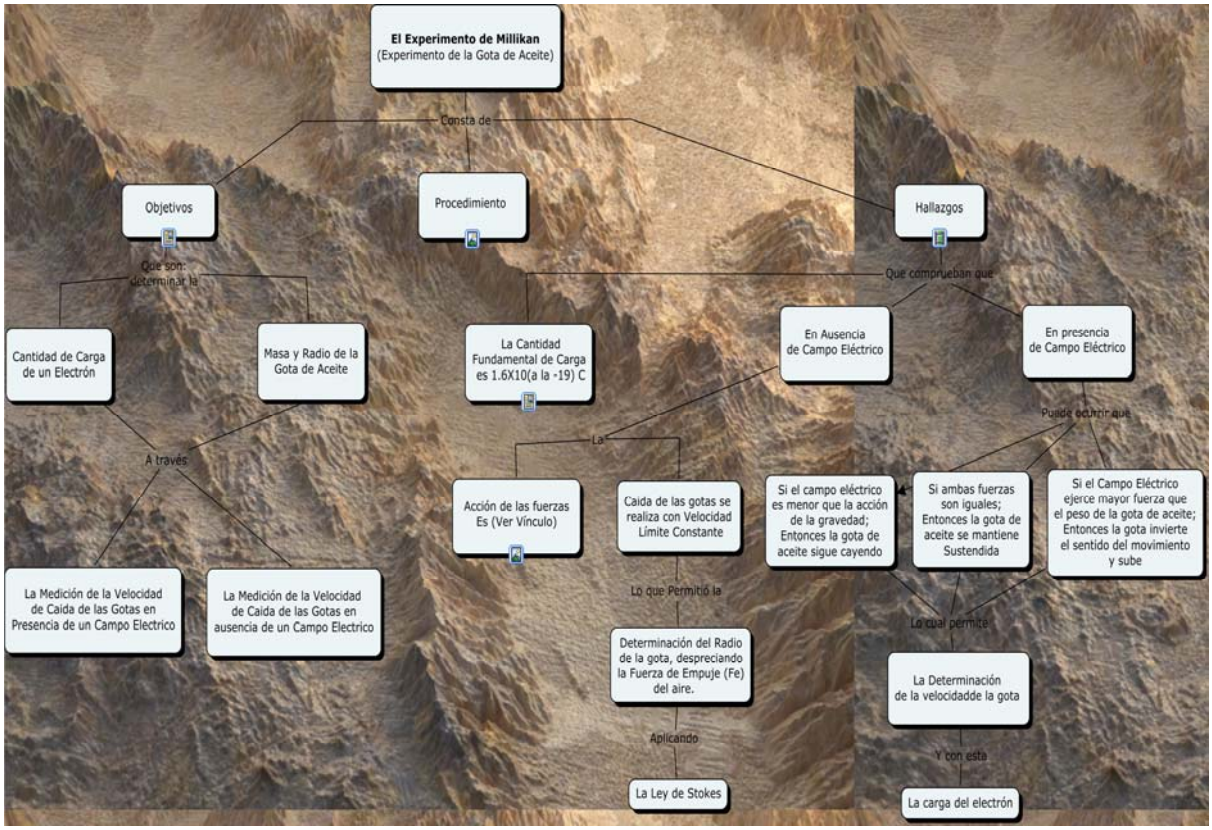


Figura 3.141 Mapa conceptual sobre el Experimento de Millikan.

Archivos, con imágenes y texto, incorporados en el mapa conceptual:

EXPERIMENTO

VENTUS Ciencia Experimental

EXPERIMENTO DE MILLIKAN 10805

Para el estudio de partículas cargadas moviéndose en un campo eléctrico. También se puede observar el movimiento browniano. El instrumento está diseñado para requerir un mínimo de preparación antes de realizar el experimento. Las pequeñas partículas de látex se ven con facilidad y las medidas se realizan con comodidad.
La unidad viene completa con un objetivo telescópico y una retícula graduada para poder enfocar en el interior de la celda de plástico por cualquiera de sus dos ventanas. Dicha celda tiene unas placas de condensador para poder aplicar un campo eléctrico. Una pequeña cantidad de solución de látex es atomizada y pasada por un tubo de goma de látex que induce una carga estática. Las partículas pasan a través de una aguja hipodérmica al interior de la celda en la que hay focalizado un haz de luz intenso en su parte central. Las partículas presentes en el plano focal cerca del centro de la celda reflejan la luz siendo así vistas a través del telescopio como pequeños puntos brillantes. El diámetro de las partículas de látex es de aproximadamente 1 micra de diámetro y recogen una o más unidades de carga según pasan a través del tubo de goma de látex hacia la celda.
Según se incrementa el voltaje entre las placas, las partículas se mueven hacia la placa de voltaje opuesto a la carga de la partícula. Cuando se invierte la polaridad de las placas, las partículas se mueven en dirección opuesta. Con el uso de un cronómetro se mide el tiempo de tránsito de las partículas en ambos sentidos y mediante cálculos teóricos se determina la carga de la partícula (múltiplos de la carga elemental del electrón). El aparato tiene un regulador para variar el voltaje aplicado a las placas del condensador, conmutador para cambiar la polaridad del campo eléctrico y terminales d salida para conectar y voltímetro para medir el voltaje aplicado en el condensador.

COMPONENTES:

- Aparato de Millikan
- Voltímetro
- 2x Cables de 50cm
- Cronómetro

EXPERIENCIAS:

- ✓ Medición de la carga del electrón.
- ✓ Observación de movimiento browniano.

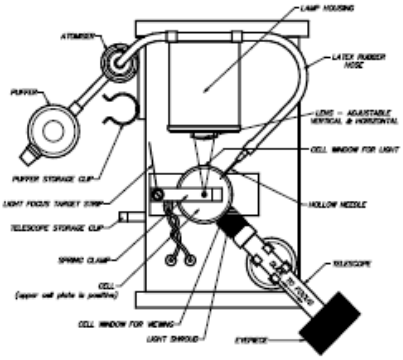


Figura 3.142 Experimento de Millikan. Equipo.

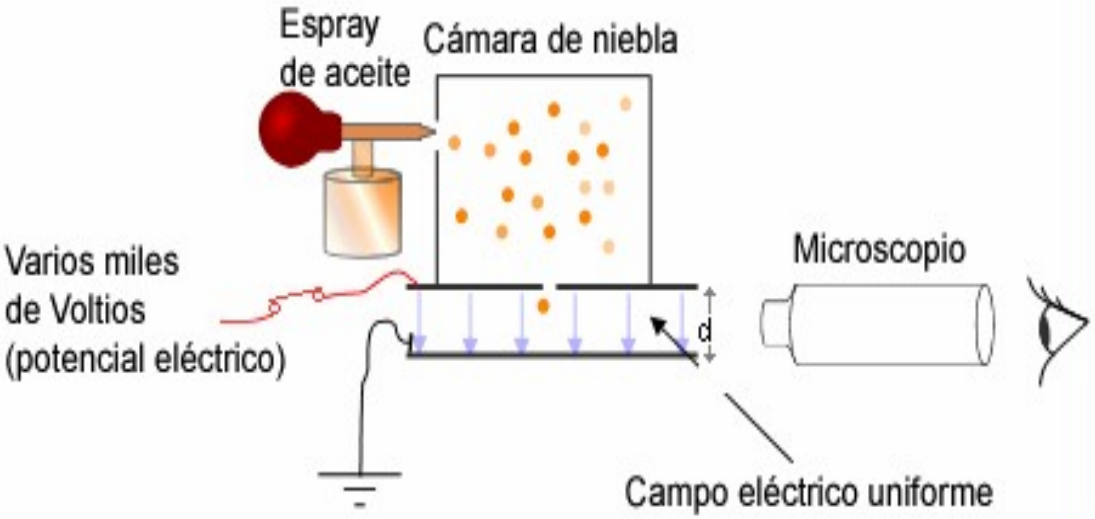


Figura 3.143 Experimento de Millikan.

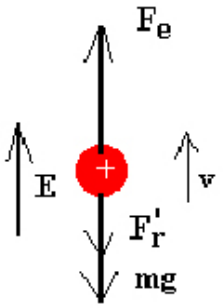


Figura 3.144 Experimento de Millikan. Diagrama de fuerzas.

Fislet incorporado en el mapa conceptual:

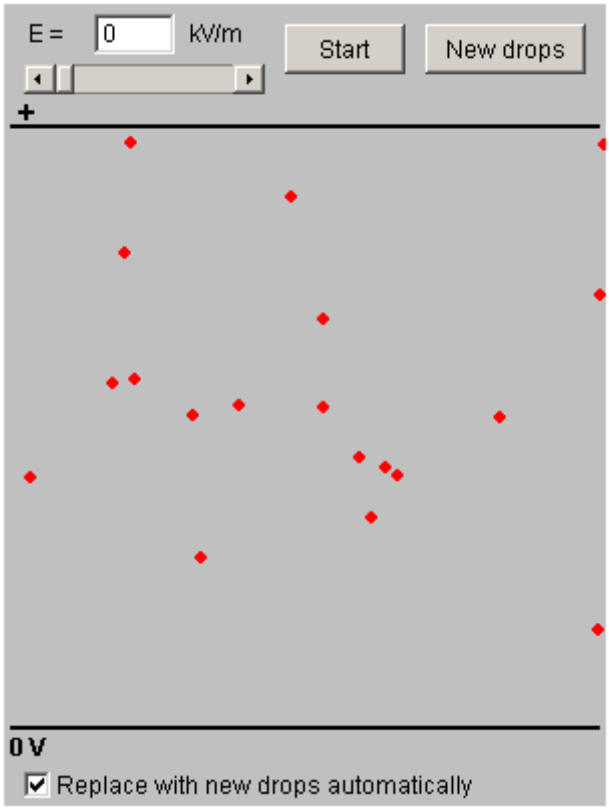


Figura 3.145 Fislet. Experimento de Millikan.[26]

El fislet está contenido en la página: pQuantCargAd_1.htm Es una simulación interactiva del Experimento de Millikan.

[26] Este applet fue creado por Magnus Karlsson Utilizado para el Curso de Física III de la Universidad Católica de Colombia

Docente: Hermes Ortiz

Se puede ajustar el valor del Campo "E" para ver el comportamiento. Cuando la gota de aceite permanece suspendida, la fuerza del campo eléctrico compensa el peso de la gota.

Cuando las Gotas siguen su curso hacia abajo el campo Eléctrico es menor que la fuerza de gravedad que afecta a las gotas. Cuando las gotas empiezan a cambiar de sentido en dirección hacia arriba es porque la fuerza ejercida por el campo es superior a la de la gravedad.

Todas las gotas poseen una masa Determinada. Se verifica que el campo ingresado es siempre múltiplo entero de ese cierto valor, indicando que la carga de la gota también sea siempre múltiplo de un valor universal.

3.5.2 Mapa 2: Medidores Eléctricos.

Autor: Jair Medellín.

Código: 501622

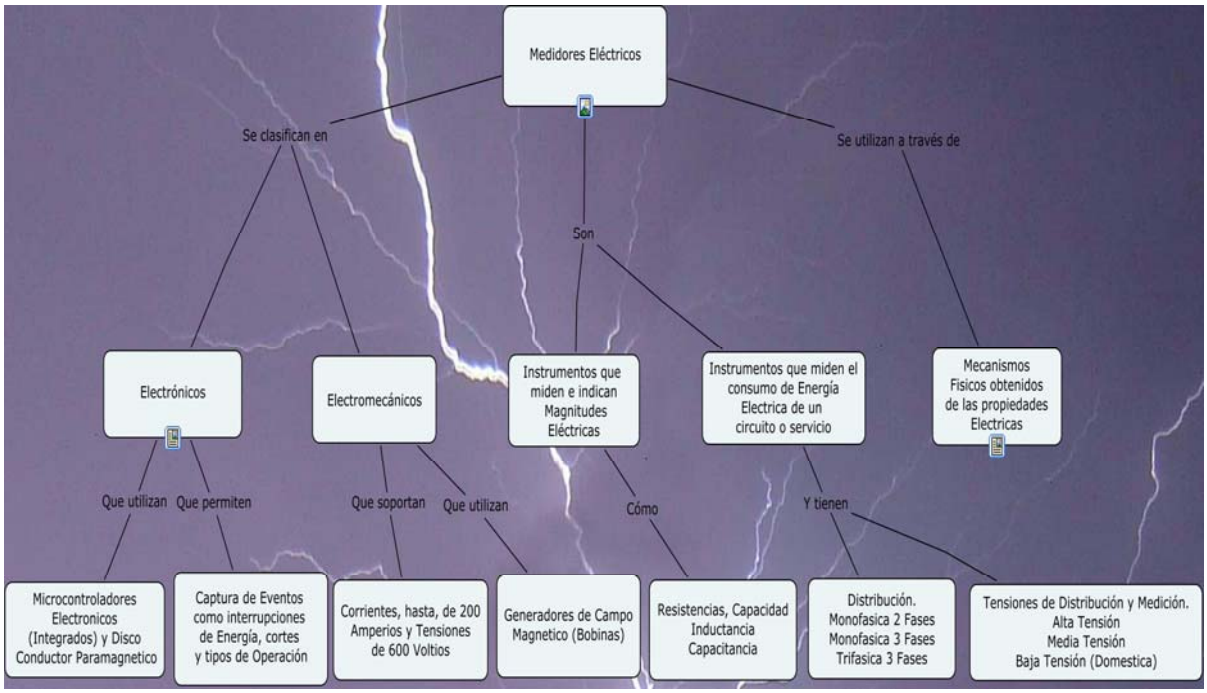


Figura 3.146 Mapa conceptual sobre los Medidores Eléctricos.

Fislet incorporado en el mapa conceptual:

Mediciones eléctricas.

Imagen incorporada en el mapa conceptual:

Medidor eléctrico.

Figura 3.147 Imagen de un medidor eléctrico.

Archivo de texto incorporado en el mapa conceptual: Artículo “Medidores Eléctricos”, publicado en la Enciclopedia Multimedia. Trata sobre los Instrumentos que miden las diferentes magnitudes eléctricas, sus mecanismos básicos, su calibración, y los patrones principales y medidas absolutas.

3.5.3 Fuentes de corriente alterna.

Autor: Francisco J. Castro D.

Código: 534334

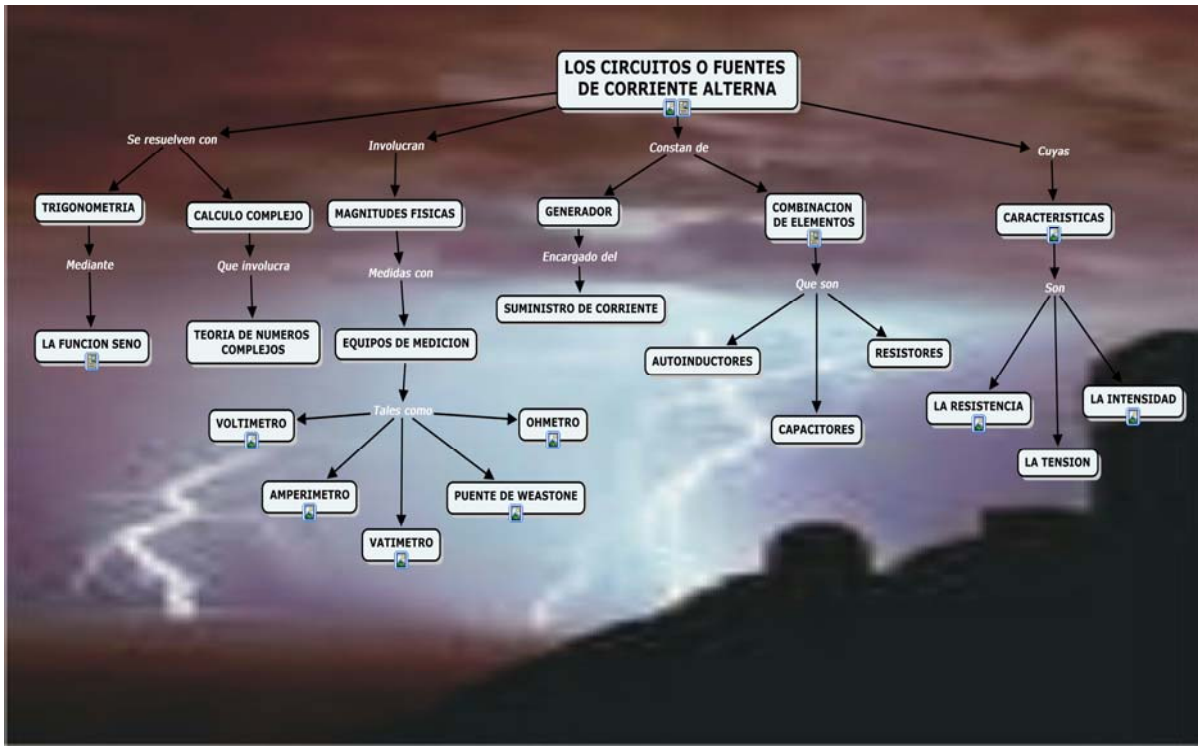


Figura 3.148 Mapa conceptual sobre los circuitos de corriente alterna.

Este es un mapa interesante. En el encontramos enlaces a páginas Web que contienen fislets referentes al tema del mapa. También tiene textos e imágenes incorporados.

Sólo ubicándonos con la flecha del mouse, sin necesidad de hacer click, en algunos conceptos, podemos enlazarnos con textos referentes a éstos. Encontraremos textos en los conceptos: *Circuitos de corriente alterna. La función seno. Teoría de números complejos. La resistencia. La tensión. Y, la intensidad.*

Enlaces a páginas Web, que contienen fislets referentes al tema, incorporadas en el mapa conceptual:

http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/corr_alterna/corr_alt_indice.htm

D:\CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA\corr_alterna applets.htm

http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/elecmagnet/induccion/alterna/alterna.htm

http://recursos.pnte.cfnavarra.es/~msadaall/geogebra/figuras/f6_seno.html

Imágenes incorporadas en el mapa conceptual:

Figura 3.149 Imágenes. Medidores eléctricos.

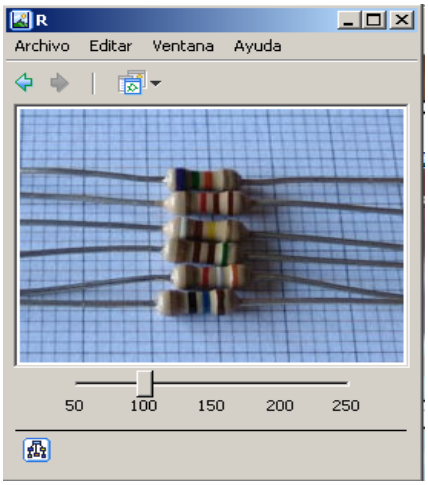


Figura 3.150 Resistencias eléctricas.

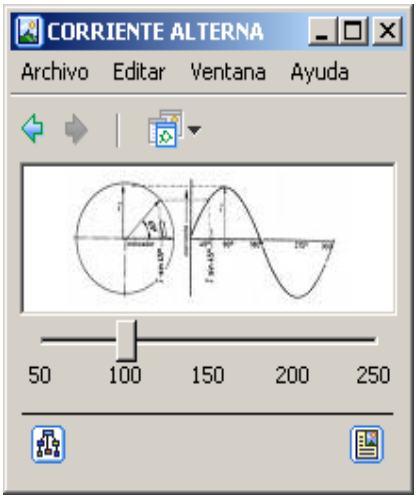


Figura 3.151 Gráfico, corriente alterna.

3.6 Competencias, en el uso de las NTICs, involucradas en el diseño, elaboración e implementación de mapas conceptuales dinámicos.

Es estrictamente indispensable que los docentes, que pretendan incorporar el diseño, elaboración e implementación de mapas conceptuales dinámicos, como estrategia metodológica en la enseñanza-aprendizaje de la Física, cuenten con las competencias apropiadas que les permitan aprovechar el potencial comunicativo e interactivo de las NTICs, permitiéndoles su incorporación en el ámbito académico de manera significativa.

Estas competencias, en el uso de las NTICs, para la construcción de mapas conceptuales dinámicos son:

Competencias básicas:

- Conoce los componentes básicos de los sistemas informáticos y sus principales funciones.
- Conoce la terminología básica de los sistemas operativos.
- Conoce los diferentes componentes de los computadores y sus periféricos.
- Organiza adecuadamente la información mediante archivos y carpetas.
- Domina la utilización de los elementos genéricos de los diferentes programas.
- Guarda y recupera la información en el computador y en diferentes soportes externos.
- Muestra interés por actualizar los conocimientos básicos alrededor de las NTICs.
- Conoce los elementos básicos para navegar por Internet, almacenar recuperar, clasificar e imprimir información.
- Conoce el ambiente de trabajo de algún software de base de datos.
- Conoce los elementos básicos de los mapas conceptuales digitales.
- Utiliza motores para búsqueda de información en Web.
- Utiliza las distintas herramientas del procesador de texto, la base de datos y la hoja de cálculo.

- Utiliza las funciones básicas de un editor gráfico.
- Demuestra conocimiento frente a los problemas de equidad, éticos y humanos relacionados con el uso de la informática y la tecnología.
- Conoce las múltiples fuentes de información que proporciona Internet (biblioteca – cursos – materiales).
- Conoce diferentes recursos informáticos asociados con la Física, tales como: aplicaciones, simulaciones y software.
- Utiliza, explora y evalúa material informático asociado con la Física, como: aplicaciones, simuladores y software educativo.
- Diseña y desarrolla actividades de enseñanza-aprendizaje, de la Física, que integren la informática y la tecnología.
- Promueve en los estudiantes el uso de las NTICs, como fuente de información y como medio de expresión.
- Muestra actitudes favorables para el aprendizaje continuo y la actualización permanente acerca de las NTICs.
- Posee actitudes favorables al trabajo en equipo y a compartir información digital con otros docentes.
- Utiliza las tecnologías informáticas para acceder a la información que incremente la productividad personal y profesional.
- Es abierto a la investigación en el aula para aprovechar al máximo las posibilidades didácticas de los apoyos que proporcionan las NTICs.
- Muestra actitudes positivas hacia usos de las NTICs que apoyan el aprendizaje continuo y colaborativo.

Competencias deseables:

- Conoce las principales funciones de los editores de textos, graficadores y hojas de presentación al que se le adicionan recursos multimediales.
- Conoce las diferentes técnicas para generar reportes y cruzar información en las bases de datos.
- Realiza textos y presentaciones que incluyen recursos multimediales e hipertextuales entre diferentes documentos.

- Construye mapas conceptuales multimediales, adicionándoles recursos y generando mapas colaborativos con otros docentes y estudiantes.
- Planea el manejo de recursos tecnológicos dentro del contexto de las actividades de aprendizaje.
- Utiliza búsqueda de información digital, en bases de datos especializadas.
- Elabora talleres, presentaciones y materiales didácticos multimedia de apoyo para los estudiantes.
- Usa diversas ayudas que aportan las NTICs para el seguimiento y la evaluación de los estudiantes.
- Usa la tecnología para obtener y analizar datos, interpretar resultados y comunicar hallazgos con el fin de mejorar las prácticas educativas y el aprendizaje de los estudiantes.
- Comparte recursos digitales con pares académicos.
- Muestra disposición al aprendizaje continuo y a la actualización permanente en la virtualidad.
- Respeta las diversas políticas de derechos de autor en materiales electrónicos.

Competencias avanzadas:

- Usa programas de autor para elaborar materiales educativos con actividades interactivas virtuales.
- Conoce diferentes estrategias didácticas y técnicas para la generación de contenidos en ambientes virtuales.

CAPITULO IV

LOS FISLETS EN EL ELECTROMAGNETISMO

""Partí de mi ignorancia y de las convicciones
De los alumnos en lugar de presentar
Mis convicciones a los ignorantes alumnos...
A partir de mis errores y aciertos para enseñar
La ciencia y a partir de las convicciones de los
Alumnos para explicar el mundo, procedí a través
De una doble reflexión: La mía, sobre mi ejercicio
Pedagógico, la de ellos, sobre su práctica
Personal para asimilar la ciencia".

(Andre Giordan)

Hermes Fernando Ortiz Orjuela. hfortiz@ucatolica.edu.co

4.1 Los fislets en la enseñanza de la física

Un *applet* es un programa informático realizado en lenguaje JAVA (Java-Sun) que tiene la enorme ventaja de ser ejecutado directamente desde la página Web en la que está incrustado. Permite múltiples aplicaciones, desde la incorporación de elementos móviles en las páginas Web, como sistemas de control, introducción de datos, mecanismos interactivos, y muchas más. Son de especial interés, en nuestro caso, aquellas aplicaciones de gran utilidad para la enseñanza de la física.

Los applets relacionados con la física han sido denominados, para su identificación, con el término *physlet* (o *fislet*) que se obtiene de la combinación-contracción de las palabras, physics y applet.

Los fislets, son programas ligeros, generalmente menos de 100Kb, de manejo intuitivo y fácil. Estos aspectos son importantes, pues así el estudiante no pierde el tiempo para aprender el manejo de determinado applet, como sucede con los programas que deben ser instalados en cada ordenador. En la mayoría de los fislets se adivina su funcionamiento y se aprenden a manejar por el método de ensayo-error.

Los fislets Suelen estar insertados en una página que contiene texto, imágenes y sonido y que incorpora un panel con los botones y mandos necesarios para su manipulación de forma interactiva. Su utilización es muy simple y no es necesario ningún conocimiento del lenguaje JAVA de programación. Basta con ser un poco experimentado en la navegación por la WWW y un poco atrevido para descubrir cómo funciona el applet y descubrir qué opciones ofrece.

Los fislets de gran utilidad al docente de física para incorporarlos en una actividad de aprendizaje son aquellos que simulan un determinado proceso físico, aquellos que modelan los fenómenos, tanto de forma cualitativa como cuantitativa. Es decir, que existen fislets que simplemente describen un fenómeno y otros que, además de reproducir el fenómeno, ofrecen la posibilidad de modificar algunos de los valores de las magnitudes que intervienen en él y obtener resultados numéricos de las variables dependientes.

De otra parte, el hecho de poder acceder a los fislets a través de la Internet hace posible que los estudiantes realicen trabajos interactivos, asignados, en horarios extra clase y en cualquier lugar diferente a la institución educativa. Un gran valor agregado es que son gratuitos y de fácil distribución ya que pueden ser descargados de la red sin ningún inconveniente.

Podemos elegir los fislets entre la gran cantidad ofrecida en toda la WWW, aquéllos que más nos interesen y se adecuen a nuestras necesidades didácticas concretas, de acuerdo con los diferentes tópicos, ya sean de: Mecánica Clásica, Termodinámica, Electromagnetismo, Mecánica Cuántica, Mecánica Relativista, Mecánica de fluidos...
Un buen criterio para clasificar los fislets es separar los que simulan un fenómeno cualitativamente (apropiados para actividades de consulta o de investigación guiada, por ejemplo) de aquéllos que permiten obtener resultados numéricos (apropiados para diseñar prácticas de laboratorio virtual o talleres interactivos de refuerzo-retroalimentación).

Se debe tener presente que los fislets son solo una herramienta, un recurso muy valioso a disposición de los docentes de física para provocar, favorecer y guiar situaciones de aprendizaje en sus estudiantes. No deben ser considerados como un fin, como un objetivo de aprendizaje, por que no lo son. Tampoco, su utilización debe plantearse como un accesorio, un simple juego, como un agregado curioso y atractivo de la actividad del docente, sino que debe estar incorporado en ella como un elemento didáctico.

Para obtener el mayor beneficio de los fislets es recomendable elaborar las actividades de forma que se realicen preguntas a los estudiantes de tal manera que, para responderlas, deban interactuar necesariamente con el fislet. De esta manera es posible aprovechar las principales ventajas que tienen los fislets, que son la animación y la interacción. La animación permite simular un fenómeno físico y, gracias a la interacción, el estudiante puede manipular la evolución del sistema físico de una forma controlada. Así, el estudiante, por ejemplo, puede investigar la dependencia de las magnitudes físicas que intervienen en un fenómeno que se reproduce en el ordenador, caso concreto

de un laboratorio virtual. Sin embargo, es necesario que el estudiante sepa que experimentar con los fislets no es equivalente a experimentar realmente (laboratorio real), ya que éstos reproducen un sistema físico mucho más simplificado que el real.

Podemos incorporar los fislets en la enseñanza del electromagnetismo y de la física en general para:

1. Investigación de sistemas físicos de forma controlada. (Prácticas de laboratorio virtual y taller virtual). Los fislets que simulan sistemas físicos cuya evolución temporal es significativa y que permiten controlar la evolución del experimento, son de especial interés en la implementación de prácticas interactivas conducentes a la comprensión de la Física. El estudiante puede cambiar la velocidad de evolución del sistema, congelar la imagen para estudiar con detalle una determinada posición del objeto, hacer evolucionar el sistema "paso a paso", hacia delante o hacia atrás en el tiempo, o bien repetir el experimento simulado cuantas veces estime necesario para comprenderlo mejor. Es pertinente insistir en que, "las prácticas de laboratorio virtual no deben tomarse como sustitutas de las prácticas experimentales reales". Son una buena estrategia como introducción a una práctica real, o como complemento, refuerzo y retroalimentación a la misma.
Se puede diseñar una actividad de aprendizaje de manera que el estudiante manipule el fislet como si se tratara de un experimento de laboratorio real, en el que debe recoger unos datos experimentales (valores numéricos que muestra el ordenador) con los que deberá elaborar las tabulaciones necesarias, construir gráficos, realizar los cálculos pertinentes y analizar resultados con el fin de llevar a cabo la actividad propuesta por el docente y estar en capacidad de redactar un informe.

2. Simulación de sistemas físicos de difícil reproducción en el laboratorio. En muchos casos no es posible la experimentación real, convirtiéndose el laboratorio virtual, con la utilización de fislets, en una muy buena opción para el estudio e interpretación de los sistemas físicos que no son posibles reproducirlos en el laboratorio; tal es el caso de la Mecánica Celeste o de la

interacción eléctrica entre electrones y protones (u otras partículas cargadas) por ejemplo. ¿Cómo estudiar experimentalmente las leyes de Keppler sobre los movimientos planetarios? ¿Quien ha visto realmente un electrón interactuando con otras partículas cargadas?

3. Ayudar a los estudiantes en el aprendizaje de conceptos abstractos. (Consulta Interactiva Guiada). Con la utilización de los fislets, puede ayudársele a los estudiantes a comprender conceptos especialmente abstractos, como por ejemplo los conceptos de *campo gravitatorio*, *campo eléctrico, campo magnético, y onda electromagnética,* entre otros. En este caso son de gran utilidad los fislets con animaciones y simulaciones que describan cualitativamente los sistemas físicos.

En cualquiera de las situaciones anteriores podemos usar fislets con los que se obtienen resultados numéricos o bien que permitan únicamente un análisis cualitativo del fenómeno. Lo importante es que el docente tenga plena claridad sobre la intencionalidad en la utilización del fislet para cada actividad que diseñe. No se puede improvisar, es su responsabilidad valorar previamente los fislets que pretenda utilizar para estar seguro de que se adapten a necesidades didácticas concretas. Antes de que los estudiantes usen un fislet, el docente debe conocerlo en profundidad y debe conocer, también, sus márgenes de aplicación para no manejar datos fuera de su rango de utilización.

Los fislets no sólo ayudan a los estudiantes a resolver los problemas, sino que el profesor puede plantear su utilización como una actividad parecida a la actividad científica. También pueden utilizarse, al comenzar un tema o antes de introducir un determinado concepto, para realizar un diagnostico previo de los preconceptos de los estudiantes, identificarlos y realizar actividades para corregirlos si es necesario, facilitando la reformulación de teorías y la consolidación conceptual.

4.2 Exploración y selección de páginas Web con fislets insertados

Fue realizada una investigación exploratoria minuciosa en la Internet con el fin de encontrar, valorar y seleccionar páginas Web que tuvieran fislets insertados. Una vez seleccionadas dichas páginas, se procedió a identificar y valorar los diferentes fislets, conociendo sus campos de aplicación, los rangos manejados y el nivel conceptual sobre los diferentes fundamentos teóricos necesarios para poder comprender los sistemas físicos que simulan. Este fue un trabajo un poco largo y dispendioso pero estrictamente necesario, pues sólo de esta manera se puede estar seguro de que el fislet seleccionado para determinada actividad, con los estudiantes, es el más apropiado y se ajusta a las necesidades según la intencionalidad didáctica del docente.

Se citan a continuación algunas direcciones, seleccionadas y enlazadas, de sitios en los que se pueden encontrar fislets que pueden ser utilizados para el diseño e implementación de prácticas virtuales interactivas, propuestas a los estudiantes, como estrategia metodológica para la comprensión de la física. Algunas de estas páginas Web fueron utilizadas para el diseño, elaboración, implementación, valoración y mejoramiento de actividades virtuales interactivas, mediante el uso de fislets, llevadas a cabo con estudiantes de Ingeniería de las Universidades Católica de Colombia y Piloto de Colombia durante los años 2006 y 2007 en los cursos de Electromagnetismo.

1. Molecular Expressions Website, M.W. Davidson and the Florida State University. (Fecha de consulta: 10-08-06). En ingles.

http://www.micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/

2. Java applets and VRML. Resources for teaching and Learning. (Fecha de consulta: 10-08-06). En ingles.

http://www.ph.surrey.ac.uk/cti/Gateway/Java_Applets.htm

3. Explore Science. (Fecha de consulta: 10-08-06). En ingles.

http://www.modelscience.com/

4. Physique et simulations numériques, L'Université du Maine. (Fecha de consulta: 10-08-06). En francés.

http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/index.html

5. Física con ordenador, Ángel Franco (fecha de consulta: 10-08-06). En español.

http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm

6. Física Recreativa, Galilei. (Fecha de consulta: 10-08-06). En español.

http://www.acienciasgalilei.com/fis/fis-recreativa0.htm

7. Proyecto Newton. Palacios, Carlos. (Fecha de consulta: 10-08-06). En español.

http://newton.cnice.mecd.es/

8. Applets Java de Física. Numerosos applets en diversos idiomas. (Fecha de consulta: 14-08-06)

http://www.walter-fendt.de/ph11s/

9. Proyecto BOAI. Numerosos enlaces. (Fecha de consulta: 14-08-06). En español.

http://www.educaplus.org/modules/wfsection/

10. Recursos en XARXA. (Fecha de consulta: 14-08-06)

http://www.edu365.com/batxillerat/recursos_xarxa/index.htm

11. Física 2000. (Fecha de consulta: 14-08-06). En español.

http://www.maloka.org/f2000/

12. Recursos de Física. Ayuntamiento la Coruña. (Fecha de consulta: 14-08-06). En español.

http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/

13. Ondas. Simulaciones. (Fecha de consulta: 14-08-06). En español.

http://colossrv.fcu.um.es/ondas/cursoondas.htm

14. Física interactiva. (Fecha de consulta: 14-08-06). En español.

http://usuarios.lycos.es/pefeco/

15. El rincón de la ciencia. (Fecha de consulta: 14-08-06). En español.

http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/rincon.htm

16. El laboratorio Virtual (LAV). Proyecto en español, de la *Obra Social y Cultural Ibercaja* de Zaragoza. Más de 300 simulaciones.

http://www.ibercajalav.net/laboratorio.php?codopcion=2253&codopcion2=2253

17. Más simulaciones en español. Parte de las direcciones expuestas anteriormente se encuentran en esta dirección, con sus correspondientes enlaces.

http://perso.wanadoo.es/cpalacio/espan.htm

Se muestran, en seguida, tres guías instruccionales de prácticas virtuales interactivas concretas para los estudiantes. Estas guías fueron diseñadas, con la incorporación del uso de fislets, como estrategias metodológicas para la enseñanza-aprendizaje del electromagnetismo. Las actividades fueron pensadas y diseñadas a partir del marco general de la teoría Enseñanza-Aprendizaje para la Comprensión (EApC), escogiendo como apoyo las páginas Web: *física con ordenador* y *maloka 2000,* contenidas en la selección de páginas Web expuestas anteriormente.

4.3 Tres prácticas virtuales interactivas utilizando fislets

Las siguientes prácticas virtuales interactivas han sido implementadas en los cursos de Electromagnetismo de los programas de Ingeniería de la Universidad Católica de Colombia, durante los semestres académicos de los años 2006 y 2007, y en la Universidad Piloto de Colombia durante el primer semestre de 2007. De cada una de estas actividades se expone a ejemplo concreto.

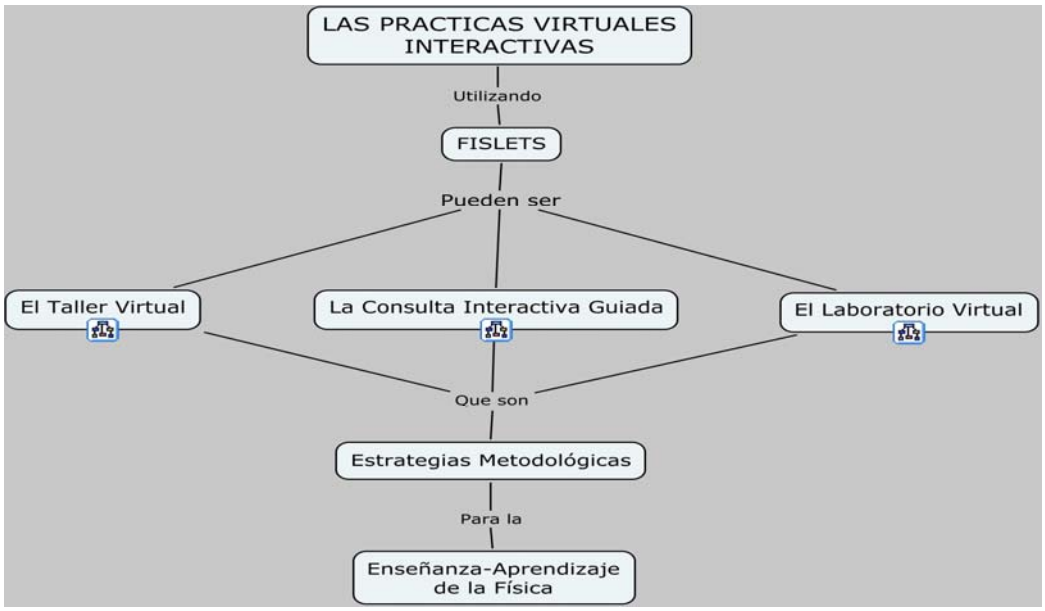


Figura 4.1 Mapa conceptual sobre actividades virtuales usando fislets.

Podemos acceder a los mapas conceptuales de cada una de las prácticas (taller, consulta y laboratorio) haciendo uso de los respectivos enlaces en el mapa conceptual anterior.

4.3.1 Laboratorio virtual

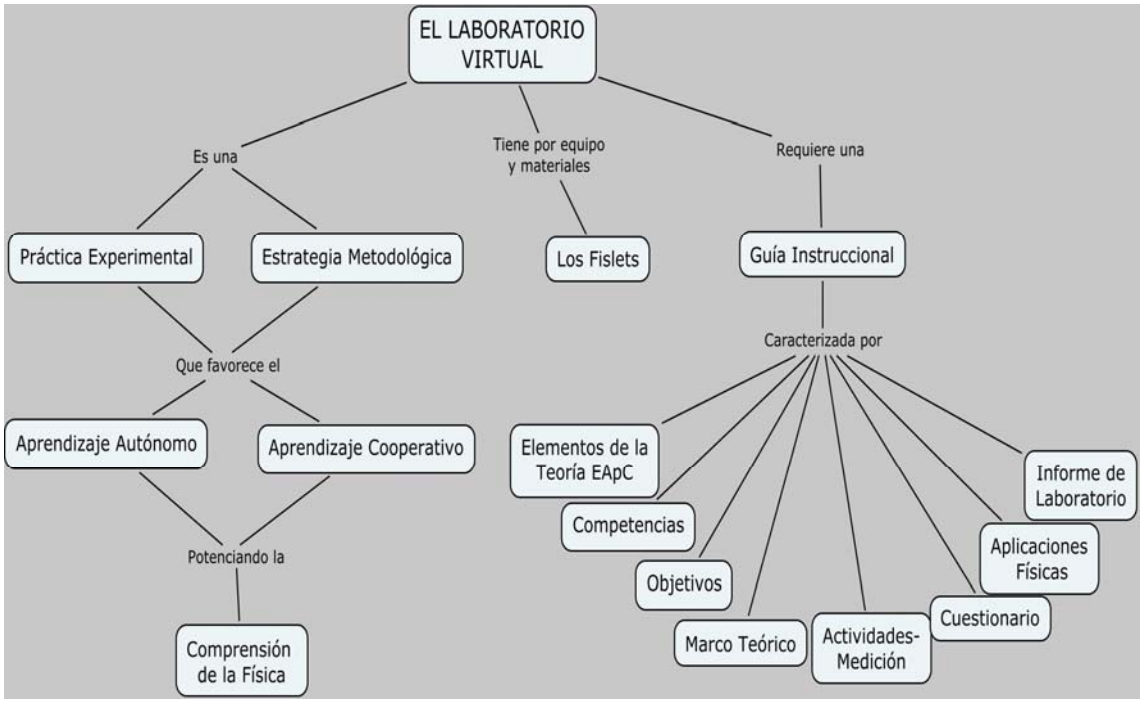


Figura 4.2 Mapa sobre el laboratorio virtual usando fislets.

4.3.1.1 Estructura de la guía de laboratorio virtual para el estudiante

- *Elementos de la Teoría EApC.* Se especifican, de manera explicita, los elementos fundamentales del marco general de la Teoría del Aprendizaje para la Comprensión asociados con el laboratorio, a saber: Hilo Conductor, Tópicos Generadores, Metas de Comprensión, Desempeños de Comprensión y Valoración Continua.

- *Competencias.* Se refiere a las competencias básicas y específicas involucradas en cada práctica de laboratorio y que se pretenden que los estudiantes desarrollen.

- *Objetivos.* Lo que se pretende concretamente con la práctica de laboratorio. Por lo general tienen que ver con la validación experimental de cierto modelo matemático, con la verificación de una ley natural, o con la determinación de constantes físicas.

- *Actividades.* Lo primero, en todas las prácticas, siempre será conectarse a la Internet. Se dan las instrucciones para interactuar con el ordenador a través de los fislets, e indicaciones sobre procedimientos, consultas,

enlaces, fundamentos teóricos, mediciones, tabulaciones, gráficas, cálculos, errores, interpretación de mediciones, tablas y gráficas, y análisis de resultados.

- *Marco teórico.* El marco teórico que sustenta cada práctica de laboratorio no se entrega en la guía. Este es uno de los primeros puntos de la sección de actividades. Los fundamentos conceptuales deben ser consultados por los estudiantes directamente de las páginas Web que se indican en la guía, antes de interactuar con los fislets y emprender el trabajo de medición.

- *Cuestionario.* Las preguntas formuladas en este cuestionario sólo se podrán contestar mediante la consulta de las páginas Web y la interacción con los fislets seleccionados para cada laboratorio.

- *Aplicaciones.* Los estudiantes deben investigar sobre aplicaciones físicas-tecnológicas, en la Ingeniería, de los tópicos generadores involucrados en la práctica de laboratorio. Este trabajo debe realizarse extractase, después de la sesión de laboratorio, y será anexado al informe de laboratorio.

- *Conclusiones.* Que harán parte importante del informe de laboratorio.

- *Informe de laboratorio.* En la última parte de la guía se solicita un informe del laboratorio realizado. Este informe poco difiere del informe de laboratorio que cualquier docente de física le exige a sus estudiantes en una práctica experimental real.

Durante la práctica de laboratorio los estudiantes trabajan individualmente con su ordenador asignado, pero en tiempo extractase deberán trabajar en equipo con otros compañeros que hacen parte de grupos de laboratorio previamente establecidos. Cada grupo responde por un informe de laboratorio y tendrán entre tres y cuatro días para entregarlo.

4.3.1.2 Un ejemplo de laboratorio virtual

El objetivo principal de la práctica es determinar experimental el valor de la permitividad eléctrica del espacio libre usando fislets.

Características del fislet utilizado

El fislet seleccionado para el diseño del laboratorio permite medir un potencial eléctrico desconocido *V*, mediante un electrómetro formado por dos placas planas y paralelas (condensador) conectadas a un generador. Conocidos los valores de la separación *x* entre las placas y el área *S* de las mismas, la diferencia de potencial *V* puede ser calculada midiendo la fuerza *F* entre las placas.

La balanza de Kelvin permite medir la fuerza entre las placas del condensador plano-paralelo cargado. Una de las placas del condensador cuelga de un brazo de una balanza, en el otro brazo se colocan pesas.

Las placas del condensador se ponen en contacto con una fuente ajustable de alto voltaje, que va variando poco a poco hasta que la balanza se pone en equilibrio. Un anillo metálico que rodea a la placa superior minimiza los efectos del campo que sale por los bordes de las placas paralelas.

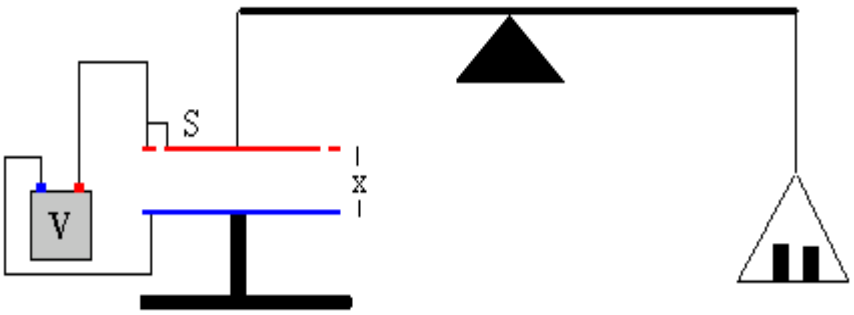


Figura 4.3 Balanza de Kelvin.

Cuando se pulsa el botón titulado **Nuevo**, se genera un número aleatorio que representa el potencial eléctrico *V* desconocido de un generador. Cuando se

pulsa el botón titulado **Conectar**, las placas del condensador se conectan a dicho generador, atrayéndose entre sí. La balanza se desequilibra ya que su brazo está unido a la placa superior del condensador, y tenemos que volverla a equilibrar para medir la fuerza de atracción *F*.

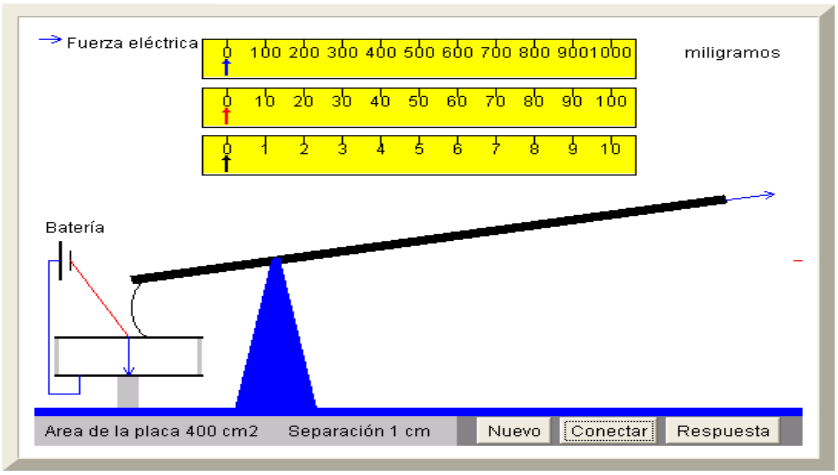


Figura 4.4 Balanza de Kelvin desequilibrada.

Moviendo los cursores de la balanza (flechas de color azul, rojo y negro) equilibramos la balanza y medimos la fuerza en miligramos.

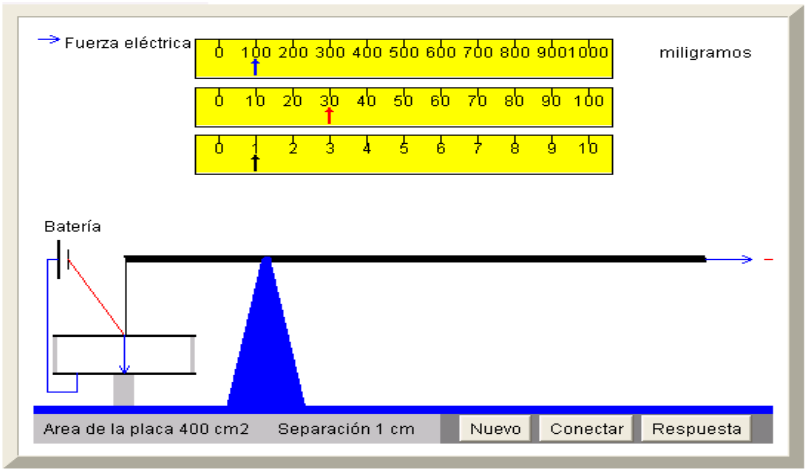


Figura 4.5 Balanza de Kelvin equilibrada.

El programa interactivo arroja la respuesta de la diferencia de potencial desconocida pulsando el botón titulado **Respuesta**.

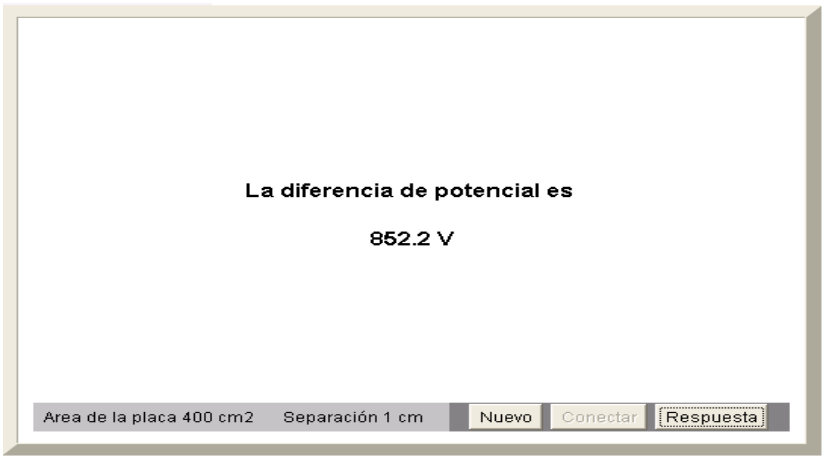


Figura 4.6 Diferencia de potencial entre las placas de un condensador con la balanza de Kelvin.

4.3.1.3 Guía de laboratorio virtual para el estudiante

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS
FISICA III. Electromagnetismo
Laboratorio virtual
"Electrómetro de placas"

TEORIA EApC:

Hilo Conductor: "¿Cómo usar lo que sabemos de electromagnetismo para desempeñarnos eficazmente en el campo profesional?"

Tópico Generativo: "Condensadores eléctricos".

Metas de Comprensión: "Los estudiantes comprenderán la relación existente entre la diferencia de potencial entre las placas de un capacitor y la fuerza entre las mismas". "Los estudiantes comprenderán la importancia de la constante ε_0 en el electromagnetismo".

Desempeño de Comprensión: (Desempeño de comprensión de investigación guiada – trabajo de síntesis). "Los estudiantes experimentan con la balanza de Kelvin, del fislet, según las indicaciones sugeridas por el profesor, y apoyándose en la guía de laboratorio. Proceden a equilibrar la balanza con diversas fuerzas para medir diferencias de potencial desconocidas, a través del ordenador y por cálculo directo. Identifican plenamente las variables en juego, tabulan y luego realizan gráficas (en algún papel apropiado, ya sea milimetrado, logarítmico o semi-logarítmico) que muestren características relevantes y les permitan determinar el valor de la constante ε_0".

Valoración Continua: "El profesor ha compartido, previamente, con los estudiantes los dos criterios para valorar-evaluar el trabajo, a saber: trabajo en equipo y un informe escrito de la práctica experimental, en el que deberán incluir el desarrollo del cuestionario propuesto en la guía".
Retroalimentación para la Valoración Continua: "El profesor presta asesoría y acompañamiento a los estudiantes durante la realización de la práctica experimental, atendiendo dificultades individuales y grupales, y dando las

orientaciones necesarias. Da tiempo para que los estudiantes intercambien ideas, conclusiones e inconvenientes encontrados en la realización de la práctica. Y, finalmente dirige una *puesta en común*, a manera de corrección, sobre los aspectos relevantes de la práctica".

COMPETENCIAS:

Competencia Procedimental y Metodológica

> *Relacionada con: la observación y recolección de información sobre hechos experimentales o de la vida cotidiana, relacionados con el electromagnetismo, y su interpretación desde los conocimientos aprendidos; el seguimiento de instrucciones; el uso adecuado y seguro de materiales, sustancias y equipos en el laboratorio; el uso adecuado de las nuevas tecnologías; la interpretación correcta de situaciones problemáticas en contextos científicos o fuera de ellos y la búsqueda de alternativas de solución a las mismas.*

1. Recolectar y organizar informaciones adecuadas acerca de las observaciones y mediciones realizadas en la práctica experimental. (Reconocimiento y distinción del sistema de significación básico)
2. Analizar aplicaciones tecnológicas de los capacitores. (Uso comprensivo)
3. Elaborar conclusiones derivadas del proceso experimental realizado. (Argumentación y síntesis)

OBJETIVOS:

1. Calcular la diferencia de potencial eléctrico entre las placas de un capacitor, plano-paralelo, cargado; a partir de la medición directa de la fuerza entre las mismas.
2. Determinar, experimentalmente, la constante de permitividad eléctrica (ε_0).

ACTIVIDADES:

1. Consultar la dirección de Internet:
http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/elecmagnet/campo_electrico/plano/plano.htm
Si lo prefiere entre por búsqueda: *física con ordenador,* luego *electromagnetismo* y, finalmente *condensador plano-paralelo.*
2. Hacer lectura general de la página*. MARCO TEORICO*

La fuerza entre las placas de un capacitor conectado, en función de la diferencia de potencial entre las mismas, está dada por la expresión:

$$F = (\varepsilon_0 s v^2) / 2x^2$$

Siendo, **s** el área de una de las placas, **x** la separación de las placas, **v** la diferencia de potencial entre las placas, y ε_0 la permitividad eléctrica del vacío.
El valor teórico de la constante ε_0 es 8.85×10^{-12} c^2/Nm^2.

3. Interactuar con el simulador, verificando el ejemplo propuesto. En él se equilibra la balanza de Kelvin con una fuerza (que será la fuerza entre las placas de un capacitor), para medir una diferencia de potencial desconocida mediante un electrómetro.
4. Tener presente que magnitudes permanecen constantes, cuales son las variables dependientes y cuales las independientes. Anótelas.
5. Desequilibre la balanza en diez oportunidades, y vuélvala a equilibrar tomando los registros de las fuerzas necesarias para lograrlo y los valores del potencial que le muestra el ordenador. Tabule la información obtenida (tabla 1).
6. Con los valores de las fuerzas obtenidas en el numeral 5, calcule los correspondientes potenciales, a partir de la expresión matemática deducida en el fislet. Tabule la información obtenida (tabla 2).
7. realice los gráficos V v_s F, a partir de las tablas 1 y 2.
8. Obtenga el valor de la constante $\boldsymbol{\varepsilon_0}$, a partir de la linealización de las curvas del numeral anterior.
9. A partir de las tablas 1 y 2, halle el valor promedio de la constante $\boldsymbol{\varepsilon_0}$, obtenida experimentalmente. Compare estos valores con los obtenidos gráficamente en el numeral 8.
10. Halle los errores porcentuales, cometidos en la práctica, sobre la determinación de la constante $\boldsymbol{\varepsilon_0}$ en ambos procedimientos (numerales 8 y 9).

CUESTIONARIO:

Conteste las siguientes preguntas con base en la página Web consultada y en el fislet utilizado en la práctica de laboratorio.

1. ¿De qué factores depende la capacitancia de un condensador?

2. ¿De qué factores depende la energía que puede almacenar un capacitor?
3. ¿Por qué solo existe campo eléctrico entre las placas de un capacitor, conectado, y no fuera de ellas?
4. ¿Depende la capacidad de un condensador de la geometría? Justifique.
5. Describa la balanza de Kelvin.
6. Aplique los factores de conversión, necesarios, para obtener el valor de la constante ε_0, en unidades C.G.S.
7. ¿Qué mide, realmente, la balanza de Kelvin?
8. ¿Es realmente constante el campo eléctrico en el interior de un capacitor plano-paralelo?
9. A partir de la graficas V v_s F, obtenga dos valores extrapolados del potencial eléctrico. Compare estos valores con los obtenidos por cálculo, utilizando la ecuación deducida en la actividad.
10. A partir de la graficas V v_s F, obtenga dos valores interpolados del potencial eléctrico. Compare estos valores con los obtenidos por cálculo, utilizando la ecuación deducida en la actividad.

APLICACIONES:

Investigue sobre aplicaciones tecnológicas de los capacitares en la ingeniería. Tres aplicaciones que deberá anexar al informe de laboratorio

CONCLUSIONES:

INFORME DE LABORATORIO:

Se debe presentar un informe de laboratorio, detallado y organizado, siguiendo las normas de trabajos escritos y teniendo en cuenta las diferentes partes de la guía (actividades, cuestionario, aplicaciones y conclusiones). Incluya la impresión de la imagen, de la balanza equilibrada, de cada una de las mediciones realizadas.

Hermes F. Ortiz O.

4.3.2. Taller virtual

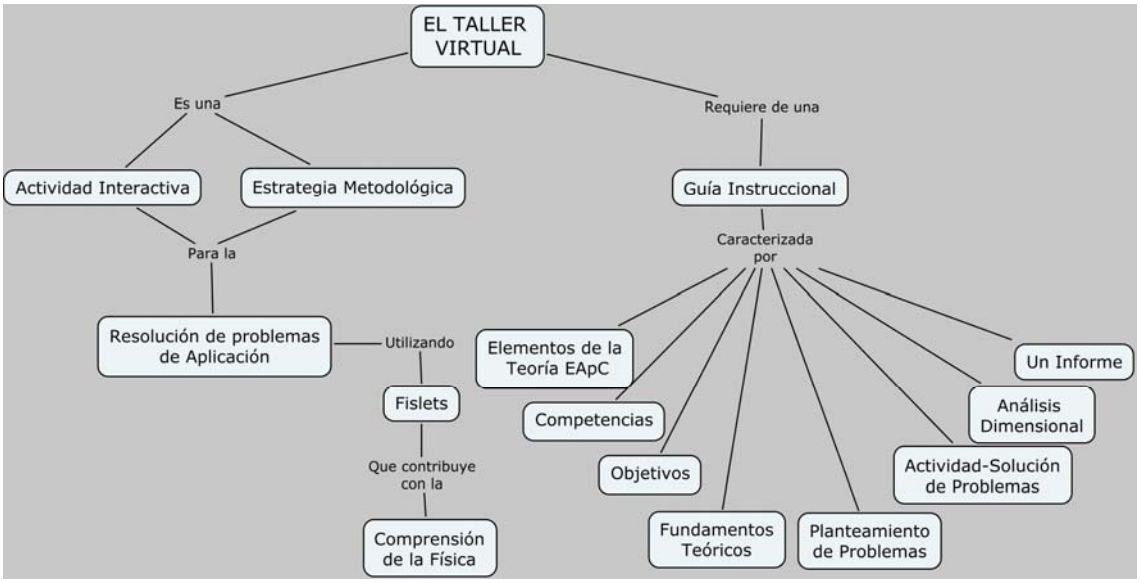


Figura 4.7 Mapa conceptual sobre el taller virtual usando fislets.

4.3.2.1 Estructura de la guía de taller virtual para el estudiante

- *Elementos de la Teoría EApC.* Se especifican, de manera explícita, los elementos fundamentales del marco general de la Teoría del Aprendizaje para la Comprensión asociados con el taller, a saber: Hilo Conductor, Tópicos Generadores, Metas de Comprensión, Desempeños de Comprensión y Valoración Continua.

- *Competencias.* Se refiere a las competencias básicas y específicas involucradas en cada taller y que se pretenden que los estudiantes desarrollen. Deben ser indicadas claramente.

- *Objetivos.* Lo que se pretende concretamente con el taller. En esta propuesta tienen que ver con la resolución de problemas de aplicación del electromagnetismo.

- *Problema.* Planteamiento de problemas de aplicación del electromagnetismo, para ser solucionados de manera interactiva con el ordenador a través de los fislets.

- *Actividades.* Lo primero, en todos los talleres, siempre será conectarse a la Internet. Se dan las Instrucciones para interactuar con el ordenador a través de los fislets seleccionados, e indicaciones sobre procedimientos, enlaces, fundamentos teóricos, mediciones, cálculos y tablas.

- *Tareas.* Tienen que ver con informes escritos sobre la solución de los problemas propuestos y otras alternativas de solución propuestas por el estudiante.

Durante la práctica de taller los estudiantes trabajan individualmente con su ordenador asignado, pero en tiempo extractase deberán trabajar en equipo con otros compañeros que hacen parte de grupos previamente establecidos. Cada grupo responde por un informe y tendrán entre tres y cuatro días para entregarlo.

4.3.2.2 Un ejemplo de taller virtual

El objetivo principal de la práctica es solucionar problemas de aplicación del electromagnetismo de manera interactiva usando fislets.

Características del fislet utilizado

El fislet seleccionado para el diseño de este taller permite estudiar las fuerzas que ejercen un campo magnético y un campo eléctrico sobre partículas cargadas en movimiento. El campo eléctrico está creado por las dos placas de un condensador plano-paralelo que están separadas una distancia *d* y tienen una longitud *L*, su sentido es de la placa positiva (color rojo) a la negativa (color azul). El campo magnético es perpendicular al plano de la página, es positivo cuando apunta hacia dentro (color azul claro) y es negativo cuando apunta hacia fuera (color rosa).

El taller tiene que ver específicamente con situaciones en las que una partícula cargada positivamente o negativamente se mueve en una región donde existe un campo eléctrico, un campo magnético, o un campo eléctrico y magnético cruzados (perpendiculares entre sí).

El fislet permite variar la intensidad del campo magnético, la intensidad del campo eléctrico, la magnitud de la velocidad de la partícula, la masa de la partícula y el signo de la carga de la partícula.

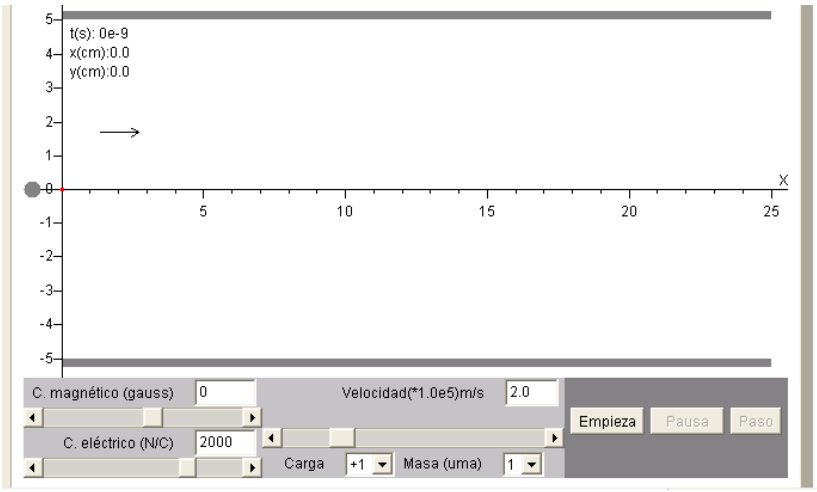


Figura 4.8 Fislet para el estudio de partículas cargadas, en movimiento, dentro de campos eléctricos y magnéticos.

- La velocidad de la partícula cargada (en unidades $\cdot 10^5$ m/s), se introduce pulsando el botón titulado **Velocidad**.
- La intensidad del campo eléctrico (en N/C), se introduce pulsando el botón titulado **Campo eléctrico**.
- La intensidad del campo magnético en gauss (10^{-4} T), se introduce pulsando el botón titulado **Campo magnético**.
- La carga positiva o negativa de la partícula (una unidad de carga es $1.6 \cdot 10^{-19}$ C), se introduce pulsando el botón titulado **carga**.
- La masa de la partícula (una u.m.a. es $1.67 \cdot 10^{-27}$ kg), se introduce pulsando el botón titulado **masa**.
- Al pulsar el botón titulado **Empieza**, la partícula inicia su moviendo y se describe su trayectoria.

Son tres los problemas que se deben resolver en el taller:

Campos cruzados, donde la partícula cargada en movimiento no sufre deflexión.

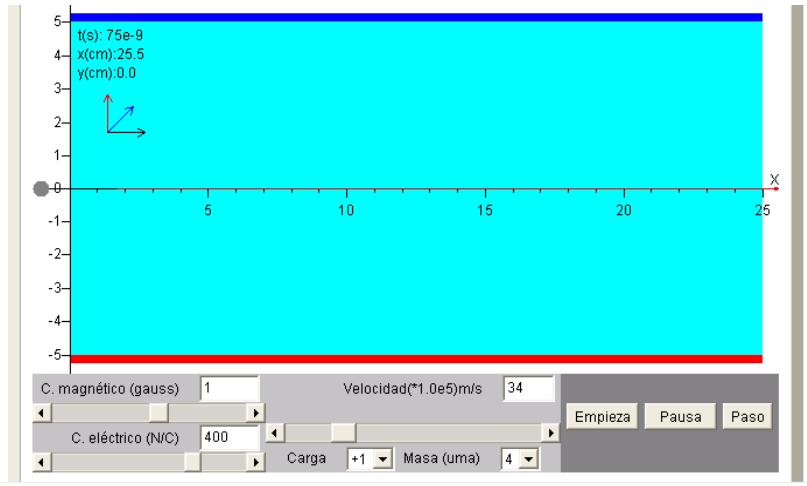


Figura 4.9 Desviación nula de una partícula cargada, en movimiento, en una región de campos eléctrico y magnético cruzados.

Desviación de una partícula cargada, en movimiento, en un campo eléctrico.

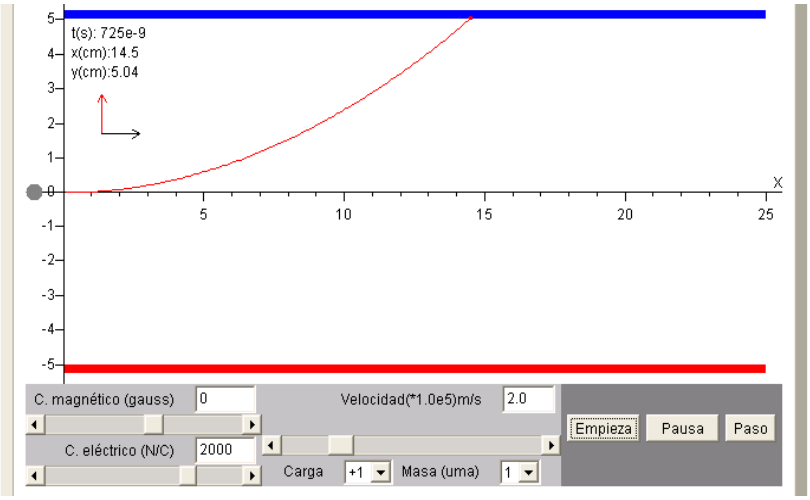


Figura 4.10 Desviación de una partícula cargada, en movimiento, en una región donde existe un de campo eléctrico.

Y, desviación de una partícula cargada, en movimiento, en un campo magnético.

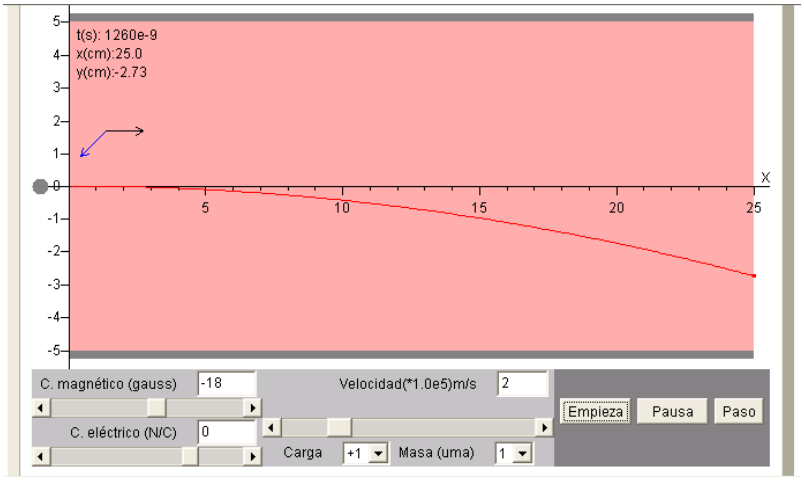


Figura 4.11 Desviación de una partícula cargada, en movimiento, en una región donde existe un de campo magnético.

4.3.2.3 Guía de taller virtual para el estudiante

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS
FÍSICA III. Electromagnetismo
Taller Virtual
"Movimiento de partículas cargadas en campos eléctricos y magnéticos"

TEORIA EApC:

Hilo Conductor: "Los estudiantes comprenderán que 'interpretar el mundo de las interacciones electromagnéticas en que vivimos' solo es posible a través de las grandes teorías".

Tópico Generativo: "Campos Eléctricos y Magnéticos".

Meta de Comprensión: "Los estudiantes comprenderán la importancia del papel que juegan los campos eléctricos y magnéticos en la solución de problemas de aplicación del electromagnetismo".

Desempeño de Comprensión: (Desempeño de comprensión de investigación guiada). “Los estudiantes interactúan con el ordenador, a través de los fislets seleccionados por el profesor y apoyándose en la guía de trabajo para dar solución al problema planteado. Repiten las simulaciones según los parámetros dados, identificando plenamente las variables en juego en cada problema, plantean las ecuaciones pertinentes y proceden a dar soluciones analíticas. Finalmente contrastarán sus respuestas con las dadas por el ordenador”.

Valoración Continua: “El profesor ha compartido, previamente, con los estudiantes los tres criterios para valorar-evaluar el trabajo, a saber: trabajo individual con el ordenador; solución escrita, y argumentada, del problema; y, una propuesta alternativa de solución al mismo”.

Retroalimentación para la Valoración Continua: “El profesor soluciona el problema en el aula de clase, a manera de corrección, partiendo de las dificultades y posibles errores cometidos por los estudiantes”. “El profesor dirige una discusión, en el aula, de algunas de las soluciones propuestas por los estudiantes”.

COMPETENCIAS:

Competencia Procedimental y Metodológica

Relacionada con: la observación y recolección de información sobre hechos experimentales o de la vida cotidiana, relacionados con el electromagnetismo, y su interpretación desde los conocimientos aprendidos; el seguimiento de instrucciones; el uso adecuado y seguro de materiales, sustancias y equipos en el laboratorio; “el uso adecuado de las nuevas tecnologías; la interpretación correcta de situaciones problemáticas en contextos científicos o fuera de ellos y la búsqueda de alternativas de solución a las mismas”.

1. Resolver situaciones problemáticas, que impliquen interacciones electromagnéticas. (Uso comprensivo)
2. Establecer relaciones de orden e interdependencia al interior de la teoría electromagnética. (Uso comprensivo)

3. Concebir formas alternativas de explicación a una situación dada de la fenomenología de las interacciones electromagnéticas. (Argumentación y síntesis)

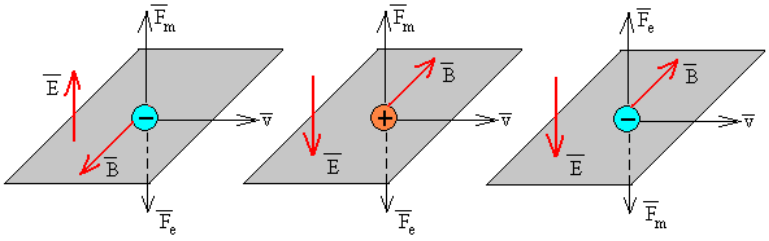
OBJETIVO:
Resolver problemas complementarios de aplicación, sobre electromagnetismo, como actividad de refuerzo y afianzamiento.

PROBLEMA:

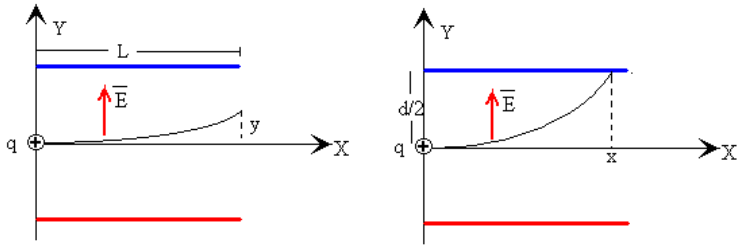
"Una partícula cargada se mueve en una región en la que existen campos eléctricos y magnéticos, constantes, cruzados (perpendiculares). ¿Cómo lograr que la partícula se mueva a lo largo del eje X sin desviarse? Cómo determinar su trayectoria, y su desviación, cuando se suprime uno de los dos campos?"

Las siguientes gráficas ilustran claramente la situación física del problema:

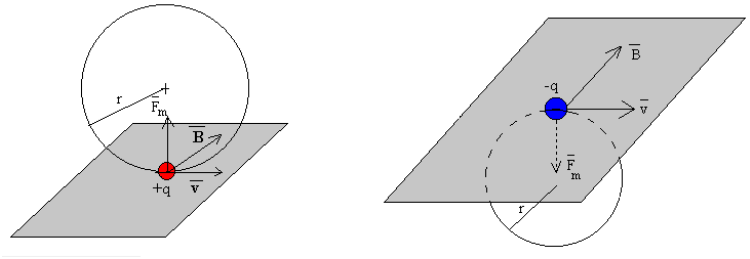
Gráfica 1



Gráfica 2



Gráfica 3



Se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Intensidad del campo eléctrico en N/C.
- Intensidad del campo magnético en Gauss (10^{-4} T).
- Magnitud de una unidad de carga: $1.6x10^{-19}$ C.
- Masa De una partícula: una u.m.a. ($1.67x10^{-27}$ Kg).
- Ajustar todas las unidades al sistema MKS, antes de realizar los cálculos.

ACTIVIDAD:

1. Consultar la dirección de Internet:
http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/elecmagnet/mov_campo/mov_campo.html
Si lo prefiere entre por búsqueda: *Física con ordenador,* luego *electromagnetismo* y, finalmente *movimiento de partículas cargadas.*
2. Encontrará en esta página los fundamentos físicos del problema. Revise detenidamente las deducciones analíticas que allí se exponen e identifique las diferentes variables físicas involucradas.
3. Identifique el fislet de la sección “Actividad”, interactuando siguiendo el ejemplo.
4. Cambie los parámetros, según sea pertinente, en cada una de las situaciones planteadas para poder completar las tablas 1, 2, y 3.
a. Movimiento de una partícula cargada en una región con presencia de campos eléctrico y magnético cruzados. La partícula no se desvía (Tabla 1).
b. Movimiento de una partícula cargada en una región con presencia de un campo eléctrico. La partícula se desvía, describiendo una trayectoria parabólica (Tabla 2).

c. Movimiento de una partícula cargada en una región con presencia de un campo magnético. La partícula se desvía, describiendo una trayectoria circular (Tabla 3).

Tabla 1: *Campos cruzados (y = 0)*

m ($x1.67x10^{-27}$Kg)	q ($x1.6x10^{-19}$ C)	**E** (N/C)	**B** ($x10^{-4}$ T)	**v** (m/s)
1	+1		-18	
2	-2	1000		
		-1350	30	

Tabla 2*:* **B** = 0

m ($x1.67x10^{-27}$Kg)	q ($x1.6x10^{-19}$ C)	**E** (N/C)	x (cm)	y (cm)	t (ns)
2	-2		25.17		
1		3000		5.07	

Tabla 3*:* **E** = 0 *(tenga en cuenta los valores de la tabla 1)*

m ($x1.67x10^{-27}$Kg)	q ($x1.6x10^{-19}$ C)	**B** ($x10^{-4}$ T)	**v** (m/s)	r (cm)	y (cm)

TAREA:

1. Presente por escrito la solución de los problemas propuestos en las tres tablas, de manera organizada, lógica y argumentada (son 8 problemas). Realice en cada caso el correspondiente análisis dimensional. Incluya la

impresión de la imagen dada por el fislet para cada una de las mediciones realizadas.

2. Proponga otra alternativa de solución a uno de los problemas propuestos.

Hermes F. Ortiz O.

4.3.3 Consulta interactiva guiada

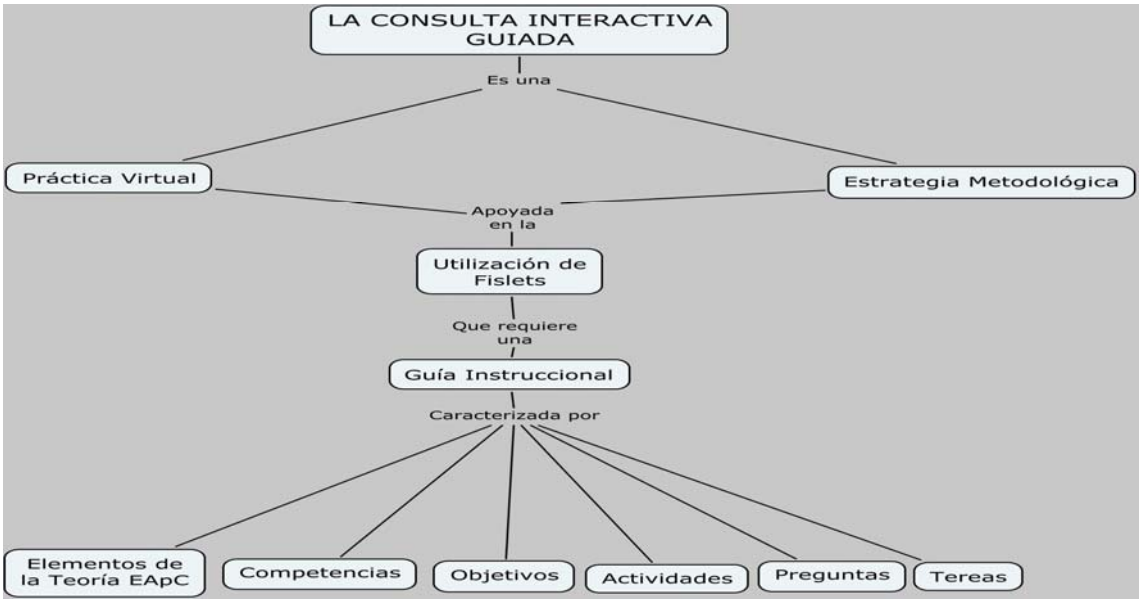


Figura 4.12 Mapa conceptual sobre la consulta interactiva usando fislets.

Esta actividad puede ser implementada en clase, en sala de informática, bajo la orientación directa y personal del docente, o como un trabajo individual extractase. En el primer caso no es necesario una guía instruccional para el estudiante y si la sesión de clase no alcanza para culminar la actividad, las indicaciones quedarán claras para ser terminada en tiempo extractase en casa. En el segundo caso si es necesario que el docente diseñe una guía instruccional para el estudiante; en tal caso la guía podría tener las características propuestas en el siguiente apartado.

4.3.3.1 Estructura de la guía para la consulta interactiva guiada

- *Elementos de la Teoría EApC.* Se especifican, de manera explicita, los elementos fundamentales del marco general de la Teoría del Aprendizaje para la Comprensión asociados con la consulta, a saber: Hilo Conductor, Tópicos Generadores, Metas de Comprensión, Desempeños de Comprensión y Valoración Continua.

- *Competencias.* Se refiere a las competencias básicas y específicas involucradas en cada consulta y que se pretenden que los estudiantes desarrollen. Deben ser indicadas claramente y de tipo teórico-explicativa, que permitan dotar de significación a los nuevos conceptos, establecer relaciones de orden e interdependencia entre conceptos y que permitan concebir formas alternativas de explicación ante la fenomenología natural.

- *Objetivos.* Lo que se pretende concretamente con la consulta. En esta propuesta tienen que ver con la comprensión de conceptos abstractos del electromagnetismo y con la determinación de relaciones entre los mismos.

- *Actividades.* Lo primero, en todas las consultas, siempre será conectarse a la Internet. Se dan las Instrucciones para interactuar con el ordenador a través de las páginas Web y fislets seleccionados, e indicaciones sobre enlaces pertinentes. Recordemos que los fislets más apropiados para esta actividad son los que contienen animaciones y simulaciones que reproducen sistemas físicos de manera cualitativamente. La actividad estará centrada en preguntas que el estudiante sólo podrá responder consultando las páginas Web e interactuando con los fislets indicados.

- *Tarea.* Tiene que ver con un informe escrito sobre las respuestas a las preguntas formuladas, puntos de vista personales, reformulaciones conceptuales, aspectos fundamentales, síntesis de lo consultado y

conclusiones, que deben ser discutidas en el aula de clase posteriormente.

4.3.3.2 Un ejemplo de consulta interactiva guiada

El objetivo principal de la actividad es comprender los conceptos *de carga de prueba, líneas de fuerza, campo eléctrico y fuerza eléctrica* de manera interactiva usando fislets.
Previamente en clase los estudiantes deben contestar, por escrito, las siguientes preguntas: ¿Qué es carga de prueba?, ¿qué entiende por campo de fuerza? y ¿cómo están relacionados estos dos conceptos? Preguntas que deberán contestar nuevamente después de la actividad.

Características de los fislets utilizados

Son dos los fislets utilizados para esta consulta. El primero permite colocar electrones en la vecindad de una carga positiva para observar la animación de la interacción entre las dos cargas. Estos electrones pueden ser colocados desde el reposo o ser inyectados con velocidad inicial en dirección arbitraria. Da la posibilidad también de observar el carácter vectorial.

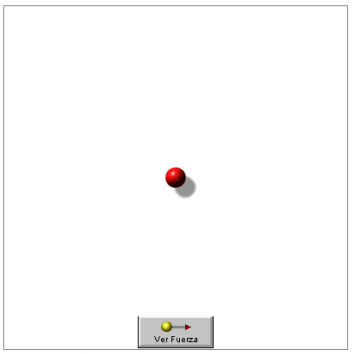


Figura 4.13 Fislet para estudiar cualitativamente la interacción entre cargas eléctricas puntuales opuestas.

El segundo fislet permite colocar electrones en la vecindad de un sistema de dos cargas puntuales de signo contrario, mostrando el carácter vectorial de la fuerza que experimenta esta carga debido al sistema de las dos cargas.

Figura 4.14 Fislet para estudiar cualitativamente la fuerza que experimenta un electrón debido a un sistema de dos cargas puntuales de signos opuestos.

Los electrones pueden ser puestos uno a uno, o varios a la vez y se tiene la opción de ver la representación del campo de fuerza, completo, resultante para el sistema de las dos cargas.

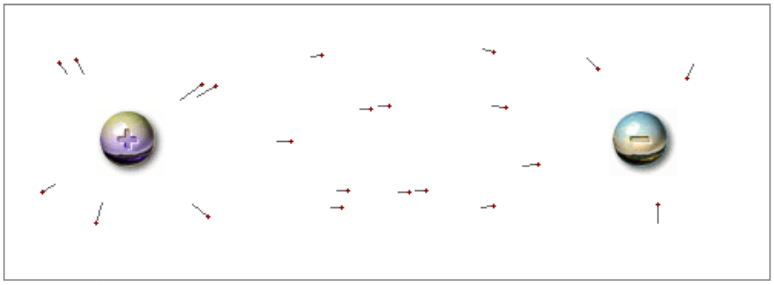


Figura 4.15 Algunos electrones en la vecindad de un sistema de dos cargas puntuales de signos opuestos.

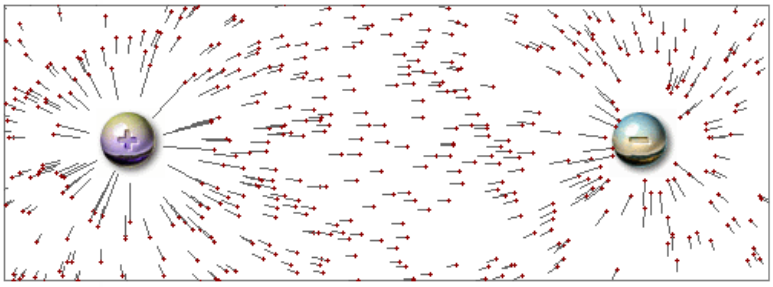


Figura 4.16 Muchos electrones en la vecindad de un sistema de dos cargas puntuales de signos opuestos.

Los electrones son utilizados como cargas de prueba para comprender el por qué de la orientación del campo eléctrico en un punto debido al sistema de las dos cargas. Con muchos electrones se puede comprender el patrón de líneas

de fuerza asociado al sistema de las dos cargas puntuales y que representa la configuración del campo de fuerza completo debido al sistema de cargas.

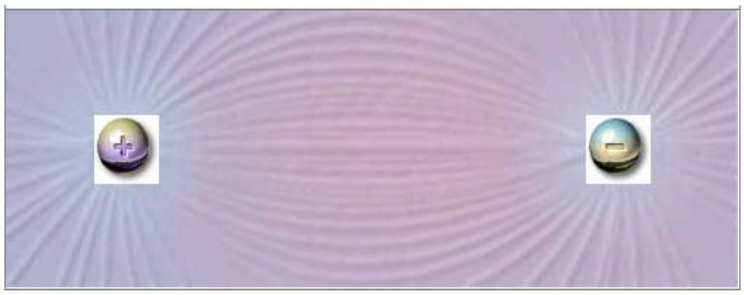


Figura 4.17 Campo de fuerza debido a un sistema de dos cargas puntuales de signos opuestos.

4.3.2.3 Guía de la consulta interactiva guiada para el estudiante

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS
FÍSICA III. Electromagnetismo
Consulta Interactiva Guiada

"Interacción de cargas eléctricas"

TEORIA EApC:

Hilo Conductor: "Los estudiantes comprenderán que 'interpretar el mundo de las interacciones eléctricas y magnéticas en que vivimos' solo es posible a través de las grandes teorías".

Tópico Generativo: "Electrostática".

Meta de Comprensión: "Los estudiantes comprenderán los conceptos de campo eléctrico, carga de prueba, líneas de fuerza y fuerza eléctrica".

Desempeño de Comprensión: (Desempeño de comprensión preliminar o de exploración). "Los estudiantes interactúan con el ordenador, a través de los fislets seleccionados por el docente y apoyándose en la guía de trabajo.

Repiten en contadas oportunidades las simulaciones, con algunas variaciones, para poder descubrir la relación existente entre los conceptos involucrados".

Valoración Continua: "El docente ha compartido, previamente, con los estudiantes los dos criterios para valorar-evaluar el trabajo, a saber: participación activa en una *puesta en común* y un breve informe escrito sobre la consulta, en el que deberán incluir las respuestas a las preguntas planteadas en la guía".

Retroalimentación para la Valoración Continua: "El profesor dirige una *puesta en común* centrada en las opiniones de los estudiantes, dadas antes y después de la consulta y finalmente formaliza los conceptos de campo eléctrico y fuerza eléctrica, matemáticamente".

COMPETENCIAS:

Competencia teórico-explicativa

> *Comprende el reconocimiento de las entidades básicas utilizadas en la construcción del electromagnetismo. Hace referencia a la simbolización de los conceptos y su utilización en la construcción de explicaciones y modelos en diferentes contextos, a su matematización, en donde ello sea posible, al establecimiento de relaciones entre esas entidades en forma de principios y leyes, que constituyen la estructura de la teoría electromagnética.*

1. Asociar a los nuevos conceptos las palabras, signos o símbolos que los representan y de este modo dotarlos de significación. (Reconocimiento y distinción del sistema de significación básico)
2. Establecer relaciones de orden e interdependencia entre los conceptos de campo eléctrico y fuerza eléctrica. (Uso comprensivo)
3. Concebir formas alternativas de explicación a una situación dada de la fenomenología de las interacciones eléctricas. (Argumentación y síntesis)

OBJETIVOS:

1. Comprender los conceptos de *carga de prueba, líneas de fuerza*, *campo eléctrico y fuerza eléctrica*.

2. Determinar la relación existente entre los conceptos de carga eléctrica, campo eléctrico, líneas de fuerza y fuerza eléctrica.

ACTIVIDADES:

1. Consultar la dirección de Internet:

http://www.maloka.org/f2000/index.html

Si lo prefiere entre por búsqueda: *maloka 2000,* luego *tabla de contenido* y, finalmente *fuerza eléctrica.*

2. Hacer lectura, reflexiva, general de la página. Haga uso de los enlaces que allí se encuentran.

3. Interactuar con el simulador para interpretar las dos simulaciones propuestas en los fislets.

Primera simulación:

4. Coloque electrones (con velocidad inicial cero) en diferentes puntos y a diversas distancias de la carga estática positiva. Hágalo con y sin la visualización del vector fuerza. Describa lo observado, dando una explicación argumentada.

5. ¿Qué opina, con respecto al símil hecho, en la página, sobre las fuerzas eléctricas y las fuerzas en los resortes?

6. Ahora, introduzca electrones, con velocidad inicial diferente de cero, en diferentes puntos; a diversas distancias de la carga estática positiva; y, en diferentes direcciones. Describa lo observado, dando una explicación argumentada.

7. Intente obtener una trayectoria circular para uno de los electrones introducidos. ¿De qué factores cree que depende obtener una trayectoria circular?

Segunda simulación:

8. Coloque muchas cargas de prueba, una por una, en diversos puntos y a diferentes distancias de cada una de las dos grandes cargas que conforman el sistema ilustrado en la simulación. Describa lo observado, dando explicaciones con argumentos. Observe cuidadosamente las orientaciones, y magnitudes, de los diferentes vectores representados al colocar las cargas de prueba. ¿Qué puede concluir?

9. Coloque, ahora, muchas cargas de prueba, pero haciendo uso de la opción “R”, que coloca muchas cargas de prueba simultáneamente de forma aleatoria.

Observe cuidadosamente las orientaciones, y magnitudes, de los diferentes vectores representados al colocar las cargas de prueba. ¿Qué puede concluir?
10. A propósito: ¿Qué es una carga de prueba? y, ¿una línea de fuerza? ¿Existen realmente?

TAREA:

Presente un breve informe escrito sobre la actividad que acaba de realizar. En él, incluya las respuestas a las preguntas que se formularon a lo largo de la misma. Finalmente, conteste nuevamente las tres preguntas que le fueron formuladas (en clase) antes de esta actividad, a saber: ¿Qué es carga de prueba?, ¿qué entiende por campo de fuerza? y ¿cómo están relacionados estos dos conceptos?

Hermes F. Ortiz O.

4.3.4 Competencias básicas de un docente en el uso de las NTICs, involucradas en el diseño y aplicación de las tres prácticas virtuales interactivas propuestas[27]

Desarrollo productivo.
(Competencias básicas)

Conceptos (saber-saber): Conoce los elementos básicos para navegar por Internet, almacenar, recuperar, clasificar e imprimir información. Conoce el ambiente de trabajo del procesador de textos, la hoja de cálculo y de algún software de base de datos.

---

[27] Según el modelo Conexiones (Zea; Atuesta; González, 2000), y agrupadas en cuatro categorías de base propuestas por Patricia Toro, Patricia Ochoa, Gustavo Villegas y Claudia Zea.

Procedimientos (saber-hacer): Utiliza motores para búsqueda de información en Web. Utiliza las distintas herramientas del procesador de texto, la base de datos, la hoja de cálculo y las utilidades de impresión y gráficos. Utiliza las funciones básicas de un editor gráfico.
Actitudes (saber-ser y convivir juntos): Contrasta la validez y actualidad de la información localizada. Valora las ventajas y los inconvenientes de los diferentes soportes electrónicos/digitales. Demuestra conocimiento frente a los problemas de equidad, éticos y humanos relacionados con el uso de la informática y la tecnología. Demuestra un sentido crítico frente a los cibermedios de comunicación.

Integración de las NTICs en ambientes de aprendizaje.
(Competencias deseables)

Conceptos (saber-saber): Conoce estrategias de integración de los recursos de las NTIC en la planificación y desarrollo de actividades de aprendizaje. Identifica y localiza recursos tecnológicos y evalúa su precisión e idoneidad.

Procedimientos (saber-hacer): Aplica los principios educativos y las investigaciones actuales al uso pedagógico de las NTIC. Planea el manejo de recursos tecnológicos dentro del contexto de las actividades de aprendizaje. Utiliza búsqueda de información digital, en bases de datos especializadas. Elabora talleres, presentaciones y materiales didácticos multimedia de apoyo para los estudiantes. Usa diversas ayudas que aportan las NTIC para el seguimiento y la evaluación de los estudiantes. Usa la tecnología para obtener y analizar datos, interpretar resultados y comunicar hallazgos con el fin de mejorar las prácticas educativas y el aprendizaje de los estudiantes. Comparte recursos digitales con pares académicos.

Actitudes (saber-ser y convivir juntos): Promueve en los estudiantes el uso de las NTIC, como fuente de información y como medio de expresión. Muestra actitudes favorables para el aprendizaje continuo y la actualización permanente. Posee actitudes favorables al trabajo en equipo y a compartir información digital con otros.

CAPITULO V

EL RELATO EN EL ELECTROMAGNETISMO

"Para la consideración de personas de… diferentes
Tipos, la verdad científica deberá presentarse
En diferentes formas, y deberá juzgarse como igualmente
Científica, ya sea en la presentación de una demostración
Física, en forma robusta y con vívido colorido, o con la delicadeza
Y palidez de una expresión simbólica".

(James Clerck Maxwell)

5.1 El relato y la comprensión del Electromagnetismo

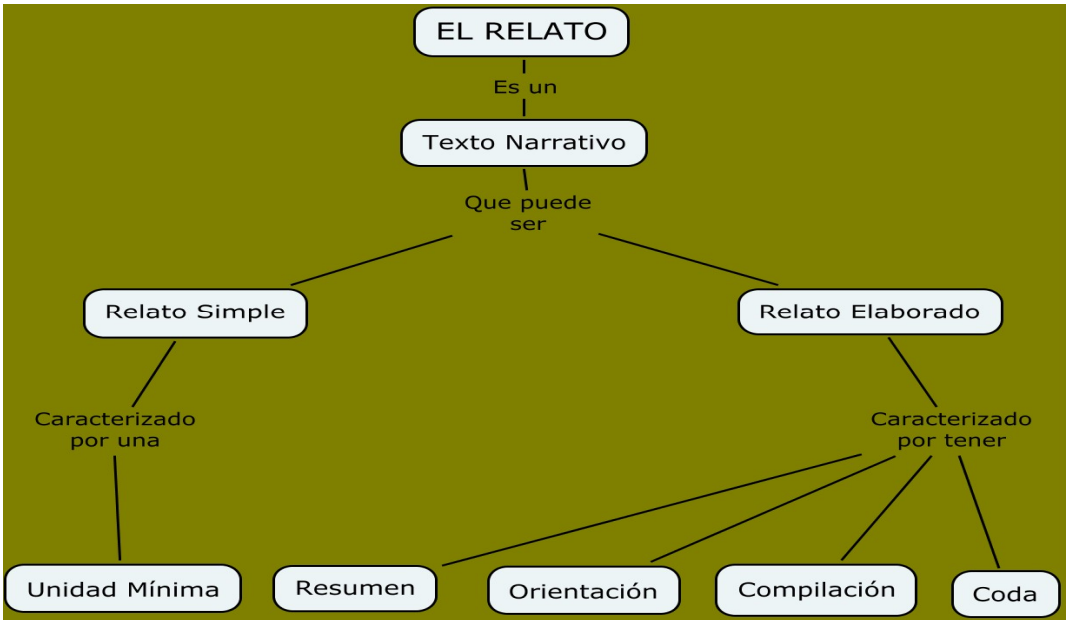


Figura 5.1 Mapa conceptual sobre la estructura del relato según William Labov.

Desde el punto de vista de la estructura de un relato, el relato propuesto en este trabajo como una estrategia para la enseñanza del electromagnetismo, no es un relato elaborado (de estructura compleja), si no un relato de estructura simple caracterizado por tener cláusulas narrativas, ordenadas de manera secuencial en el tiempo (ver sección 2.8). Es un relato pensado para ser escrito en habla cotidiana y sobre lo cotidiano, pero no de cualquier forma sino centrado siempre en asociaciones con el conocimiento científico[28].

Así pues, el objetivo fundamental no radica en la profundidad de la estructura sintáctica, ni en la complejidad semántico-pragmática de la realización de la función interpersonal en el texto. Son básicamente unidades narrativas con ilación espacio-temporal, apoyadas en la imaginación, la creatividad, la metáfora y, esencialmente, el establecimiento de paralelos y símiles. Es decir, son una muestra del ejercicio del hemisferio derecho del cerebro humano, que tanto hace falta para comprender la física.

[28] Las asociaciones entre el conocimiento común y el conocimiento científico involucradas en los relatos expuestos en este trabajo se dan en el caso del electromagnetismo.

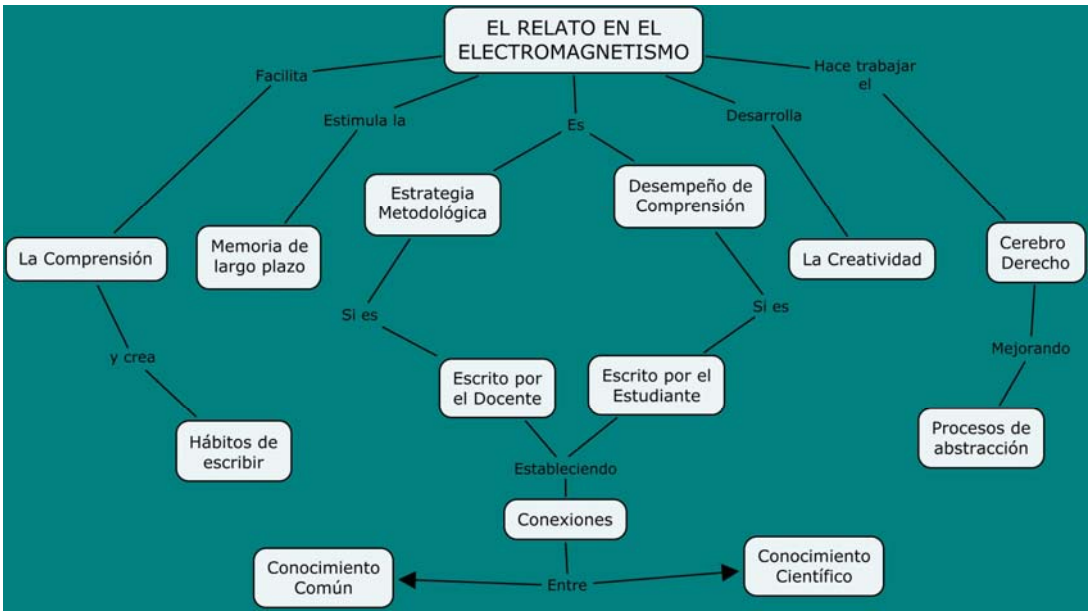


Figura 5.2 Mapa conceptual sobre el relato y el electromagnetismo.

La incorporación del relato en el proceso enseñanza-aprendizaje de la Física Universitaria, con una intencionalidad didáctica clara, contribuye a mejorar los niveles de comprensión de los estudiantes, como se pudo constatar con el desarrollo de este trabajo en diversos cursos de electromagnetismo de los programas de Ingeniería de la Universidad Católica de Colombia.

El estudiante que se de a la tarea de escribir un relato tiene que estar constantemente indagando y consultando sobre los fundamentos científicos asociados con su narración, pues debe estar seguro de que los paralelos y conexiones que establezca tengan sentido pudiendo argumentar con claridad al respecto. Así, la elaboración de relatos por parte de los estudiantes se convierte en una estrategia metodológica que rompe esquemas y los motiva. Además, es una muy buena excusa para que aprendan a narrar, a contar, a describir con sus propias palabras, a redactar informes y a escribir; algo que tendrán que estar haciendo a diario en su vida profesional. Por otra parte, estos relatos son desempeños de comprensión muy válidos para el docente.

Es pertinente que los relatos escritos por los docentes tengan la característica de servir como herramienta didáctica flexible. Esto es, que puedan ser

utilizados con diversas intencionalidades, así por ejemplo: como una actividad complementaria que potencie la comprensión a través de la lectura reflexiva y el análisis crítico con los estudiantes; como introducción a un tópico generador en particular; como ejercicio que promueva el establecimiento de conexiones y asociaciones donde aparentemente no las hay, llevando al estudiante a sentirse inmerso en el pensamiento, mejorando sus niveles de abstracción, algo imprescindible a la hora de abordar la comprensión de ciertos principios fundamentales de la Física; o como una actividad lúdica si se quiere; entre otras.

Escribir un relato con un enfoque pedagógico no es un ejercicio fácil, más aún cuando su principal característica es la asociación entre el conocimiento común y el conocimiento científico. La primera reacción de los estudiantes ante esta estrategia es de desconcierto, apatía, impotencia y muestra de serias dificultades para involucrarse de lleno en la actividad; algo razonable y predecible debido a la escasa o nula costumbre de escribir que caracteriza a los estudiantes de Ingeniería.[29] Más sin embargo, una vez que el docente les muestra sus relatos y les comenta sobre sus propias dificultades para concretarlos, es gratificante ver como progresivamente van tomando interés y se motivan a escribir sus propios relatos, siendo de vital importancia, para la valoración continua, la orientación que preste el docente durante este proceso.

5.2 El relato y la memoria

[29] En el contexto de la educación superior colombiana, en el ámbito de la Ingeniería, y particularmente de los estudiantes de la UCC (Universidad Católica de Colombia).

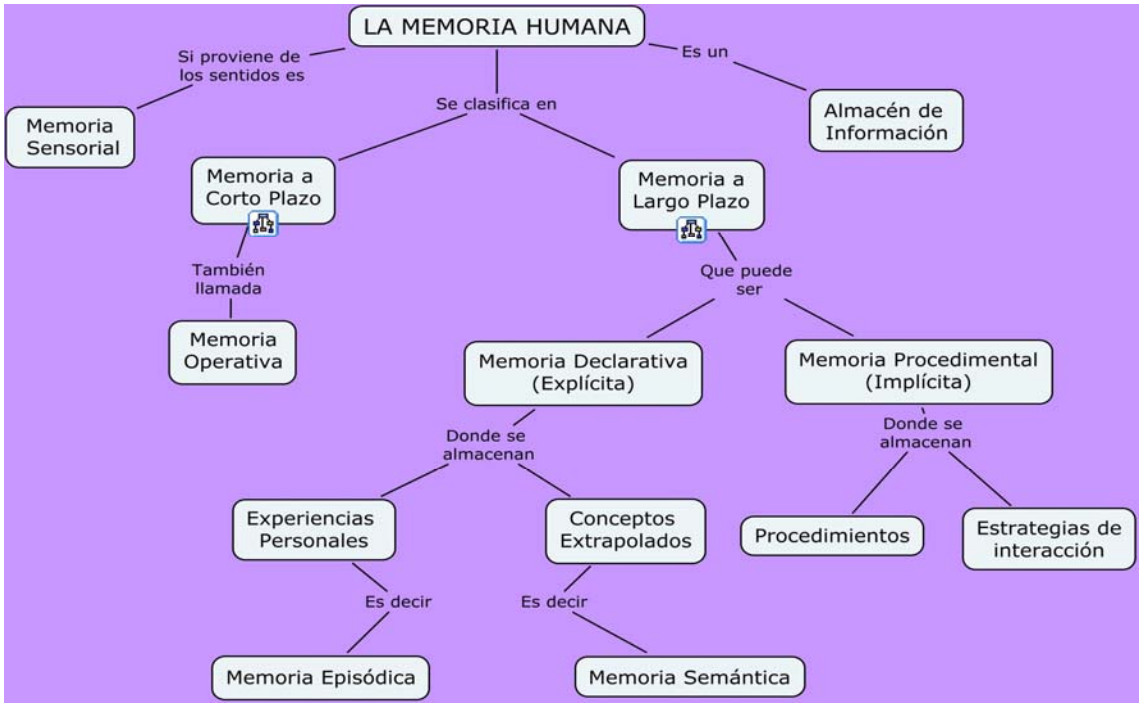


Figura 5.3 Mapa conceptual sobre la memoria humana.

Haciendo clic en los enlaces de este mapa conceptual podemos acceder a los siguientes dos mapas que complementan la información.

Figura 5.4 Mapa conceptual sobre la memoria a corto plazo.

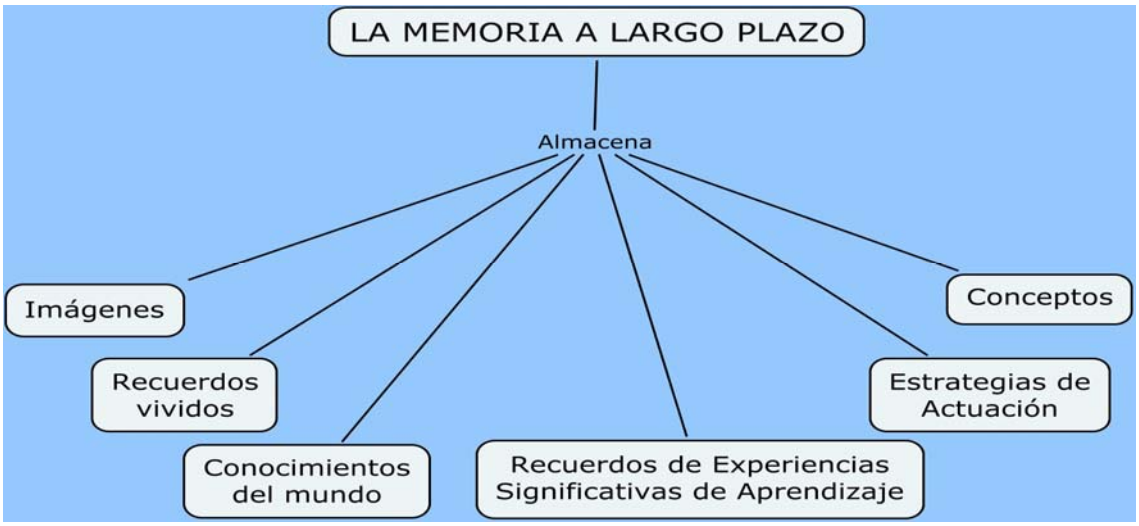


Figura 5.5 Mapa conceptual sobre la memoria a largo plazo.

Si bien es cierto que la Física no es para aprenderla memorística mente, la memoria juega un papel importante en los procesos de consecución de un aprendizaje significativo por cuanto a través de ella es que se posibilita el almacenamiento de información clave sobre modelos que son necesarios recordar y comprender correctamente a la hora de relacionarlos en el presente con el fin de acceder a nuevos conocimientos. Mediante la memoria es que el ser humano está capacitado para retener experiencias pasadas. Estas experiencias según su alcance para recordarlas, permiten la diferenciación entre *memoria a corto plazo*, también llamada *memoria operativa*, (transitoria) y *memoria a largo plazo* (más o menos permanente). La memoria es como un almacén de información en el cerebro que está disponible para ser consultada cuando se requiera.

La información almacenada proveniente de los sentidos se conoce como *memoria sensorial*, esencial para el procesamiento de la información en la *memoria operativa*. Esta memoria es de muy baja capacidad, se pueden mantener 9 elementos por un intervalo muy corto de tiempo (250 ms).

En cuanto a la memoria operativa, la retención de la información ocurre al interactuar con el entorno, el almacenamiento de la información es más duradero pero aún sigue siendo limitado. Su capacidad permite un almacenamiento de entre 5 y 9 elementos durante 10 s, pudiéndose aumentar

si se repasa. “Las funciones generales de este sistema de memoria abarcan la retención de información, el apoyo en el aprendizaje de nuevo conocimiento, la comprensión del ambiente en un momento dado, la formulación de metas inmediatas y la resolución de problemas”[30]. Debido a las limitaciones de capacidad, cuando una persona realice una determinada función, las demás no se podrán llevar a cabo en ese momento. La memoria operativa la conforman subsistemas, unos encargados de procesar la totalidad de la información verbal y otros encargados del trabajo con elementos de carácter visual o espacial, su tarea consiste en mantener estos tipos de información.

La memoria de largo plazo contiene información de diferente naturaleza. Es considerada la *base de datos* en la que es insertada la información a través de la memoria operativa, para hacer uso de ella posteriormente. Es la estructura en la que se almacenan recuerdos vividos, conocimientos acerca del mundo, imágenes, conceptos, estrategias de actuación y recuerdos de experiencias significativas de aprendizaje entre otros. Su capacidad se desconoce. Según el tipo de información almacenada, la memoria a largo plazo pude ser *Memoria Declarativa* (explícita) o *Memoria Procedimental* (implícita). En la Memoria Declarativa se almacena información sobre *hechos* y en la Memoria Procedimental sobre procedimientos y estrategias que permiten interactuar con el medio ambiente, pero que su puesta en marcha tiene lugar de manera inconsciente o automática, resultando prácticamente su verbalización.

Según la Psicología cognitiva, “la Memoria Procedimental es considerada como un sistema de ejecución, implicado en el aprendizaje de diversos tipos de habilidades que no están representadas como información explícita sobre el mundo. Estas se activan de modo automático, como una secuencia de pautas de actuación, ante las demandas de una tarea. Consisten en una serie de repertorios motores (escribir) o estrategias cognitivas (hacer un cálculo) que llevamos acabo de modo inconsciente.

El aprendizaje de estas habilidades se adquiere de modo gradual, principalmente a través de la ejecución y la retroalimentación que se obtenga

[30] Según el aprendizaje de la Teoría del procesamiento de información sustentado por la Psicología cognitiva. http://es.wikipedia.org/wiki/Memoria_humana

de esta; sin embargo, también pueden influir las instrucciones (sistema declarativo) o por imitación (mimetismo). El grado de adquisición de estas habilidades depende de la cantidad de tiempo empleado en practicarlas, así como del tipo de entrenamiento que se lleve a cabo".

"La unidad que organiza la información almacenada en la Memoria Procedimental es la regla de producción que se establece en términos de condición-acción, siendo la condición una estimulación externa o una representación de ésta en la memoria operativa; y la acción se considera una modificación de la información en la memoria operativa o en el ambiente. Las características de esta memoria son importantes a la hora de desarrollar una serie de reglas que al aplicarse permitan obtener una buena ejecución en una tarea".

De otra parte, "la *Memoria Declarativa* (explícita) contiene información referida al conocimiento sobre el mundo y las experiencias vividas por cada persona (*memoria episódica*), así como información referida al conocimiento general, más bien referido a conceptos extrapolados de situaciones vividas (*memoria semántica*). La *Memoria Semántica* se refiere al almacenamiento de conocimientos acerca de los significados de las palabras y las relaciones entre estos significados (diccionario mental), y la *Memoria Episódica* representa eventos o sucesos que reflejan detalles de la experiencia vivida y no solamente el significado. La organización de los contenidos en la *Memoria Episódica* está sujeta a parámetros espacio-temporales; esto es, los eventos que se recuerdan representan los momentos y lugares en que se presentaron. Sin embargo, la información representada en la *Memoria Semántica* sigue una pauta conceptual, de manera que las relaciones entre los conceptos se organizan en función de su significado".

Veamos ahora como se reflejan estas memorias en el hecho concreto de escribir relatos, experiencia que ha sido llevada a cabo en la Universidad Católica de Colombia. La tarea asignada a los estudiantes fue *escribir un relato en el que se relacionara el conocimiento común con el conocimiento científico*, específicamente en electromagnetismo. En el mismo instante en que fue asignada la tarea, empezó el aprendizaje de ciertas habilidades necesarias

para que el estudiante pudiera escribir el relato solicitado. Para tal efecto, fueron de suma importancia las instrucciones que recibieron por parte del docente, pues éstas influyeron directamente en el desarrollo de su trabajo.

No se puede esperar que en el primer intento se logre el objetivo, la experiencia así lo demostró, pues estas habilidades se adquieren, además de gradualmente, de manera un poco lenta. Son muchas las veces que se tiene que reescribir el mismo relato, cada vez que se lee surgen modificaciones que permiten mejorarlo (retroalimentación personal) hasta aproximarse lo más que se pueda a lo que originalmente se quería escribir. Aún en este instante el relato no se ha concretado definitivamente, es estrictamente necesario que otras personas lo lean y emitan sus opiniones (retroalimentación externa). En esta experiencia, el docente además de brindar instrucciones precisas para que los estudiantes escribieran relatos con estas características, les expuso varios relatos de su autoría previamente. Los resultados mostraron relatos escritos por los estudiantes con una marcada tendencia de imitación, lo cual no sorprende ni es malo si se tiene en cuenta que era la primera vez que se enfrentaban a una tarea de esta naturaleza y que apenas empezaban a desarrollar las habilidades necesarias. De cualquier manera, es claro que se requiere practicar constantemente para lograr mejores relatos con el tiempo.

Las dos subdivisiones de la Memoria Declarativa son plenamente identificadas al leer los relatos escritos por los estudiantes, como puede ser constatado más adelante en este capitulo con la exposición de algunos de sus relatos. El escribir textos narrativos sobre lo cotidiano, sobre las experiencias vividas relacionándolas, mediante el establecimiento de paralelos, con los conocimientos científicos, realizando extrapolaciones e imaginando y creando situaciones ficticias, hace que se recurra a las memorias episódica y semántica, ejercitando de esta manera la memoria de largo plazo.

Se espera que en un futuro lejano los estudiantes recuerden las comprensiones de los conceptos científicos involucrados en los relatos que ellos mismos escribieron o de los relatos expuestos por el docente para tal fin.

Los relatos escritos por el docente son una estrategia metodológica motivante para los estudiantes que puede ser implementada como introducción a los tópicos generadores o como una actividad complementaria de refuerzo y retroalimentación.

Los relatos escritos por los estudiantes son un desempeño de comprensión que le permiten al docente valorar metas de comprensión y al estudiante avanzar significativamente en su comprensión, además de contribuir con el desarrollo de habilidades para escribir.

5.3 El relato y los hemisferios del cerebro humano

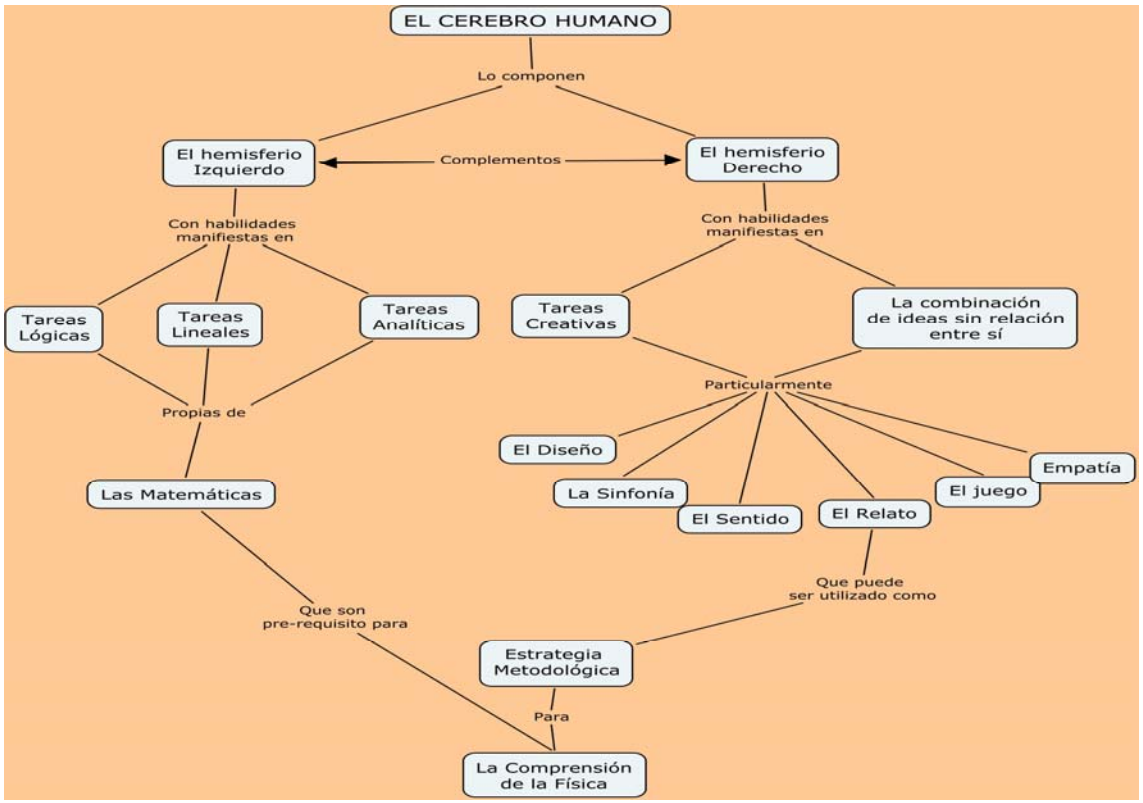


Figura 5.6 Mapa conceptual sobre el relato y el cerebro humano.

Existe un error generalizado en los estudiantes: “querer ver en la Física una materia mas de Matemáticas”. Error que desdichadamente en muchos casos es transmitido por los propios docentes y que repercute en un impedimento serio para la comprensión de la Física. Las matemáticas son ante todo *un lenguaje y una herramienta* imprescindibles a la hora de querer comprender el mundo físico, pero no son suficientes. Son un prerrequisito al que podemos

acceder gracias a los beneficios de las habilidades propias del hemisferio izquierdo del cerebro humano, manifiestas cuando se desarrollan trabajos que impliquen tareas lógicas, analíticas y lineales. ¿De qué sirve conocer modelos matemáticos si no logramos asociarlos y relacionarlos con los eventos físicos? Se entiende, entonces, que es necesario desarrollar ciertas habilidades y destrezas complementarias; unas por los docentes, otras por los estudiantes y otras por ambos. Habilidades para:

- Emprender tareas creativas.
- Combinar ideas que no tengan relación entre si.
- Entender el todo a partir de las partes.
- Imaginar e inventar.
- Lograr explicaciones con nuestras propias palabras valiéndonos de paralelos, símiles y metáforas que permitan evidenciar la comprensión de forma informal y práctica.
- Aprender lúdicamente.
- Enseñar lúdicamente.
- Asociar elementos aparentemente sin relación entre sí posibilitando la síntesis y el establecimiento de conexiones.
- Pasar de lo analítico a lo abstracto con la posibilidad de crear experiencias ideales.

Todas estas habilidades, entre otras, corresponden al hemisferio derecho del cerebro humano. Son seis las habilidades propias del cerebro derecho (Daniel H. Pink, 2005) a saber: el Diseño, el Relato, la Sinfonía, el Juego, la empatía y el Sentido.

Desde esta perspectiva podemos entender que “solo con las destrezas del cerebro izquierdo no es posible una verdadera comprensión de la Física”. Deben, los docentes de Física, empezar a mirar con otros ojos esa otra mitad del cerebro un tanto olvidada y menospreciada a la hora de enseñar.

Al mostrarles la Física a los estudiantes solo a partir de los beneficios del cerebro izquierdo, lo más probable es que ellos solo activen el mismo hemisferio y les parezca tedioso, aburrido e incompleto el aprendizaje; pues de

esta manera difícilmente podrán abstraer y establecer relaciones con su propia realidad para encontrarle sentido a lo que se pretende que comprendan.
Los ambientes de estudio son igualmente importantes: “primero agradar para luego entender y comprender”. Se debe experimentar gusto tanto al enseñar como al aprender, sentir amor por lo que se esta haciendo y estos elementos tampoco se consiguen ejercitando el cerebro izquierdo.

La experiencia de los docentes en su ejercicio pedagógico en el ámbito de la docencia de la Física, en los diferentes niveles, pone en evidencia que en muchas ocasiones es necesario hacer un alto en el camino para dejar de lado los formulismos analíticos y pasar a constructos abstractos e informales, que facilitan mostrar los tópicos de una manera más amigable… que puede ser en un contexto enriquecido con emociones (relatos), a través de símiles y establecimiento de paralelos; favoreciendo de esta manera la comprensión.
De otra parte, son interesantes e importantes las conversaciones y discusiones informales entre los estudiantes y el docente, a cerca de tópicos de la física relacionados con lo cotidiano o con sus perfiles ocupacionales. Este es un complemento eficaz para la comprensión y una fuente de inspiración para el docente que se anime a escribir relatos.
Estas son razones validas para pensar que es importante que los estudiantes aprendan a contar (y escribir) relatos y los docentes, además de saber contar (y escribir) relatos, deban aprender a escuchar, entender y valorar los relatos de sus estudiantes. De esta manera es posible obtener información sobre sus comprensiones para actuar con el propósito de mejorarlas si es necesario.

Se exponen a continuación algunos relatos, en electromagnetismo, unos escritos por el docente y otros por estudiantes de Ingeniería. Trabajo llevado a cabo en la Universidad Católica de Colombia durante los años 2006 y 2007.

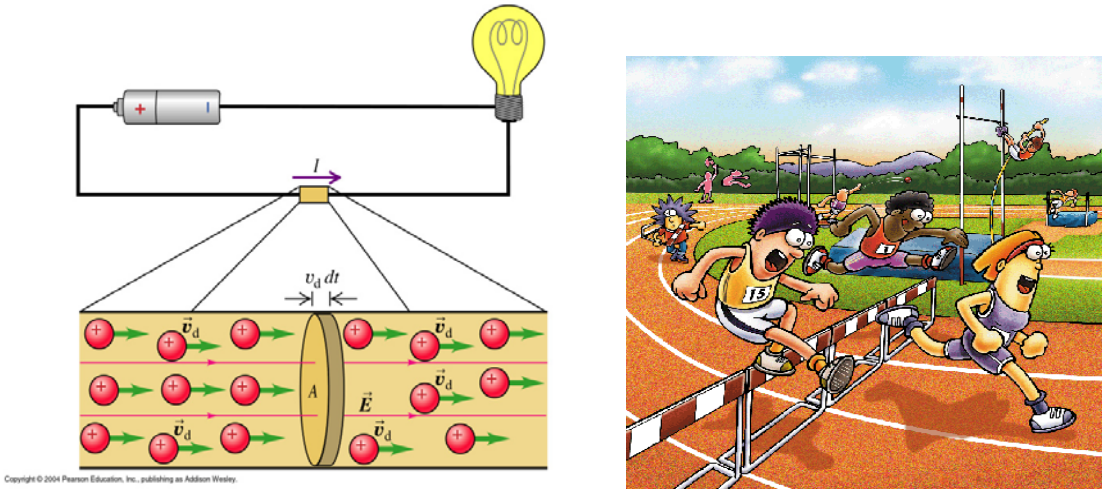
En el primer relato escrito por el docente, además de hacer claridad sobre los fundamentos científicos asociados, se discute acerca del enfoque pedagógico. En los demás, el enfoque pedagógico se deja abierto permitiendo la libertad y creatividad del docente que quiera implementarlos.

5.4 Relatos escritos por el docente

5.4.1 *Relato 1*: *sobre la resistencia eléctrica de un conductor.*

¡LEVÀNTATE Y ANDA!

Autor: Hermes F. Ortiz O.



a b

Figura 5.7 [31] a: Portadores de carga abriéndose paso, atravesando un conductor. b: Competidores abriéndose paso, atravesando la pista.

Hace algunos meses asistí a un bazar con mi familia, recuerdo que era un día festivo y que llegamos a eso de las 10:00 a.m. Hizo un día despejado con un sol hermoso que obligaba a usar gafas oscuras y a estar refrescándose periódicamente, con una deliciosa cerveza fría. Disfrutamos placenteramente de la gastronomía y entretuvimos largos ratos conversando y caminando, mientras mirábamos a los niños jugar, jugar... y jugar. Eran muchas, variadas y divertidas las actividades dispuestas para niños y adultos: grupos musicales, bailes, concursos, bingos, juegos, carros chocones, saltarines, inflables... Recuerdo que hubo un juego que me llamó enormemente la atención (un tanto discriminatorio ya que era sólo para varones), tanto que después de por lo menos media hora de estar observando y riéndome, miré a mi alrededor y no vi a los adultos de mi familia que caminaban conmigo; decidí, entonces, seguir

[31] Imagen a: tomada de Sears-Zemansky-Young-Freedman. Física Universitaria. Volumen 2. Undécima edición. Imagen b: tomada de www.nikok.com

observando un rato más para luego buscarlos. El juego consistía en una carrera en el césped con los pies descalzos. ¡Qué bobada!, ¿verdad? Pues no. El desplazamiento debía realizarse sobre un plástico enjabonado colocado sobre el césped, al que continuamente le estaban echando agua y jabón. Cambia el asunto, ¿cierto?

Las pistas eran tres tiras de plástico grueso y transparente, cada una de 80.0 cm. de ancho por 5.0 m de largo más o menos, dispuestas una al lado de la otra y en forma paralela. Concursaban tres varones, uno en dada pista, que a la orden de un pito partían a correr... perdón, a tratar de caminar para atravesar la pista longitudinalmente. Tenían un tiempo prudente para lograrlo y si no existía ganador, entonces, cambiaban de concursantes; la única regla era que el plástico debía ser atravesado de pies, simplemente el que primero llegara al otro extremo recibía un premio. Como demoré bastante tiempo observando me pude dar cuenta que algunos adultos lo lograron aunque con gran dificultad y después de un buen número de aparatosas caídas. Estuve tentado a participar pero me contuve; estoy seguro que habría logrado atravesar fácilmente ese plástico y en muy corto tiempo... pero a lo ancho, teniendo en cuenta que a esa hora ya eran varias las cervezas en mi cabeza.

Luego de reunirme nuevamente con los míos, y después de un par de horas más de esparcimiento y un poco cansados, partimos a casa como a las 4:30 p.m.

Pasaron los días y con el tiempo recodé tan alocadas carreras en aquel bazar y se me ocurrió dar rienda suelta a la imaginación y reconstruir el juego con algunas variantes para condicionar de diversas maneras la “dificultad” de atravesar la pista plástica. Pensemos en las siguientes variantes: imaginemos que ahora las pistas tienen barandas acolchadas a lo largo y las hay de diferentes longitudes y anchuras. Además, se tienen diferentes sustancias líquidas y sólidas como aceites, grasas, arvejas y cáscaras de banano, aparte de la ya conocida agua con jabón, entre otras. Y, ya no es solo un competidor por pista sino varios, que siguen siendo varones y deberán estar cogidos de la mano. De esta forma si que se pondría emocionante el jueguito ¿no te parece?

Pensemos sólo en dos de las muchas posibilidades que tendremos ahora para poner a concursar a los varones que se atrevan: por ejemplo, tomemos dos pistas de igual longitud y ancho, pero una enjabonada y la otra con cáscaras de banano y cinco concursantes por pista. Pitemos (orden de partida) y... a reír. ¿Cuántas caídas?, ¿cuántos enredos?, ¿cuánto tiempo emplea cada equipo para atravesar la pista? ¡Qué divertido!, ¿quién ganó?, ¿por qué ganó?... por favor no me vayas a contestar que ganó el equipo que llegó primero, porque lo hizo antes que los otros.

Ahora, escojamos dos pistas de igual longitud, ambas con aceite pero una mucho más angosta que la otra, demos la orden de partida, sigámonos riendo de los porrazos y esperemos a que gane el equipo que ya sabíamos que tenía que ganar, desde antes de la partida. ¿Cuál equipo?, ¿por qué?

Si quieres, puedes seguir imaginándote otras posibilidades y aventurarte a predecir qué equipo debería ganar.

De cualquier manera, parece razonable concluir que la “dificultad” para atravesar las pistas, independientemente de preocuparnos por la competición, está supeditada a sus dimensiones (largo y ancho) y a la sustancia que se riegue sobre ellas. Los participantes (sea uno por pista, o más) tendrán menos “dificultad” en atravesar una pista corta que una más larga; una ancha que una angosta; o una sin aceite que con aceite.

Ya esta bueno de juegos imaginarios, pero sigamos imaginando, pensemos ahora en algo más descabellado aun: cambiemos las pistas plásticas por cables metálicos de cierta longitud y sección transversal y la orden del pito, por el establecimiento de una diferencia de potencial entre los extremos de los cables y pensemos en términos eléctricos...

Fin del relato.

Fundamentos científicos asociados con el relato

En el caso de un conductor con resistividad ρ, la densidad de corriente **J** en un punto donde el campo eléctrico es **E** está dada por la ecuación:

$$\mathbf{E} = \rho \mathbf{J}$$

Si el material del conductor satisface la ley de Ohm, ρ es constante e independiente de la magnitud del campo eléctrico; por tanto **E** es directamente proporcional a **J**.

En muchos casos interesa más la corriente total en un conductor que la densidad de corriente, y más la diferencia de potencial entre los extremos del conductor que el campo eléctrico. Esto es debido a que es mucho más fácil medir la corriente y la diferencia de potencial que **J** y **E**.

Supongamos que el conductor es un alambre con área de sección transversal A y longitud L, como se ilustra en la figura a. V será la diferencia de potencial entre los extremos de mayor potencial y menor potencial del conductor, así V es positiva. La dirección de la corriente es siempre del extremo de mayor potencial al extremo de menor potencial; dado que en un conductor la corriente fluye en la dirección de **E**, no importa cual sea el signo de las cargas que se trasladan, y que **E** apunta en la dirección de potencial eléctrico decreciente. A medida que la corriente circula a través de la diferencia de potencial, se pierde energía potencial eléctrica; esta energía se transfiere a los iones del material conductor durante las colisiones.

La corriente I está dada por I = JA, y la diferencia de potencial V entre los extremos del conductor es V = EL. Levando J y E de estas ecuaciones a la ecuación del recuadro de arriba se obtiene que:

$$\frac{V}{L} = \frac{\rho \cdot \mathrm{I}}{\mathrm{A}} \quad \text{O si se quiere} \quad V = \frac{\rho}{\mathrm{A}} L\mathrm{I}$$

Lo cual demuestra que, cuando ρ es constante, la corriente total I es directamente proporcional a la diferencia de potencial V.

La proporcionalidad entre V e I con respecto a un conductor se conoce como su *resistencia eléctrica R*, es decir:

$$R = \frac{V}{\mathrm{I}}$$

Concluyendo finalmente que la resistencia R de un conductor en particular está relacionada con la resistividad ρ de su material a través de la expresión:

$$R = \rho L / A$$

De otra parte, una partícula con carga que se traslada en un conductor se somete a colisiones frecuentes con los iones de gran masa y casi fijos del material. En cada una de estas colisiones la dirección de movimiento de la partícula se somete a un cambio al azar. El efecto neto del campo eléctrico **E** es que, además del movimiento aleatorio de las partículas con carga dentro del conductor, hay un movimiento neto muy lento, *o deriva*, del traslado de las partículas con carga, como grupo, en la dirección de la fuerza eléctrica **F** = q**E**. Este desplazamiento se describe en términos de la *velocidad de deriva* $\boldsymbol{v}_d$ de las partículas.

Aunque el movimiento aleatorio de los electrones de conducción, en el conductor, tiene una rapidez muy grande (aproximadamente 10^6 m/s), la rapidez de deriva es muy lenta (del orden de 10^{-4} m/s).

Enfoque pedagógico

El anterior relato puede ser utilizado de diversas maneras como estrategia metodológica en la enseñanza-aprendizaje de tópicos del electromagnetismo, como muy posiblemente se dará cuenta el docente de física que lo lea.

Por ejemplo, podría ser utilizado como introducción a la temática de electrodinámica, o específicamente para introducir los conceptos de resistencia eléctrica y velocidad de deriva, antes de entrar a hablar formalmente de resistividad, conductividad..., previamente de entrar a matematizar sobre el fenómeno físico y realizar las deducciones analíticas pertinentes. O por el contrario, como una actividad complementaria y desempeño de comprensión, a través de un análisis critico solicitado a los estudiantes después de su lectura.

Independientemente de cómo se pretenda utilizar el relato, las siguientes son sólo algunas de las posibles preguntas que se deberían formular a los estudiantes para su discusión:

¿Es evidente algún paralelo?, ¿en el caso de los alambres metálicos, cuáles serían los concursantes?, ¿por qué la condición discriminatoria sobre los participantes en el juego?, ¿por qué las barandas acolchadas?, ¿de qué factores depende el tiempo necesario para atravesar una pista?, ¿tiene alguna significación el hecho que los concursantes estén cogidos de la mano?, y mucha otras.

Podemos establecer la siguiente asociación entre los factores involucrados en el fenómeno físico de la resistencia eléctrica de un conductor y el relato:

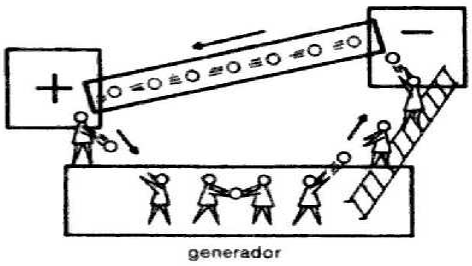
RESISTENCIA ELECTRICA DE UN CONDUCTOR	*RELATO: ¡LEVANTATE Y ANDA!*
Conductor: cable metálico.	Pista de competición: tiras de plástico
Naturaleza del conductor: Al, Cu, Fe…	Característica de la pista: con aceite, jabón…
Portadores de carga.	Competidores.
Electrones: portadores de carga negativos.	Concursantes: varones.
Resistividad del conductor.	Naturaleza de la sustancia sobre la pista.
Sección transversal del conductor.	Ancho de la pista.
Longitud del conductor.	Longitud de la pista.
Resistencia eléctrica del conductor.	Dificultad que ofrezca la pista al ser recorrida.
Velocidad de deriva.	Velocidad de los concursantes de la mano.
Establecimiento de una diferencia de potencial en los extremos del conductor.	Señal de partida para los competidores.
Colisiones de los electrones con los iones del material.	Caídas de los competidores, colisiones con el piso y las barandas acolchadas.
Algo obvio: los electrones no salen del conductor.	Condición: los concursantes no se salen de la pista, por eso las barandas.
Movimiento aleatorio de los electrones dentro del conductor.	Movimiento aleatorio de los de los concursantes dentro de la pista.
Movimiento aleatorio de los electrones con rapidez promedio muy grande, mucho mayor que la rapidez de deriva.	Movimiento aleatorio de los concursantes con rapidez muy superior que la rapidez de grupo (de la mano).

Tabla 5.1 Asociación entre la resistencia eléctrica de un conductor y el Relato “Levántate y Anda”.

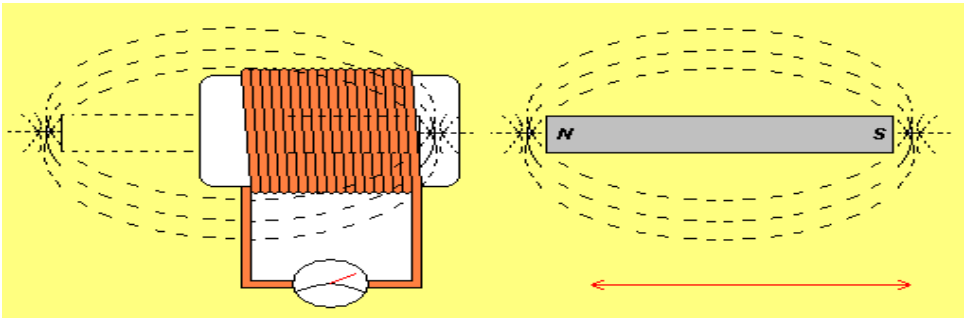
5.4.2 *Relato 2: sobre la corriente eléctrica.*

PARTICULAR GUERRA EN “TIERRAS DE NUNCA JAMÁS”

Autor: Hermes F. Ortiz O.



a



b

Figura 5.8 La corriente eléctrica. a) corriente directa (continua). b) corriente alterna.

Hace una gran cantidad de años hubo una guerra muy inusual entre dos naciones totalmente antagónicas, pertenecientes al fantástico “Mundo de Nunca Jamás”. Una de ellas, Suram, era una nación subdesarrollada de mucha población y que desafortunadamente no gozaba de recursos tecnológicos, por lo que su arsenal armamentístico no contaba con armas de fuego, se reducía a simples armas de filo como cuchillos y rústicas espadas. La otra nación, Eurap, gozaba de los más altos avances tecnológicos de la época que le permitieron la construcción de un arma muy avanzada para su tiempo, tenían un tipo de armas de fuego, pistolas. Pero en cambio, su población era extremadamente reducida comparada con la de Suram.

La victoria era de vital importancia para Eurap, pues de ello dependía la seguridad de su pueblo y además tenía que proteger el poderío económico que ostentaba y estaba siendo amenazado. Así que decidió contratar a los mejores dos estrategas de guerra de todos los tiempos. La situación era la siguiente: los

soldados de Suram eran millones de veces más que los de Eurap; sin embargo estos soldados sólo disponían de cuchillos y rústicas espadas para atacar. En cambio, Eurap tenía sólo un tipo de armas, pero eran armas que podían disparar muchas balas antes de ser recargadas. Sin embargo, estas pistolas eran demasiado grandes para ser disparadas con una sola mano y recargarlas era un proceso bastante largo, además tenían una extraña particularidad: apenas entraban en contacto con las manos de un soldado se empezaban a calentar progresivamente; no obstante, al ser intercambiadas entre los soldados, volvían a enfriarse de manera inmediata al pasar a las nuevas manos para iniciar nuevamente su calentamiento. Como el ejército rival los había rodeado, era evidente que el objetivo de Suram consistía en encerrarlos para después atacar; era claro también, que el objetivo principal de la estrategia de Eurap estaba centrado en no permitir que el otro ejército se acercara por nada del mundo, pues de otro modo los tumultos de soldados enemigos acabarían prontamente con su pequeño ejército.

Las soluciones de los estrategas contratados por Eurap no se hicieron esperar, cada uno por aparte le explicó al General Comandante su solución y éste tomó una decisión que hasta el día de hoy se sigue cuestionando, pues ambas estrategias ofrecían ventajas y desventajas.

La solución que propuso el primer estratega fue la siguiente:

Era un hecho que los soldados no podían cargar armas fijas pues sus manos se quemarían, la solución fue rotar las armas. Los soldados tenían que estar organizados en forma cerrada y mirando hacia todos los frentes, pues estaban rodeados por el otro ejército que llegaría por todos los costados. Como el proceso de recarga de las armas era tan difícil, la solución era tener al principio de la formación de los soldados, una gran bóveda de reaprovisionamiento de armas (con un número de armas y cargadores exageradamente grande, controlada por un grupo élite, de soldados altamente entrenados para desempeñar esta función) que le daría un arma al primer soldado de la formación, éste dispararía algunas balas (no demasiadas, pues es bien sabido que mucho tiempo con el arma en las manos, las consecuencias por efecto del

calentamiento serían desastrosas) y le pasaría rápidamente el arma al soldado de enseguida, éste haría lo mismo que el anterior y la pasaría al siguiente, y así sucesivamente. El cargador debería alcanzar para que todos los soldados de la formación dispararan aproximadamente el mismo número de balas antes de que se acabaran. Así, el último soldado de la formación dispararía la última bala del cargador y pasaría el arma a la bóveda de reaprovisionamiento donde sería recargada nuevamente para ser entregada otra vez al primer soldado de la formación y poder repetir el ciclo. Una vez que el primer soldado haya entregado su primera arma al segundo soldado, recibiría una segunda arma de la bóveda de suministros y luego una tercera, una cuarta y así sucesivamente; la idea final era que en un determinado momento todos los soldados estuvieran disparando y rotando las armas en un flujo constante y en el mismo sentido. El objetivo era ir acabando así línea tras línea el ejército enemigo que tenía infinidad de soldados, así como el ejército propio disponía de infinidad de cargadores, aunque cada uno con disposición, sólo para un determinado número de balas.

El segundo estratega propuso una solución similar, aunque con ciertas modificaciones. Era cierto que las armas se tenían que rotar de soldado en soldado para evitar que éstos se quemaran las manos. Sin embargo, el segundo estratega propuso que a cada soldado se le pasara desde la bóveda de aprovisionamiento en cada turno, un arma cargada y un cargador adicional, además, aprovechando el hecho de que los cargadores no presentaban el mismo inconveniente de calentamiento que las armas, podría establecerse un flujo continuo de cargadores a lo largo de la línea de soldados si fuese necesario. Como cada soldado no era capaz de disparar todas las balas del cargador antes de que el calor fuera demasiado en sus manos, entonces se propuso que cada soldado dispara la mitad de las balas de cada cargador (el número de balas de los cargadores en este caso era el justo para que sólo dos soldados alcanzaran a disparar, lo cual eran bastantes balas); así, el primer soldado recibiría un arma cargada y un cargador adicional, este tendría que disparar la mitad de las balas del cargador y pasarle el arma al siguiente soldado; el segundo soldado acabaría el cargador y le devolvería el arma al primero quien la recargaría para devolvérsela nuevamente, junto con un cargador adicional. El primer soldado recibiría inmediatamente otra arma

cargada y otro cargador adicional de la bóveda de suministros, también era prudente iniciar un flujo continuo de cargadores. En ese mismo instante, el segundo soldado dispararía la mitad del cargador del arma que se le había pasado, y luego se la pasaría al tercero quien acabaría el cargador y le devolvería el arma nuevamente para ser cargada. El segundo soldado retornaría el arma cargada al tercero que a su vez empezaría a gastar el cargador y así sucesivamente, hasta haber avanzado a todo lo largo de la formación, momento en el cual se garantizaría que todos los soldados al mismo tiempo, estén o disparando o recargando las armas. Las armas rotaban ahora más lentamente pero con mayor eficiencia pues se disparaban más balas. Además, si la formación de soldados creciera, no habría problemas pues las armas se iban cargando por el camino.

La segunda estrategia ganó a pesar de ser más complicada. El Comandante General del ejército de Eurap optó por esta estrategia porque vio que era más eficiente, y la circulación de armas podría seguir una línea más larga sin complicaciones. Finalmente, el éxito fue asegurado.

Aún hoy en día, el ejército de Eurap sigue luchando con estas dos estrategias, ahora las combina aprovechando al máximo las ventajas de cada una de ellas para contrarrestar de esta manera sus desventajas.

Saliéndonos del “Mundo de Nunca Jamás” y estableciendo un paralelo con la realidad de los fenómenos eléctricos, a partir de este relato, podemos pensar de la siguiente manera: la circulación o flujo de armas a través del ejército, se llamaría corriente eléctrica; el ejército mismo, el conductor eléctrico; las armas que circulan a través del flujo son los electrones de conducción; los soldados son los átomos del material del conductor; los electrones que van saltando de átomo en átomo, dejan a su paso energía que se convierte en calor.

La primera estrategia, es la corriente continua, y la segunda estrategia es la corriente alterna. La intensidad de la corriente eléctrica, tiene que ver con la velocidad a la cual el proceso de rotación de armas se lleva a cabo. La fuente de energía (diferencia de potencial) que garantiza la corriente eléctrica, es la

bóveda donde se encuentran almacenadas las armas que garantizan el suministro al ejército manteniendo una línea de fuego constante (corriente estacionaria). La conductividad, tiene que ver con la agilidad y eficiencia de cada soldado para disparar y rotar las armas, y la resistividad con la torpeza e ineficiencia de cada soldado para pasar dichas armas.

Los estrategas son varios, por el lado de la corriente continua, los precursores fueron Alessandro Volta y Thomas Edison. De la corriente alterna, tenemos estrategas precursores como Nikola Tesla, Guillermo Stanley, George Westinghouse, Lucien Gaulard, Juan Gibbs y Oliver Shallenger; que colaboraron a que en la actualidad, nuestro sistema eléctrico sea una conjunción de ambos tipos de corriente, con la infinidad de aplicaciones tecnológicas que conocemos hoy en día.

Fin del relato.

Fundamentos científicos asociados con el relato

Siempre que cargas eléctricas del mismo signo se encuentran en movimiento, se dice que existe una corriente eléctrica. La *corriente* es la rapidez con la cual fluye la carga a través de un área superficial transversal. Si ΔQ es la cantidad de carga que pasa a través de esta área en un tiempo Δt, la *corriente promedio*, I_p, es igual a la razón ala carga en el intervalo de tiempo:

$$I_p = \Delta Q / \Delta t$$

Siendo, entonces, la unidad de corriente en el SI (Sistema Internacional) el *Ampere* (A), que es la carga de 1 coulomb que pasa a través de la superficie en 1 s.

Si la rapidez con que fluye la carga varía con el tiempo, la corriente también varía en el tiempo y se define la corriente instantánea, I, como el límite diferencial de la anterior expresión, lo cual escribimos de la siguiente forma:

$$I = dQ / \Delta t$$

Cuando las cargas fluyen a través de la superficie pueden ser positivas, negativas o ambas. Por convención se escoge la dirección de la corriente como la dirección en la cual fluyen las cargas positivas. En un conductor la corriente se debe al movimiento de los electrones. Por lo tanto, cuando hablamos de corriente en un conductor ordinario, como un alambre de cobre, la dirección de la corriente será opuesta a la dirección del flujo de electrones.

La corriente eléctrica puede ser *corriente directa* (cd), que implica que el flujo de carga va siempre en la misma dirección, o *corriente alterna* (ca), cuando los electrones del circuito se mueven primero en una dirección y luego en dirección contraria, haciendo vaivenes alternados en torno a una posición relativamente fija.

Una batería produce corriente directa en un circuito porque sus terminales siempre tienen el mismo signo de carga. Los electrones siempre se mueven por el circuito en la misma dirección: de la terminal negativa que los repele ala terminal positiva que los atrae.

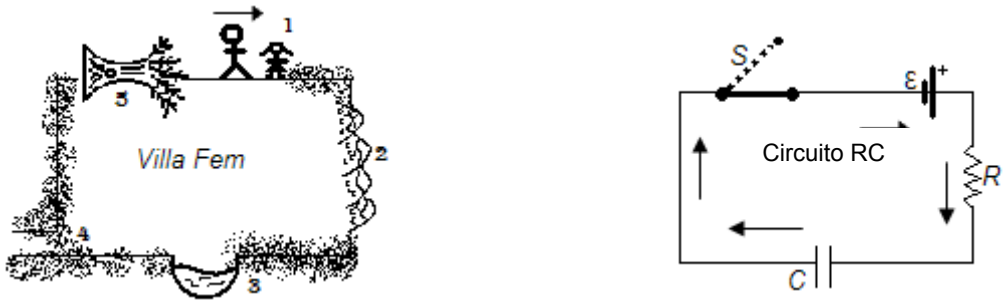
La corriente alterna se logra alternando la polaridad del voltaje del generador u otra fuente. Casi todos los circuitos de *ca* que se encuentran en el comercio funcionan con voltajes y corrientes que van y vienen con una frecuencia de 60 ciclos por segundo, es decir, con una frecuencia de 60 Hertz. La gran ventaja de la corriente alterna radica en el hecho d que la energía eléctrica en forma de *ca* puede transmitirse a grandes distancias con sencillos dispositivos de voltaje que tienen como consecuencia una menor pérdida por calentamiento de los cables.

El objetivo principal del establecimiento de una corriente eléctrica, ya sea *cd* o *ca*, es transferir energía en forma silenciosa, flexible y conveniente de un sitio a otro. La corriente que obtenemos en nuestros hogares es *ca*; la corriente que emplea un aparato de pilas (una calculadora de bolsillo por ejemplo) es *cd*.

5.4.3 *Relato 3: sobre el circuito RC y la carga de un condensador.*

LA LUCHA POR LUFA FEM

Autor: Hermes F. Ortiz O.



a b

Figura 5.9 a) Villa Fem. b) Circuito RC.

1. Lufa Fem (fuente electromotriz)
2. Montes resistentes (resistencia eléctrica)
3. Abismo profundo (capacitor)
4. Cambio de rumbo (camino ciego – cable suelto)
5. Arbusto caído (interruptor)

* Nando Corriente (corriente eléctrica)

Soy quien ha quedado destrozado, la vida ha jugado conmigo y ya no queda nada, todo se ha consumado, siento que ya no tiene sentido seguir viviendo en este mundo más, ya no hallo el porqué de seguir divagando en el vacío. Ya nada puede cambiar, estoy encerrado en una red, destinado a perder eternamente. Todo mi potencial de vivir se levanta y decae en esta cotidianidad, a veces siento que se convierte en un intenso calor que sólo el profundo pero efímero amor puede producir y es sólo así que me siento vivo.

Sin embargo, toda mi esperanza se ha perdido, esta es mi condena, este es mi destino.[32]

Era Yo un hombre feliz, era quien confiaba en la vida, y de ella esperaba todo lo bello y lo sublime, pero finalmente mi vivir sólo se desarrolló en momentos efímeros, en cortísimos momentos. Fue en una tarde de Agosto cuando la vi por vez primera, y sólo bastó un instante para que me volviera su esclavo, su servidor eterno. Entre más me acercaba, más me sentía atraído por su necesaria presencia y decidí preguntarle su nombre, ella con una cálida sonrisa me respondió: "Soy Lufa Fem, la fuente de todo lo posible en esta villa". Sólo bastaron aquellas cortas palabras, para que yo experimentara una imperiosa necesidad de su ser y pudiera constatar que en ella no yacía oposición alguna que pudiese impedir que me cruzara en su camino para convertirnos en un solo ser. A partir de ese momento mi andar estaba en pos de ella.

Sólo pensaba en que debía encontrarla de nuevo, era imposible continuar así, en esa incertidumbre que me embargaba. Algún día tendría que hallar a aquella mujer que era razón de mi existencia, al único ser que me pudo mostrar los colores del arco iris en sólo una sonrisa. Sentí que un aire de melancolía invadía mi ser y por primera vez después de recorrer largo camino sin real impedimento, percibí que todo en este lugar se me oponía, a ciencia cierta no sabía dónde estaba, aunque pude leer una señal en medio de un bosque, la cual me informaba que estaba inmerso en los *Montes Resistentes*. En medio de estas grandes cumbres fue cuando sentí un extraño cosquilleo que me asediaba, invadía cada rincón de mi cuerpo, era tan intenso que me hizo sentir miserable, penetró en lo mas profundo de mis pensamientos hasta hacerme ver todo con gran pesimismo, sentí que me estaba debilitando... pensaba que nunca volvería ver a mi Fem. Creía que a pesar de que su presencia me reclamaba, nunca llegaría a contemplar de nuevo su hermoso reír, nunca volvería a hundirme en sus ojos negros que alguna vez me hicieron sentir que todo era posible con una sola mirada. Fue, entonces, cuando una

[32] Nando Corriente nace con el tiempo, cuando una mano divina dio chispa a su vida. Su nacimiento se recuerda porque cuando a este mundo él llegó, una tormenta con un bosque arrasó y un peculiar arbusto cayó (S). El pequeño Nando cuando esto sucedió rió, desde ese día y para toda su vida fue apellidado Corriente, porque fue engendrado por la tormenta, el trueno y el rayo.

poderosa opresión invadió mi cuerpo, busque apresurado la salida a aquel laberinto de árboles sin hojas y finalmente la encontré... salí corriendo con gran afán confiando nuevamente en su encuentro.

A partir de mi encuentro con Lufa Fem no volví a ser feliz, mi esperanza se desvanecía con el tiempo luego de mi sobrenatural encuentro con ella. A medida que pasaba el tiempo me debilitaba cada vez más, mi rumbo se tornaba eterno. De pronto, ante mis ojos apareció un letrero algo fúnebre; recuerdo que decía: *"Libere su Alma"*. Mi cuerpo empezó a desaparecer, fue como si mi vida se fuera con el tiempo, experimenté un desfallecimiento muy rápido al comienzo, seguido de un progresivo letargo que me hacía ver que estaba muriendo. En ese momento, y sólo hasta que esto ocurrió comprendí lo que era sentirse desvalido y necesitado, experimentando la mas terrible soledad en este mundo. Confundido me hallaba y encolerizado por no encontrar a mi amada Lufa; absorto en mi ira ya no nacían ideas en mi cabeza. En este preciso instante me di cuenta de que la tierra, se había abierto en dos y caía en un profundo abismo yendo a parar en un inmenso lago en el que inmerso y completamente agotado quedé, no sé realmente durante cuanto tiempo.[33] Aquellas cosquillas que sentí en los montes resistentes me asediaron de nuevo en el agua helada de aquel lago, penetraron en mi interior, pero ahora éstas me revitalizaron de manera un tanto extraña y mágica. Sí, lo acepto, sentí paz más no felicidad. De repente la magia continúo y el agua empezó a subir con rapidez progresiva, esto me sacó de aquel abismo profundo mientras simultáneamente recuperaba mis fuerzas, sólo así pude retomar mi camino. En aquel lugar nunca pude hacer lo que aquel letrero me proponía, nunca durante mi estadía allí pude liberar mi alma. Hasta eso se había llevado Lufa, mi Fem.

El sufrimiento que sentí en aquel bosque me hizo pensar en el camino que había llevado hasta el momento, había sido un recorrido arduo, de muchas dificultades, y lo peor, sin resultados. Analizando la situación, decidí cambiar de rumbo y correr lo más rápido posible en busca de ella. Con la experiencia

[33] Para este entonces, Nando Corriente nunca supo que la villa se encontraba sin Lufa Fem; se había retirado por unos instantes, presagiaba la llegada de Nando y quiso arreglarse, como nunca antes, para recibirlo.

acabada de vivir llegué a pensar que podría volver a desfallecer definitivamente sin lograr mi más sublime deseo. Ahora pensaba más intensamente en nuestro posible reencuentro y esto me hacía recobrar la esperanza en la vida a pesar de ser consciente de que empezaba a debilitarme de nuevo; solo deseaba con todas mis fuerzas su compañía. Colmado de alegría sentía que me estaba acercando a la mujer que me había hecho feliz en un momento perdurable, creí por un largo segundo que pronto llegaría y hallaría por fin la felicidad tan anhelada. Este nuevo cambio de rumbo hizo renacer mis esperanzas perdidas, y aunque me seguía debilitando y sin saber por qué, corrí como nunca con paso firme y gran determinación, pues realmente ya llevaba gran trayecto después del profundo abismo sin obstáculo alguno, esperando terminar pronto mi travesía para llegar finalmente de una buena vez a oír de nuevo su dulce voz.

Agitado, vi en el horizonte el galardón a mi larga y extenuante travesía, era ella, allí estaba, inmutable, hermosa, invariable, perfecta y sin mostrar la mas mínima indisposición a mi encuentro. Levanté la mirada al cielo en señal de agradecimiento, la bajé de nuevo y allí seguía, a la expectativa, casi intocable, diosa de la Villa, hermosa Venus *sin falla*. Corrí más rápido aún, la estaba alcanzando, ¡por fin estaríamos juntos!. De pronto... vi lo improbable, no era justo, un abismo ya familiar se interpuso en mi camino definitivamente. La miré por última vez... me dolió saber que la tenía tan cerca pero a la vez tan lejos, ¡Oh hermosa Lufa Fem!, si te hubiera tenido en mis brazos tan solo un pequeño momento, hubiera sido feliz eternamente. Mi camino había acabado, había fracasado finalmente.[34]

Fin del relato.

La historia narrada en este relato está asociada con el nacimiento, vida y muerte de una corriente eléctrica a través de un circuito simple RC, mediante los procesos de carga y descarga del capacitor. Ciertas condiciones están presentes, tácitamente, a saber: La fem ha sido idealizada ya que se considera constante y sin resistencia interna; la corriente eléctrica es variable en el

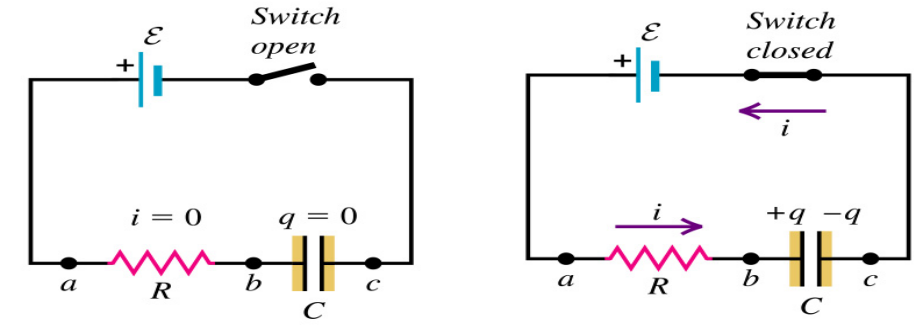
[34] Nando Corriente había muerto. Aquel arbusto que le había hecho reír en otro tiempo ya no estaba, ahora cobraba con sangre y dolor aquella risa.

tiempo durante los procesos de carga y descarga del capacitor; los conductores que transportan la corriente no ofrecen resistencia alguna a su paso, no fueron tenidas en cuenta las resistencias de los conductores de conexión; y, una parte de la energía suministrada por la fem es disipada en calor a través de la resistencia y otra parte es almacenada en el capacitor. Además, por consideraciones prácticas, la corriente comienza en el mismo instante en todas las partes conductoras del circuito, y en cada instante la corriente es la misma en todas las partes.

Fundamentos científicos asociados con el relato

La siguiente figura muestra un circuito simple para cargar un capacitor. Un circuito como éste, con un resistor y un capacitor en serie, se denomina *circuito RC*. Se idealiza la batería (o fuente de energía eléctrica) de modo que tenga una fem

Є constante y resistencia interna nula (r = 0), y no se tiene en cuenta la resistencia de todos los conductores de conexión.



Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley.

Figura 5.10 Carga de un capacitor. a) Inmediatamente antes de cerrar el interruptor. b) Cuando se cierra el interruptor.[35]

Inicialmente, el capacitor está descargado (figura a); después, en cierto tiempo inicial t = 0 se cierra el interruptor para completar el circuito y permitir que la

[35] Imagen tomada de Sears-Zemansky-Young-Freedman. Física Universitaria. Volumen 2. Undécima edición.

corriente alrededor de la espira comience a cargar el capacitor (figura b). Para toda consideración práctica, la corriente comienza en el mismo instante en todas las partes conductoras del circuito, y en cada instante la corriente es la misma en todas las partes.

Ya que inicialmente el capacitor está descargado, la diferencia de potencial v_{bc} entre los extremos es cero en t = 0. En ese momento, de acuerdo con la ley de las mallas de Kirchhoff, el voltaje v_{ab} entre los extremos del resistor R es igual a la fem Є de la batería. La corriente inicial (t = 0) a través del resistor (I_0) , está dada por la ley de Ohm: $I_0 = v_{ab} / R = Є / R$.

A medida que el capacitor se carga, su voltaje v_{bc} aumenta y la diferencia d potencial v_{ab} entre los extremos del resistor disminuye, lo que corresponde a una reducción de la corriente. La suma de estos dos voltajes es constante e igual a Є. Al cabo de un largo tiempo el capacitor se carga totalmente, la corriente disminuye a cero y la diferencia de potencial v_{ab} entre los extremos del resistor se hace cero. En ese momento aparece la totalidad de la fem Є de la batería entre los bornes del capacitor, y $v_{bc} = Є$.

Siendo q la carga del capacitor e i la corriente en el circuito al cabo de cierto tiempo t después de cerrar el interruptor, y asignando el sentido positivo a la corriente en correspondencia al flujo de carga positiva hacia la placa izquierda del capacitor, las diferencias de potencial instantáneas v_{ab} y v_{bc} son:

$$V_{ab} = iR \qquad v_{bc} = q / C$$

A partir de las leyes de Kirchhoff sobre las mallas, obtenemos que:

$$Є = iR – q / C = 0$$

El potencial cae una cantidad iR al pasar de *a* a *b* y q / C al pasar de *b* a *c*. Resolviendo para i la ecuación anterior, se obtiene que:

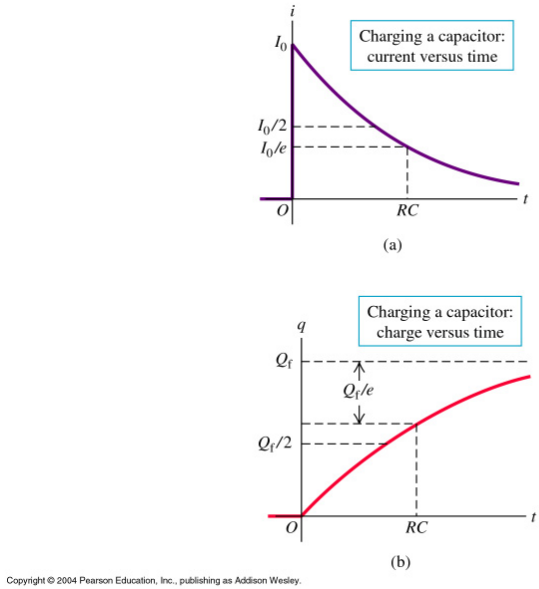
$$i = Є / R – q / RC$$

En el tiempo t = 0, cuando se cierra inicialmente el interruptor, el capacitor está descargado y, por tanto, q = 0. Así, entonces: $I_0 = Є / R$, como se había mencionado. Si el capacitor no estuviera en el circuito, el término q / RC no aparecería y la corriente sería constante e igual a Є / R.

Conforme la carga q aumenta, el término q / RC crece y la carga del capacitor tiende a su valor final Q_f. La corriente disminuye hasta desaparecer. Cuando i = 0, se tiene que:

$$Є / R = Q_f / RC \qquad Q_f = CЄ$$

Siendo Q_f independiente de R.
Las siguientes gráficas ilustran la corriente y la carga del capacitor en función del tiempo.



Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley.

Figura 5.11 La corriente i y la carga q del capacitor en función del tiempo en el circuito RC.[36]

En el instante en que se cierra el interruptor (t = 0), la corriente pasa de de cero a su valor inicial $I_0 = Є / R$; a partir de ese punto, se aproxima gradualmente al valor final $Q_f = CЄ$

[36] Imagen tomada de Sears-Zemansky-Young-Freedman. Física Universitaria. Volumen 2. Undécima edición.

Se pueden deducir expresiones generales de la carga q y la corriente i en función del tiempo, llegando a obtener los siguientes resultados:

$$q = C\mathcal{E}\left(1 - e^{\frac{-t}{RC}}\right) = Q_f\left(1 - e^{\frac{-t}{RC}}\right)$$

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{E}{R}e^{\frac{-t}{RC}} = I_0 e^{\frac{-t}{RC}}$$

Tanto la carga como la corriente son funciones *exponenciales* del tiempo.

5.5 Relatos escritos por los estudiantes

5.5.1 Relato 1

FUENTE DE ALIMENTACION CONTINUA (UPS)

Autora: Diana Marcela Herrera Laiton
Código: 501646

Figura 5.12 UPS, fuente de alimentación continua.

Era un día como cualquier otro en la ciudad, afuera llovía y no había mucho que hacer. Como todos los días me encontraba laborando en mi lugar de trabajo, en la misma oficina en la cual hay varios compañeros empleados que llevan bastante tiempo en la compañía.

El día parecía normal sin ninguna anomalía, nada fuera de lo común. Mi jefe no se encontraba en la oficina en esos momentos y era hora de descanso. Nos encontrábamos tomándonos un café y hablando de diversos temas; unos reían, otros dialogaban y otros más, simplemente miraban por la ventana la lluvia caer.

De pronto, en un momento de relativo silencio, se escucho un trueno muy fuerte seguido de un intenso y fastidioso ruido. Algunos compañeros alcanzaron a observar un relámpago… la oficina se quedo sin el suministro de fluido eléctrico. Algunos de mis compañeros se alegraron de inmediato ya que es bien sabido que en las oficinas actuales la mayoría de los equipos funcionan con electricidad, y que sin ella es prácticamente imposible efectuar las tareas asignadas. Pensamos que el resto del día no íbamos a poder hacer mayor cosa.

Sorpresivamente algo inesperado ocurrió segundos después que sucedió el apagón, escuchamos un silbido muy agudo a lo lejos proveniente de la oficina del jefe. Asombrados por tal sonido resolvimos acudir al llamado del silbido, algunos escépticos creyeron que era el teléfono que sonaba pero no era así.

Ingresamos a la oficina del jefe, sumamente preocupados, ya que suponíamos que el apagón había generado algún problema en los computadores, pero luego de una minuciosa búsqueda nos dimos cuenta que el ruido no tenia una procedencia aparente y decidimos continuar con nuestras charlas del descanso.

Minutos después volvimos a escuchar el sonido y vimos como milagrosamente los computadores estaban encendidos como por arte de magia. Las preguntas que todos nos hicimos fueron: ¿Qué está sucediendo? ¿Acaso no está

suspendido el fluido eléctrico? ¿Cómo es posible que los computadores estén encendidos sin necesidad de electricidad?

Estupefactos volvimos a escuchar el sonido a lo lejos, pero en esta ocasión era más repetitivo y agudo, cuando de pronto vimos una pequeña caja cerca al computador del jefe que iluminaba y parpadeaba constantemente haciendo aquel ruido característico por más de 5 minutos.

En la tarde cuando el jefe llego le preguntamos que era aquella caja tan curiosa y ruidosa, y el sin mas reparo empezó a reír con mucha gracia…burlándose de nosotros. Sólo nos mirábamos sin tener que decir, luego de un rato el jefe accedió a contarnos la historia de la cajita curiosa.

Es una fuente de alimentación continua **UPS** o una reserva de la batería, es un dispositivo que mantiene una fuente continua de energía eléctrica a los equipos conectados a ella proveyendo energía de una fuente separada cuando la energía para uso general no está disponible. Cuando ocurre un apagón o una anormalidad, la UPS cambiará con eficacia de la energía para uso general a su propia fuente de energía casi instantáneamente.
Lo que nosotros escuchábamos como un silbido era la UPS accionada y cada 5 minutos confirmaba que era ella la que estaba funcionando por la falta de electricidad.

Gracias a este incidente ocurrido en un día cotidiano de mi trabajo, decidí indagar un poco acerca de la tal cajita y de paso aprender algo nuevo relacionado con una de las materias que actualmente estoy cursando en la universidad como estudiante de ingeniería, Física III (Electromagnetismo). Ahora se que la UPS se utiliza típicamente para proteger las computadoras y los equipos de telecomunicaciones, donde una interrupción inesperada de la energía eléctrica podría causar daños o fatalidades. Por ejemplo, podría causar perdida de información muy importante o de datos en general en el momento de un apagón.
La UPS no se debe confundir con un *generador espera* el cual no proporciona energía instantáneamente y puede dar lugar a una interrupción, la UPS

proporciona energía instantáneamente cuando sucede una anormalidad, pero por un periodo corto de tiempo, el cual depende de la cantidad de equipos conectados a ella. Es por esta razón que en la oficina ésta funciona más o menos entre 10 y 15 minutos para 10 computadoras encendidas al tiempo y el sonido que produce alerta del tiempo que le resta para apagarse automáticamente con lo cual da un tiempo prudente para guardar archivos y apagar los equipos con seguridad.

Esta es una herramienta muy útil en las oficinas ya que los apagones en épocas de invierno y lluvias son muy frecuentes.

Fin del relato.

5.5.2 Relato 2

LA PRUEBA ATLÉTICA DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

Autor: Edwin León Antolinez

Código: 533050

a b

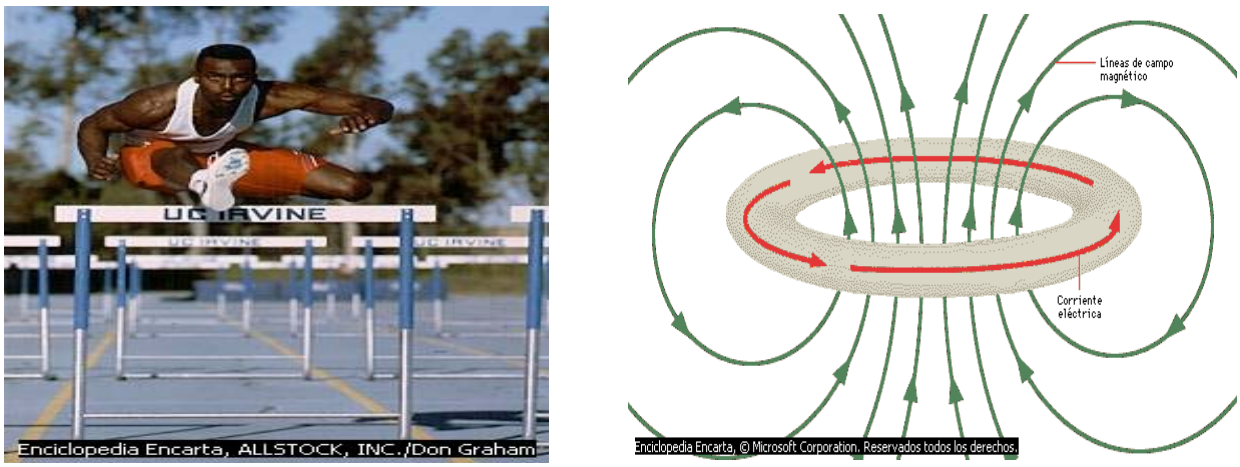


Figura 5.13 a) competencia atlética. b) corriente eléctrica.

Siendo casi las 3:00 p.m., de un día sábado del mes de febrero de 2004, observando la transmisión por televisión de los juegos olímpicos de Atenas (Grecia), vi con gran detenimiento cada una de las pruebas atléticas que allí se llevaban a cabo; tales como voleibol, lanzamiento de jabalina, lanzamiento de

disco, ciclismo, gimnasia básica, salto con garrocha y atletismo entre otras. Me pude dar cuenta del gran esfuerzo que hacen los atletas de las diferentes disciplinas para conseguir el primer puesto y por ende la medalla preciada de oro, para llevarla con orgullo a su país .Quizás una de las disciplinas que exige mayor esfuerzo por los deportistas y que cautivo mi mayor atención fue el atletismo en sus diferentes modalidades; 100, 200,400 metros lisos y 400 metros vallas y con obstáculos.

En las pruebas de 400 metros lisos el atleta se agacha en la línea de salida y tras ser dado el pistoletazo de inicio por un juez de salida, se lanza a la pista corriendo, hasta alcanzar la máxima velocidad posible, hacia la línea de meta, siendo fundamental una salida rápida. ¡Esta prueba si que exige gran esfuerzo! ¿Verdad? Bueno, ahora los corredores van a competir en 400 metros pero ya no lisos sino con vallas, esta prueba también es de velocidad pero los atletas deben superar una serie de obstáculos (vallas) de madera o metal colocados a lo largo de la pista. Cada valla tiene alrededor de 107 cm de altura, ¿te imaginas ahora el esfuerzo tan grande de los atletas para superar esta prueba? Pensemos ahora en una prueba más difícil, los atletas van a competir a lo largo de la pista, con la máxima velocidad que sea posible pero ahora superando vallas, rías[37], regiones de arena y otros obstáculos de diferente índole. ¿Cómo lo ves ahora?, ¡el nivel de exigencia para seguir en la pista es mayor! ¿Cierto?

Finalizada la transmisión de las pruebas, hacia las 5:30 p.m, me quede reflexionando y analizando, pudiéndome dar cuenta que estas pruebas de atletismo, en cierta forma, eran muy semejantes a la corriente eléctrica continua, y que podría tomar esta situación para establecer un paralelo importante que permitiera interpretar mejor el concepto de corriente eléctrica.

Veamos pues, los atletas serían los electrones, que viajan alrededor de una pista, que a su vez vendría siendo el conductor. Es decir, podríamos pensar en una corriente eléctrica a lo largo de un conductor.

Con respecto a la segunda y tercera prueba realizadas con vallas y obstáculos, los atletas (electrones) que corren por la pista (el conductor), no tienen un libre

[37] Áreas cubiertas de agua.

transito dentro de esta si no que encuentran impedimentos, dificultades (resistencia eléctrica) a su paso por el recorrido. Es claro, entonces, que la facilidad de los atletas para su desplazamiento es mayor si la pista es de un material sintético, o sin obstáculos, que cuando estos existen. Así mismo, la facilidad para que la corriente eléctrica circule por un conductor, depende de la naturaleza del mismo. No es lo mismo que los electrones se habrán paso al interior de un alambre de cobre que de uno de acero, por ejemplo. Unos materiales ofrecen más resistencia que otros.

Involucrando el tiempo, me pude dar cuenta, como era lógico suponer, que los atletas tardaron más tiempo en recorrer la pista de 400 m con obstáculos que sin obstáculos. De igual manera, en la corriente eléctrica, el tiempo que tarden los electrones en recorrer un conductor dependerá de la resistencia eléctrica que este ofrezca, y esta a su vez está supeditada al material de que esté compuesto. Es decir, la rapidez con que se desplacen los electrones libres de conducción (velocidad de deriva) depende de la resistencia eléctrica del conductor.

Matemáticamente hablando se define la corriente eléctrica (I), como la cantidad de carga eléctrica (Δq) que atraviesa, por unidad de tiempo (Δt). También sabemos de la ley de Ohm, que la corriente eléctrica que circula por un conductor es inversamente proporcional a la resistencia eléctrica, manteniendo constante la fuente de energía.

Esto es:

$$I = \Delta q/\Delta t \qquad I\,R = V$$

Fin del relato.

5.5.3 Relato 3

EL RAYO

Autora: Luz Adriana Carvajal Muñoz

Código: 534856

Hermes Fernando Ortiz Orjuela. hfortiz@ucatolica.edu.co

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
EL RAYO
Luz Adriana Carvajal Muñoz
CODIGO: 534856

Hace algunos días, en medio de uno de esos aguaceros torrenciales que han caído en la ciudad y en todo el país, sentados en la cafetería de la oficina con algunos compañeros de trabajo y esperando que disminuyera un poco la lluvia para poder salir, veíamos como caía el agua en la pileta del patio, de repente, una impresionante luz iluminó la escena y se escuchó un sonido ensordecedor, la señora del aseo quedó supremamente asustada y como buena creyente de su fe se puso a orar, tal vez pensando que era algún tipo de castigo. Yo ferviente católica, y estudiante de ingeniería trate de explicarle que aquello era una manifestación natural de la electricidad y no un castigo divino. Trate de explicarle que en este fenómeno la energía se manifiesta de tres formas diferentes, como sonido (el trueno), como luz (el relámpago) y como electricidad, la descarga eléctrica (el rayo en sí).

Pocas veces nos detenemos a pensar lo que son y cual es la causa de esta perturbación que a muchas personas asusta en medio de las tormentas y que puede llegar a causar tanto daño. Si investigamos, científicamente, comprendemos que el relámpago es la ruptura del dieléctrico del aire, pero en la vida real el común de la gente no tiene los conocimientos técnicos para entender esta corta pero complicada definición. Los materiales dieléctricos nos rodean todo el tiempo, son materiales no conductores de la electricidad, básicamente son materiales aislantes, y los encontramos en todo lado, podría decirse que convivimos con ellos dado que son materiales tales como el papel, el vidrio, la madera y muchos otros que nos acompañan en nuestra vida diaria. Más sin embargo, no vivimos rodeados de relámpagos ni tormentas todo el tiempo, razón por la cual es mucho mas inquietante este fenómeno en el cual hay una gran descarga de electricidad que se ve tan a menudo en nuestros días, y que aparte de producir miedo, nos damos cuenta que es una forma de expresión de la naturaleza misma. Luego de la luz, mas conocida como relámpago, que es una emisión de energía luminosa causada por el paso de la corriente eléctrica que ioniza las moléculas de aire, viene un estruendo ensordecedor y aun más atemorizante que conocemos como el Trueno, que viene siendo el sonido de la onda de choque causada cuando un rayo calienta instantáneamente el aire por el que se mueve entre las nubes, o desde ellas hasta la superficie terrestre. Esta rápida expansión y contracción genera ondas de choque que son las responsables del ruido del trueno. Luego de esto ocurre una descarga eléctrica a más de 28.000 grados centígrados, la cual es conocida como el rayo, poderosa descarga electrostática natural producida durante una tormenta eléctrica.

Estas fueron las explicaciones que le di a mis compañeros, quedándose mirando entre sí para luego pronunciar en coro:

"¿Una descarga de qué?". Una descarga electrostática les respondí, es un fenómeno eléctrico que hace que circule un flujo de energía repentino y momentáneo entre dos objetos de distinto potencial eléctrico. En este preciso momento entró a nuestra amena y educativa charla una integrante más, quien expresó inocentemente y de manera desconcertada, -pero, ¿Qué es potencial eléctrico?, - Le dije, es el trabajo que debe realizar una fuerza externa para traer una carga desde el infinito hasta el punto considerado el centro de la fuerza. Aun así, Cuando el rayo ocurre lejos del observador, la chispa puede no ser vista, pero podemos ver la iluminación en el ambiente provocada por el

rayo. Este fenómeno tiene el nombre de relámpago y muchas veces no podemos oír el trueno.

Intervino uno de mis compañeros argumentando que algunas personas podrían llegar a pensar que solo es necesaria la condición de contar con un determinado material no conductor de electricidad para que se produzcan los rayos. Si fuera así, viviríamos en medio de tormentas eléctricas, y no es lo observado, -¿Qué otras características deben cumplirse para que se produzca el fenómeno? Preguntó; yo le respondí, -"además de contar con el material indicado, como lo es en este caso el aire, debemos saber que no vivimos rodeados de relámpagos en nuestras casas u oficinas, ya que este fenómeno es producto de una gran diferencia de voltaje, la cual es producida por la ionización de los componentes de los gases que se encuentran en las nubes, y como no tenemos la misma composición molecular de las nubes no podemos propiciar esta diferencia de voltaje. Pero además de los gases que se encuentran condensados allí, también influye la luz solar y la diferencia de temperaturas en los diferentes estratos de las nubes, así como las diferencias de temperatura entre el día y la noche, por estas razones no vivimos en medio de una tormenta eléctrica constante.

Pero si es básicamente una ruptura del aire, porque llega a adquirir tantas forma tan particulares, ya que es bien sabido que nunca se podrán apreciar dos rayos iguales, preguntó alguien que hasta el momento no sabía que se había involucrado en nuestra pequeña e improvisada clase de física. Allí, el ingeniero de sistemas, intervino diciendo "El rayo, seguirá siempre lo que se conoce como Gradiente de Voltaje o Potencial Eléctrico, es decir, en su recorrido hacia la tierra, seguirá la línea recta más corta que une las dos variaciones máximas de voltaje, dándole a cada rayo esa forma tan peculiar", - para ese entonces, ya todos teníamos aunque fuera una vaga idea de lo que estaba tratando de expresar, así que no fue necesario que ahondara en la explicación, pero aun así agregó, al ser el rayo una descarga de tanta energía en tan poco tiempo su única manifestación posible es en forma de luz.

Al llegar a este punto de la charla, aunque seguía lloviendo, habíamos gozado de un instante bastante entretenido y educativo. Aparte de habérsenos pasado el tiempo bastante rápido y divertido, nos dimos cuenta que ya se acercaba la hora de culminación de la jornada laboral, para continuar con nuestras actividades extra-laborales particulares, aunque continuaran la fuerte lluvia, los estruendosos relámpagos y los magníficos rayos…

Fin del relato.

CAPITULO VI

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

"La inteligencia no consiste sólo en el conocimiento,
Sino también en la destreza para aplicar
Los conocimientos a la práctica."

(Aristóteles)

6.1 Introducción

Las estrategias metodológicas para potenciar la comprensión del Electromagnetismo en los programas de Ingeniería, fueron aplicadas a seis grupos de estudiantes de dos Universidades Colombianas durante un periodo de año y medio, como se indica a continuación:

- *Universidad Católica de Colombia.* Un curso, correspondiente al primer semestre académico de 2007. Un curso de vacaciones, correspondiente al receso académico comprendido entre los semestres, primero y segundo de 2007. Dos cursos, correspondientes al segundo semestre académico de 2007. Y, un curso correspondiente al primer semestre académico de 2008.
- *Universidad Piloto de Colombia*. Un curso, correspondiente al primer semestre académico de 2007.

Los estudiantes de la Universidad Católica de Colombia son estudiantes de la jornada nocturna y los estudiantes del curso de la Universidad Piloto de Colombia, de la jornada diurna.

Fueron asignadas las siguientes direcciones, de correo electrónico, a los estudiantes para que enviaran sus trabajos al docente (relatos e informes escritos de las diferentes actividades virtuales), esto para facilitar el proceso de valoración continua:

- hfortiz@ucatolica.edu.co
- hefeoo@yahoo.com

Además, los trabajos finales fueron entregados en forma impresa.
En el caso de los Mapas Conceptuales, los estudiantes debían entregarlos en medio magnético y una impresión final, después de haber sido aprobados por el docente y expuestos a sus compañeros.

En este capítulo se exponen los resultados de la aplicación de las estrategias metodológicas en las que el estudiante es el propio responsable de su

aprendizaje, mediante el desarrollo de las actividades propuestas, con el acompañamiento del docente.

Se hace un análisis de los resultados obtenidos con los diferentes grupos de estudiantes, a partir de tablas con los listados y notas, gráficos y una evaluación diagnóstica. Seguidamente se exponen algunos comentarios del autor de la investigación. Y, finalmente se ilustra sobre la posibilidad de proyectar esta investigación a mayor escala, involucrando todos los cursos de Física del Pensum de los programas de Ingeniería, y no sólo en el caso del curso de Electromagnetismo.

6.2 Análisis de resultados

6.2.1 Grupos de la Universidad Católica de Colombia

En el siguiente análisis no se tiene en cuenta el grupo de estudiantes que tomó el curso de vacaciones de mitad del año 2007. Este análisis se hará separadamente, más adelante, por cuanto con ellos no fueron aplicadas todas las estrategias metodológicas.

6.2.1.1 Evaluación diagnóstica

Antes de dar inicio al curso de Electromagnetismo se aplicó una prueba diagnóstica, con el fin de determinar la claridad de ciertos conocimientos preliminares correspondientes a los cursos de Física de los semestres anteriores del programa de Ingeniería, esto es, de las Físicas I y II. De la misma manera, para indagar acerca de los pre-conceptos de los estudiantes en el Electromagnetismo.
La evaluación diagnóstica aplicada fue la siguiente:

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DECIENCIAS BÁSICAS
FÍSICA III Y LABORATORIO. ELECTROMAGNETISMO
Prueba Diagnóstica

Conceptos preliminares

Conteste, de manera clara y breve, las siguientes preguntas:

1. Con respecto a la temática referente a ***Los Vectores***, ¿en qué consiste la regla de la mano derecha? Explique, justifique con un ejemplo.

2. Explique, con sus propias palabras, lo que entiende por ***ley de conservación***. Cite algunos ejemplos.

3. ¿Qué entiende por ***sistema aislado***? ¿Por qué son tan importantes estos sistemas en el estudio de la Física?

4. ¿Qué características tienen los ***sistemas conservativos***? y ¿los ***sistemas disipativos***?

5. ¿Qué implica que una variable sea ***cuantizable***?

6. Clásicamente; ¿cómo se define una ***partícula***?

7. ¿Cómo se define una ***Fuerza***? Ilustre con un ejemplo.

8. ¿Qué es un ***Momento de Torsión***? Ilustre con un ejemplo.

9. ¿Cuándo un sistema se encuentra en ***equilibrio traslacional***?

10. ¿Cuándo un sistema se encuentra en ***equilibrio rotacional***?

11. ¿Qué interpreta por, *una* ***velocidad grande***? y ¿por una ***masa pequeña***? Justifique.

12. Mencione tres características de las ***ondas mecánicas***:

13. ¿Cuáles son las magnitudes fundamentales de la Mecánica? ¿Cuáles son sus unidades en los sistemas MKS, CGS e INGLES?

14. ¿Cuáles son las características de un **oscilador mecánico**?

15. Enuncie cinco leyes fundamentales de la Física, estudiadas en los cursos de Física I y Física II.

PRE-CONCEPTOS

Con sus propias palabras, y de manera clara y breve, comente acerca de los conceptos que crea comprender:

- Carga eléctrica:

- Electrización:

- Electrón:

- Espectro:

- Corriente eléctrica:

- Resistencia eléctrica:

- Campo de fuerza:

- Electricidad:

- Potencial eléctrico:

- Potencia eléctrica:

- Propiedad magnética:

- Imán:

- Electroimán:

- Radiación:

- Onda electromagnética:

- Electromagnetismo:

Hermes Fernando Ortiz Orjuela. hfortiz@ucatolica.edu.co

6.2.1.2 Listados de estudiantes y calificaciones generales

Se muestran a continuación las tablas con los listados de los grupos de estudiantes y sus respectivas notas obtenidas, tanto en la evaluación diagnóstica, en las evaluaciones parciales durante el semestre, como en el examen final y su nota definitiva del curso. De igual manera se ilustran gráficos que permiten interpretar mejor dichas tablas.

- *Estudiantes del grupo 416. IS-2007-UCC*

Tabla 6.1 Listado de estudiantes del curso 416. Primer semestre de 2007. UCC.

- *Estudiantes del grupo 267. IIS-2007-UCC*

Tabla 6.2 Listado de estudiantes del curso 267. Segundo semestre de 2007. UCC.

- *Estudiantes del grupo 268. IIS-2007-UCC*

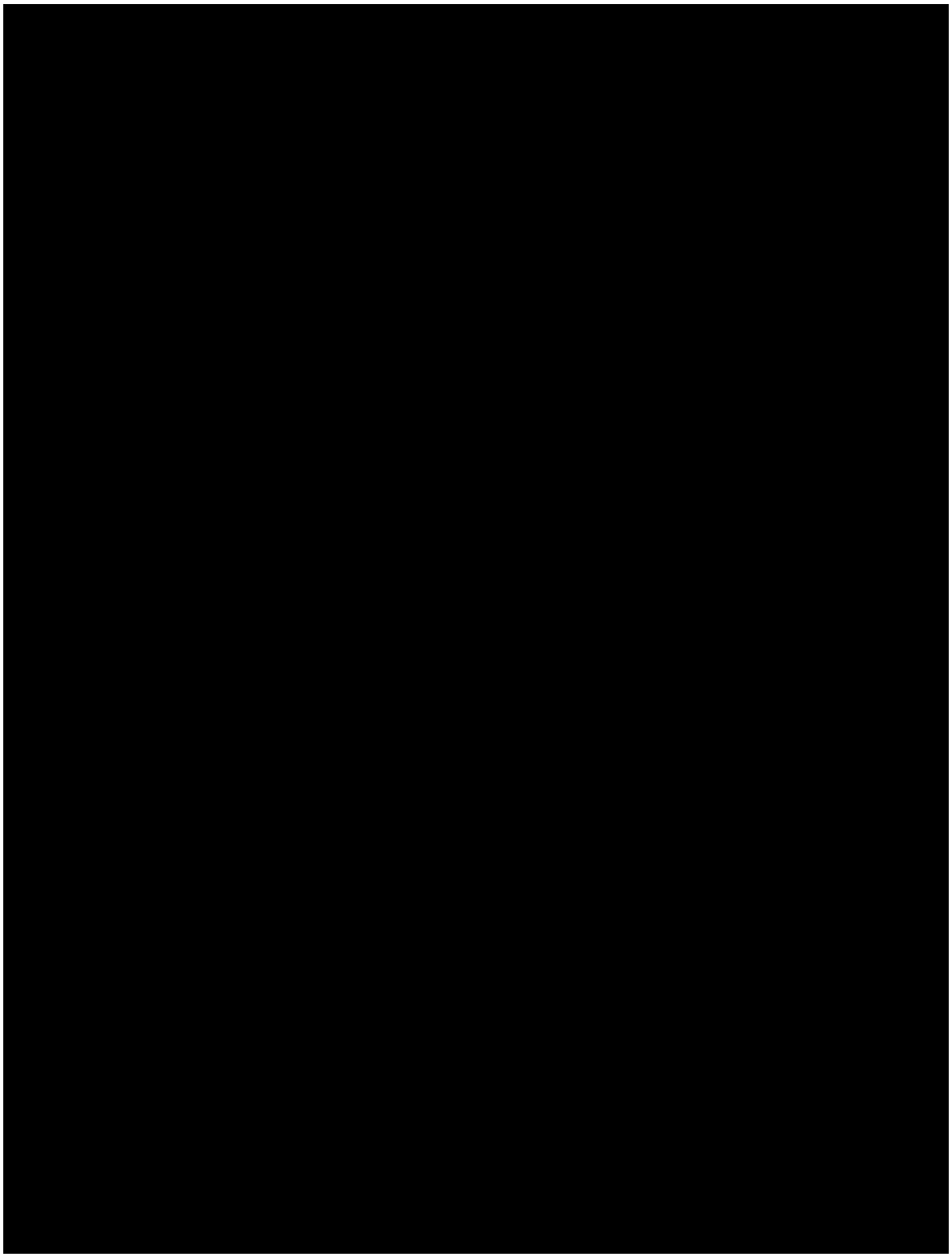


Tabla 6.3 Listado de estudiantes del curso 268. Segundo semestre de 2007. UCC.

- *Estudiantes del grupo 743. IS-2008-UCC*

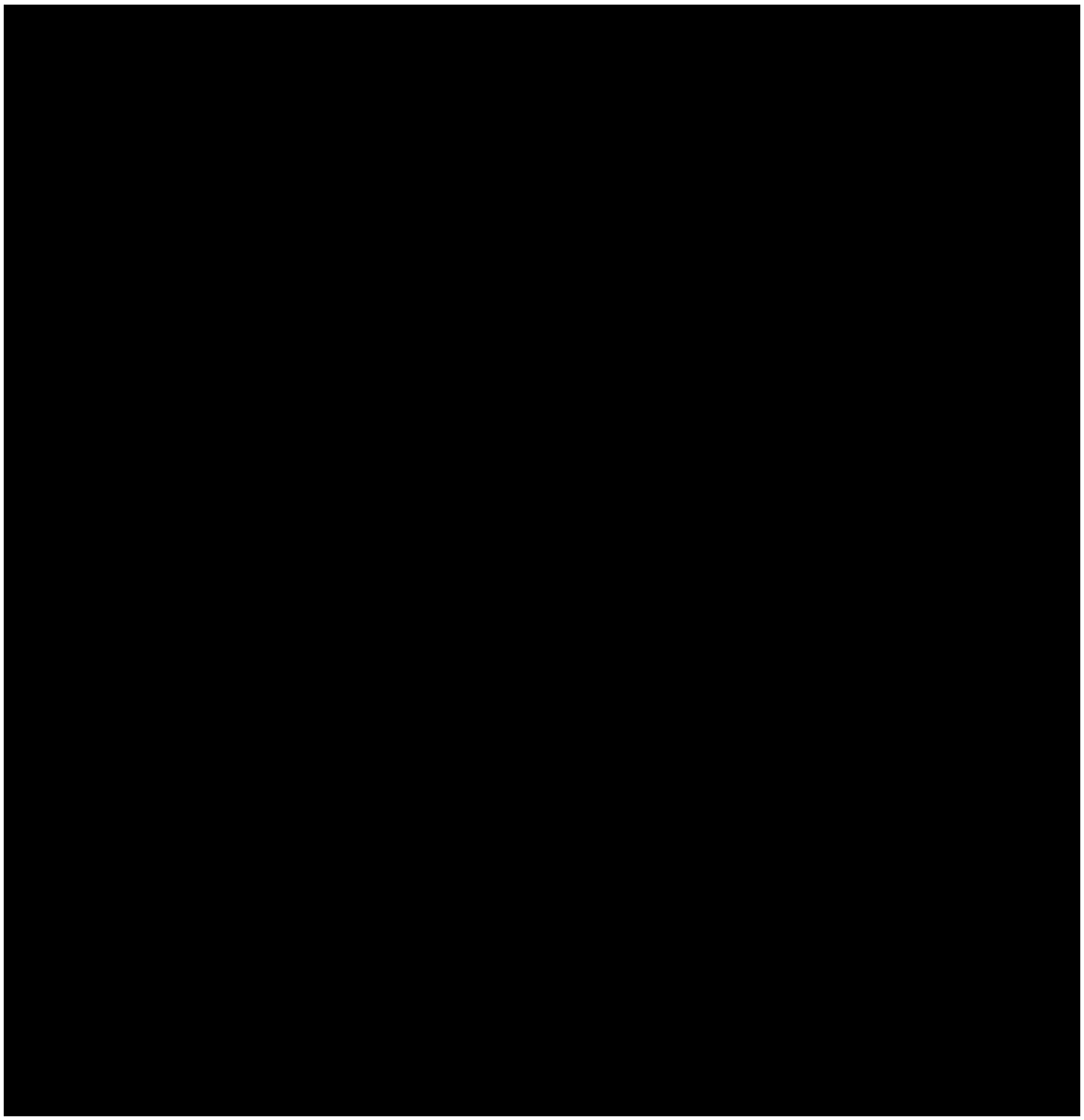


Tabla 6.4 Listado de estudiantes del curso 743. Primer semestre de 2008. UCC.

La lectura de las tablas deberá hacerse según las siguientes convenciones:

ED: Evaluación diagnóstica. Sobre 30 puntos.
E1: Evaluación uno. Nota correspondiente al primer corte. Sobre 30 puntos.
E2: Evaluación dos. Nota correspondiente al segundo corte. Sobre 30 puntos.
E3: Evaluación tres. Nota correspondiente al tercer corte. Sobre 40 puntos.
ND: Nota definitiva. Nota correspondiente a la nota final del curso. Sobre 100 puntos.

Las evaluaciones E1 y E2, son las notas definitivas, parciales, resultantes de diversas actividades y de un examen parcial. La evaluación E3, es la nota definitiva, parcial, resultante de diversas actividades y de un examen final sobre los contenidos del curso.

- *Promedios generales de los cursos de Electromagnetismo*

	GRUPO 416 IS-2007	GRUPO 267 IIS-2007	GRUPO 268 IIS-2007	GRUPO 743 IS-2008
ED	15.50	14.83	15.43	15.78
E1	18.36	17.61	17.49	18.00
E2	21.09	16.83	15.00	19.07
E3	21.73	24.94	20.83	23.96
ND	61.18	69.11	53.31	61.04

Tabla 6.5 Promedios generales de los cursos de Electromagnetismo de la UCC.

La tabla 6.5 nos permite concluir que el promedio general de la evaluación diagnóstica (ED), considerando los cuatro cursos es de 15.4, sobre 30 puntos. Esto corresponde a un porcentaje del 51.3%, un promedio muy bajo, es decir que en promedio los estudiantes inician el curso de Electromagnetismo con un conocimiento precario sobre los conceptos preliminares de los cursos de Física de los semestres anteriores, que corresponden a las temáticas de Mecánica Clásica, Fluidos y Termodinámica. De igual manera, se concluye que los pre-conceptos referentes al Electromagnetismo son poco consistentes. Lo primero es un factor negativo que dificulta enormemente el buen desarrollo de un curso de Electromagnetismo, y lo segundo no es tan grave teniendo en cuenta que son Temáticas que no han sido tratadas en los cursos previos de Física.

Un aspecto importante de resaltar es que la prueba diagnóstica estuvo centrada sobre el manejo conceptual y no sobre aspectos analíticos, necesarios para la solución de problemas de aplicación de la Física. Una prueba diagnóstica considerando estos aspectos, muy probablemente habría arrojado resultados más bajos.

¿Qué se puede interpretar de este resultado? Lo siguiente:

- Los estudiantes inician el curso de Electromagnetismo ignorando el 48.7% de los conceptos fundamentales de los cursos previos de Física.
- Que los estudiantes hayan aprobado los cursos previos de Física, no implica que realmente comprendan las temáticas correspondientes de dichos cursos.
- Los estudiantes no son responsables de lo que supuestamente aprenden. Estudian solo para prepararse ante un examen y simplemente pasarlo, lo cual hace que la comprensión no quede realmente cimentada, almacenándose en la memoria de corto plazo.
- Un aspecto que incide directamente en el poco esfuerzo de los estudiantes universitarios, es un mal heredado de nuestro sistema educativo Colombiano, el cual obliga (por decreto) a promover al 95% de los estudiantes en primaria y bachillerato, aprueben o no aprueben las materias, aprendan o no aprendan. Algo aberrante que no favorece para nada la comprensión y está en contra de la calidad de la educación.

Es necesario implementar estrategias metodológicas, en los cursos de Física previos al curso de Electromagnetismo, que potencien la fundamentación conceptual de los contenidos de estos programas, pues es evidente que existe una falencia en los estudiantes en la comprensión de los conceptos básicos de la Mecánica Clásica.

La tabla 6.5 también nos reporta los resultados generales, tanto de las notas parciales promedio, como de la nota definitiva promedio alcanzada por los estudiantes de los cuatro cursos durante los semestres en que fueron aplicadas las estrategias metodológicas.

El grupo que obtuvo los resultados más bajos fue el grupo 268 del segundo semestre del año 2007. Este grupo fue algo atípico, que se caracterizó por

tener un alto porcentaje de inasistencias a clase, ser muy desunido y numeroso (la tabla 6.3 reporta 35 estudiantes pero comenzaron el curso más de 40, algunos cancelaron), y dejaron de asistir a algunas prácticas de laboratorio obligatorias programadas por el Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad. Mostraron al comienzo cierta reacción de desconcierto e incredulidad ante lo novedoso de las estrategias propuestas por el docente, algo que finalmente se superó y terminaron por aceptar con agrado la metodología.

La metodología fue muy bien acogida por los otros tres grupos desde un comienzo. Sus trabajos presentados durante el semestre, en términos generales, fueron buenos, y algunos Excelentes.

Un aspecto de suma importancia en la implementación de estas estrategias metodológicas, es el número de estudiantes en los cursos. El mejor trabajo desarrollado durante el semestre se logró con el grupo 267 del segundo semestre del año 2007, y los resultados así lo demuestran, tanto en el porcentaje de aprobación del curso como en la nota definitiva promedio; es precisamente el grupo de menor número de estudiantes.

- *Porcentajes de aprobación de los cursos de Electromagnetismo*

	GRUPO 416 IS-2007	GRUPO 267 IIS-2007	GRUPO 268 IIS-2007	GRUPO 743 IS-2008
PORCENTAJE DE APROBACIÓN	63.6 %	72.2 %	40.0 %	66.7 %

Tabla 6.6 Porcentajes de aprobación de los cursos de Electromagnetismo de la UCC.

La tabla 6.6 nos muestra los porcentajes de aprobación del curso de Electromagnetismo de los cuatro grupos. A excepción del grupo 268, del que ya se hizo mención anteriormente, podemos apreciar que los resultados son buenos. Más allá de los resultados, un aspecto positivo fue la gran aceptación, de los estudiantes, de la metodología impartida por el docente.

Las notas medias definitivas y los porcentajes de aprobación no son altos aparentemente. Existen dos razones: Una, históricamente esta materia en la Universidad ha presentado altos índices de mortalidad y promedios

relativamente bajos. Y dos, el Electromagnetismo es una materia que requiere de gran abstracción y sólidos pre-requisitos matemáticos para abordarla, por lo que generalmente se le dificulta a la mayoría de los estudiantes.

- *Comparativo de los resultados de la evaluación diagnóstica y la nota definitiva del curso*

Tabla 6.7 Comparativo de las notas de la evaluación diagnóstica y las notas definitivas de los estudiantes.

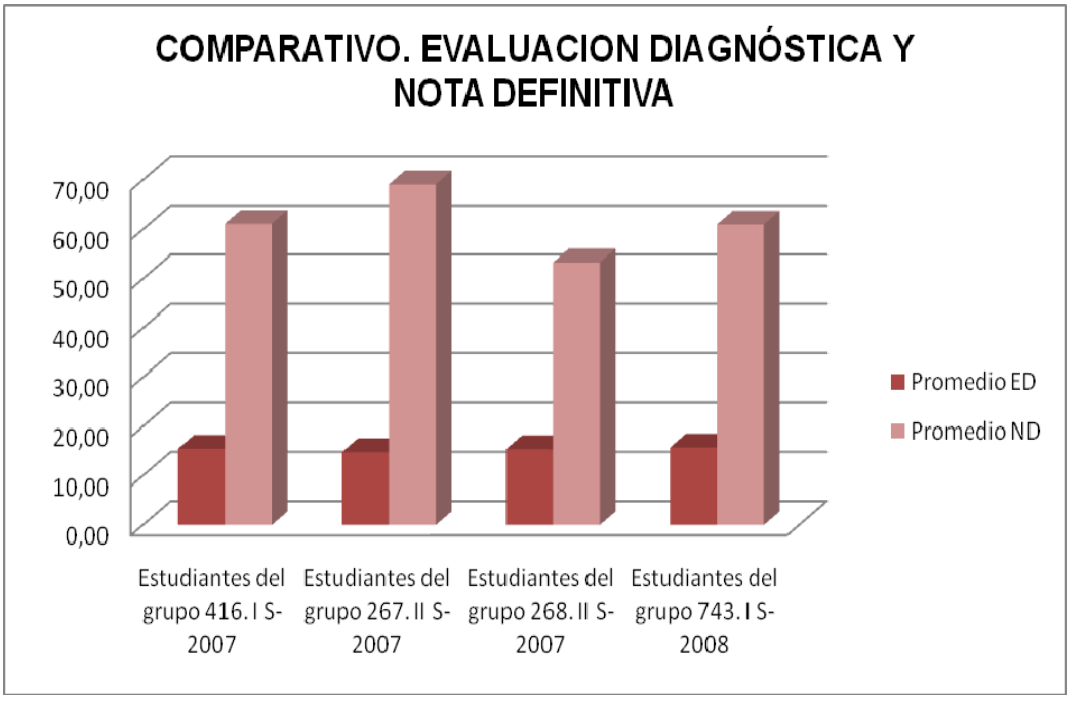


Figura 6.1 Gráfica. Comparativo, nota de la evaluación diagnóstica y nota definitiva. Estudiantes UCC.

La tabla 6.7 y la figura 6.1 nos ilustran de manera comparativa los resultados de la evaluación diagnóstica y la nota definitiva promedio de los cuatro grupos, permitiéndonos establecer lo siguiente:

- La evaluación diagnóstica, en promedio, no fue aprobada por ningún grupo; lo cual implica que en promedio ponderado tampoco se aprobó.
- Los grupos ingresan al curso de Electromagnetismo, con un 50%, aproximadamente, de los conocimientos sobre conceptos básicos de los cursos previos de Física.
- Tres de los grupos aprobaron, en promedio, el curso de Electromagnetismo y uno no. En promedio, el curso fue aprobado por los estudiantes de los tres semestres de aplicación de las estrategias metodológicas.
- En todos los grupos los resultados de la nota definitiva (sobre 100) son mucho mejores que los resultados de la evaluación diagnóstica (sobre 30), lo cual muestra de alguna manera un progreso significativo en la asimilación y comprensión de los contenidos temáticos.

- *Notas definitivas de los grupos*

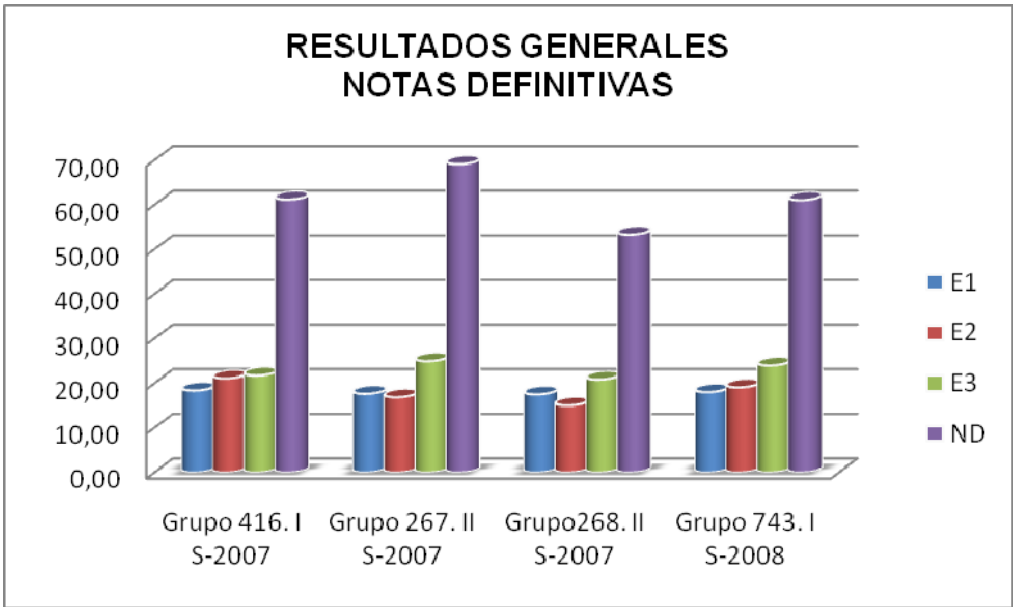


Figura 6.2 Gráfica, notas definitivas de los grupos. Estudiantes UCC.

Analizando la gráfica de la figura 6.2 que ilustra los resultados generales de las notas parciales, promedio, y las notas definitivas, promedio, de los cuatro grupos, podemos concluir lo siguiente:

- En la primera evaluación de corte (E1), los cuatro grupos tuvieron prácticamente el mismo rendimiento. Aprobaron esta evaluación con la nota mínima, que es de 18 puntos.
- En la segunda evaluación de corte (E2), el grupo de mejores resultados fue el grupo 416 y el de resultados más bajos, el grupo 268. Dos grupos aprobaron esta evaluación y dos grupos no.
- En la evaluación del último corte (E3), donde se incluye un examen final escrito sobre toda la materia, el grupo de mayor puntaje fue el grupo 267 (grupo de menor número de estudiantes), y el grupo que obtuvo el puntaje más bajo fue el grupo 268 (grupo de mayor número de estudiantes). El examen final es unificado para todos los grupos y es propuesto y orientado por el Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad.
- La evaluación E3 tiene una importancia relevante para los estudiantes en la aprobación de la materia, por cuanto tiene un valor del 40% del semestre. Así pues, esta nota es crucial; puede sacar adelante a unos estudiantes para aprobar la materia, pero puede hundir a otros y ocasionarles la reprobación de la misma, según su desempeño.
- En promedio el grupo 268 no aprobó ninguna de las tres evaluaciones de corte. De esta manera es imposible aprobar el curso.
- El grupo 743, en promedio, aprobó las tres evaluaciones de corte. Este fue el último grupo con el que se aplicaron las estrategias metodológicas, es decir en el primer semestre de 2008.

6.2.2 Curso de Vacaciones de la Universidad Católica de Colombia

En la Universidad Católica de Colombia, el Departamento de Ciencias Básicas ofrece cursos de vacaciones inter-semestrales, cada año, del 15 de junio al 15 de julio. Estos cursos son intensivos con 4 horas diarias para cada una de las materias en las que se abran cursos, es decir que el número de horas total es el mismo que en un semestre académico normal. Los estudiantes pueden

registrarse en un curso para nivelarse, en el caso de haber perdido la materia, o para adelantar una materia de su pensum.

En el curso, de vacaciones, de Electromagnetismo del año 2007 se aplicaron tres de las estrategias metodológicas para potenciar la comprensión, a saber: el Relato, el Taller Virtual y el Laboratorio Virtual.

- *Estudiantes del curso de Electromagnetismo, de vacaciones de 2007. UCC.*

Tabla 6.8 Listado de estudiantes del curso, de vacaciones, de Electromagnetismo. 2007 UCC.

La anterior tabla, al igual que la gráfica siguiente, deben ser interpretadas teniendo en cuenta las siguientes convenciones:

R: Relato. Calificado sobre 5.0

TV: Taller Virtual. Calificado sobre 5.0

LV: Laboratorio Virtual. Calificado sobre 5.0

- *Resultados de las estrategias. Curso de vacaciones 2007 UCC*

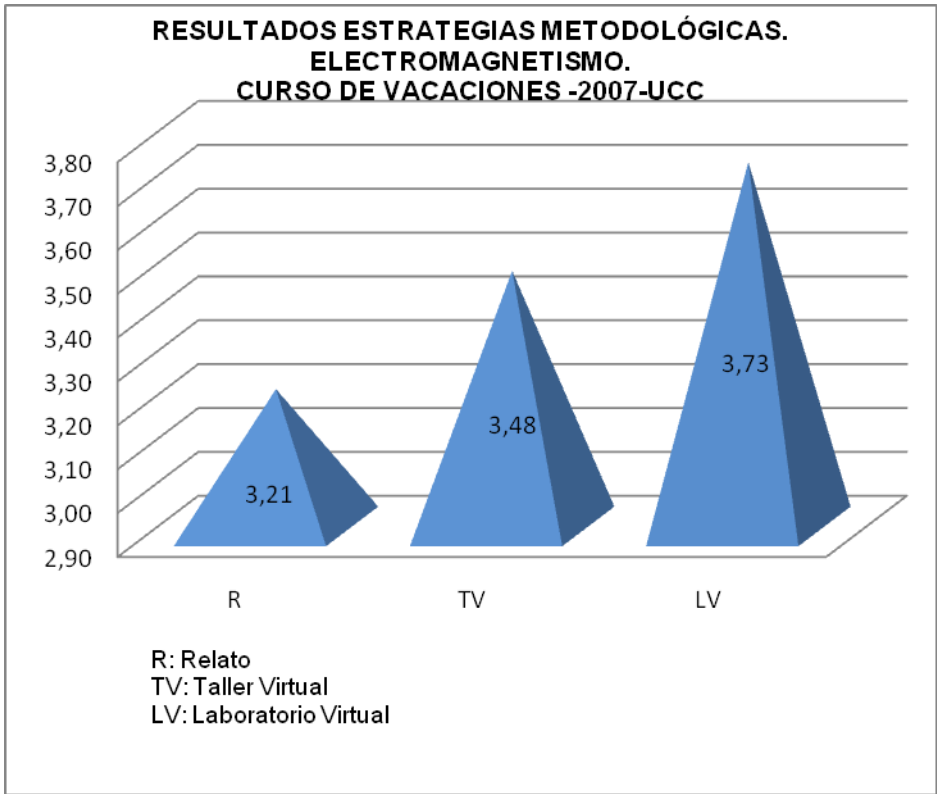


Figura 6.3 Gráfico, resultados estrategias. Curso de vacaciones 2007 UCC.

Analizando la tabla 6.8 y la figura 6.3, podemos concluir lo siguiente:

- Los resultados mostrados, de ninguna manera son los resultados de cortes parciales o evaluaciones finales del curso. Son las notas obtenidas por los estudiantes en estas tres actividades.
- Los resultados obtenidos en las tres actividades fueron buenos.
- Las actividades desarrolladas fueron del total agrado de los estudiantes.
- Los trabajos presentados por los estudiantes contribuyeron a sumar puntos para la nota definitiva del curso, independientemente de que este haya sido aprobado o no.
- La actividad que se les dificultó más a los estudiantes fue la redacción de relatos, y es razonable dado que no es fácil escribir un relato asociando el conocimiento común sobre lo cotidiano, con el conocimiento científico. De hecho, la nota promedio más fue esta.

- Los mejores informes presentados por los estudiantes fueron los del Laboratorio Virtual, actividad en la que se obtuvieron las notas más altas.
- El Taller Virtual, enfocado hacia la solución de problemas de aplicación de forma interactiva, arroja resultados más que satisfactorios como lo podemos observar. Es una estrategia interesante para los estudiantes, pero se les dificulta proponer otras alternativas de solución a los diversos problemas propuestos. Fue la actividad que aprobó el mayor número de estudiantes.
- En promedio ponderado, el grupo aprobó los trabajos correspondientes a las tres actividades, con nota de 3.50, lo cual es positivo si se compara con las notas promedio que generalmente sacan en otro tipo de evaluaciones, como los exámenes.
- El Relato, fue aprobado por el 82.6% de los estudiantes.
- El Taller Virtual, fue aprobado por el 91.3% de los estudiantes.
- El Laboratorio Virtual, fue aprobado por el 87% de los estudiantes.

6.2.3 Grupo de estudiantes de la Universidad Piloto de Colombia

Durante el primer semestre académico de 2007, y con la colaboración del Doctor Isidro Urbina, se aplicaron las estrategias metodológicas, Actividades Virtuales, en un curso de Electromagnetismo para estudiantes de Ingeniería de la Universidad Piloto de Colombia. Estas actividades fueron la Consulta Interactiva Guiada, el Taller Virtual y el Laboratorio Virtual.

La siguiente tabla al igual que el próximo gráfico deberá interpretarse con base en las siguientes convenciones:

CIG: Consulta Interactiva Guiada. Calificación sobre 5.0
LV: Laboratorio Virtual. Calificación sobre 5.0
TV: Taller Virtual. Calificación sobre 5.0
UPC: Universidad Piloto de Colombia.

- *Estudiantes del curso de Electromagnetismo. IS - 2007- UPC.*

Tabla 6.9 Listado de estudiantes del curso de Electromagnetismo. IS - 2007 UPC.

- *Resultados de las estrategias. Curso de Electromagnetismo IS 2007. UPC*

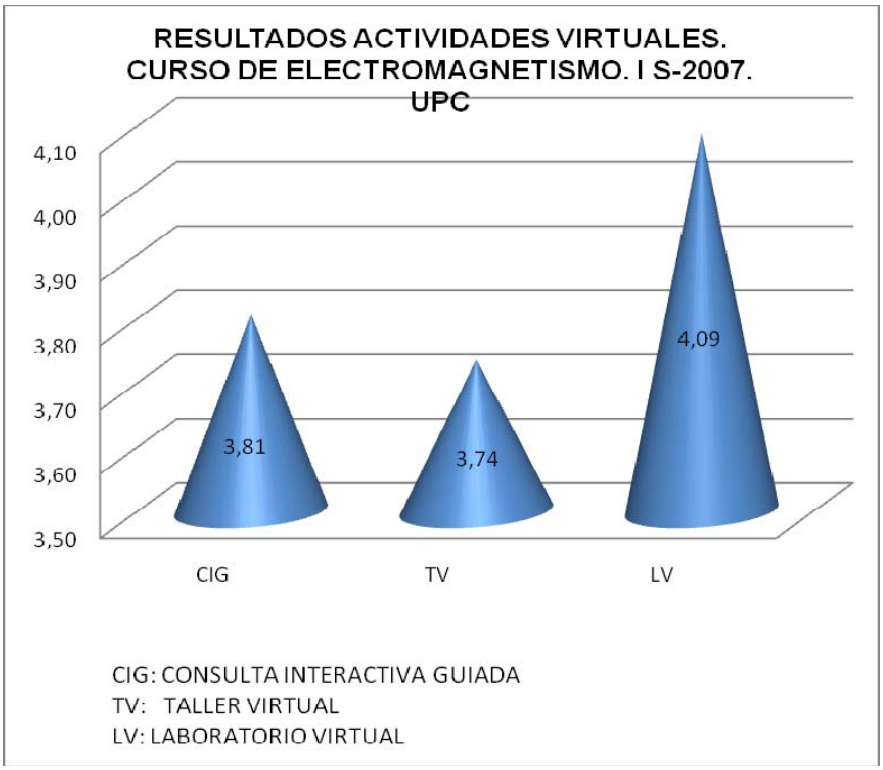


Figura 6.4 Gráfico, resultados estrategias. Curso de Electromagnetismo IS 2007 UPC.

Los estudiantes de este grupo de la Universidad Piloto de Colombia, a diferencia de los estudiantes de los grupos de la Universidad Católica de Colombia, son estudiantes de jornada diurna y no trabajan por lo que disponen del tiempo suficiente para dedicarse a sus estudios. Este es un aspecto sumamente importante que se ve reflejado en la dedicación y calidad de sus trabajos presentados.

Analizando la tabla 6.9 y la gráfica 6.4, podemos concluir lo siguiente:

- Los informes presentados por los estudiantes, en las tres actividades, son de buena calidad. Son muy completos y debidamente argumentados, lo que demuestra la comprensión de los tópicos tratados en dichas actividades.
- Las actividades fueron del total agrado de los estudiantes. Hubo especial interés en el Laboratorio Virtual y los objetivos propuestos para esta actividad se cumplieron a cabalidad.
- La totalidad de los estudiantes aprobaron las tres actividades virtuales.
- Las notas obtenidas fueron buenas en las tres actividades. La nota media ponderada fue de 3.9 sobre 5.0
- Ningún estudiante obtuvo nota inferior a 3.5 en cada una de las tres actividades.
- Los mejores informes entregados por los estudiantes fueron los del Laboratorio Virtual, obtuvieron las notas más altas con un promedio de 4.1
- El Taller Virtual fue la actividad que arrojó el resultado más bajo, 3.74 en promedio. Dos son las razones: una, se complican a la hora de matematizar y proponer nuevas alternativas de solución a los problemas propuestos en la actividad y la otra, algunas dificultades en el análisis dimensional.
- En la Consulta Interactiva Guiada, el 76.5% de los estudiantes obtuvieron notas iguales o superiores a 3.7
- En el Taller Virtual, el 100% de los estudiantes obtuvieron notas entre 3.6 y 4.0

- En el Laboratorio Virtual, el 88.2% de los estudiantes obtuvieron notas entre 4.0 y 4.4
- Las notas de las actividades virtuales contribuyeron positivamente en las notas definitivas del curso, independientemente de que los estudiantes hayan aprobado o no la materia.

6.3 Comentarios del autor de la Tesis

En términos generales la aplicación de la metodología aplicada dio buenos resultados, tanto para los estudiantes como para el docente.

En el caso del docente, es de reconocer que su trabajo es arduo y se aumenta enormemente dado que necesita dedicar bastante tiempo para diseñar, investigar y elaborar los diferentes instrumentos de trabajo de enseñanza necesarios en la implementación de las estrategias metodológicas, como son; las guías de las diferentes Actividades Virtuales para los estudiantes, los Mapas Conceptuales Dinámicos para la estructuración, y presentación, de los contenidos programáticos del curso a los estudiantes, y la escritura de Relatos. Sin embargo, es gratificante dada la aceptación y motivación de los estudiantes que finalmente se ven reflejados en buenos resultados cuantitativos y un coherente afianzamiento en la comprensión, principal objetivo de esta investigación.

En el caso del estudiante, es claro (y razonable) un choque al comienzo ya que se enfrentan ante una metodología bien diferente a la tradicional, caracterizada por las clases magistrales-rutinarias, tablero y marcador, fotocopias las evaluaciones escritas. Donde el docente lo hace todo (transmitir conocimientos) y los estudiantes intentan repetir de manera irresponsable y sin comprender realmente, sin apropiarse del conocimiento.
Los estudiantes al verse involucrados de lleno en la construcción del conocimiento, mediante esta metodología, se motivan, trabajan con agrado y producen más y con mejor calidad, algo que ven reflejado en sus notas como resultado de su propio esfuerzo y responsabilidad.

Los resultados de la evaluación diagnóstica, en esta investigación, fueron malos y los resultados de la aplicación de las estrategias metodológicas buenos, lo cual sugiere ampliar la investigación dando cobertura a todos los cursos de Física de los programas de Ingeniería. Es muy probable que los resultados de la evaluación diagnóstica en un curso de Electromagnetismo (Física III, en la Universidad Católica de Colombia) pasen a ser buenos si se implementan las estrategias metodológicas en los cursos de Física anteriores, es decir, en las Física I y Física II. Al respecto, dos docentes de la Universidad Católica de Colombia se encuentran adelantando una investigación e implementando estrategias que buscan la comprensión de la Física en estos cursos.

Así pues, los resultados de esta investigación permiten proponer futuras investigaciones, como:

- Estructuración del curso de Mecánica de Sólidos (Física I) de los programas de Ingeniería, en Mapas Conceptuales Dinámicos.
- Estructuración del curso de Fluidos y Termodinámica (Física II) de los programas de Ingeniería, en Mapas Conceptuales Dinámicos.
- Estructuración del curso de Física Moderna (Física IV) de los programas de Ingeniería, en Mapas Conceptuales Dinámicos.
- Estrategias metodológicas para potenciar la comprensión de la Física en los programas de Ingeniería. Es decir, la aplicación de las estrategias metodológicas propuestas en esta Tesis, a todos y cada uno de los cursos de Física para Ingeniería de una universidad. Esta sería una investigación de gran cobertura ya que involucraría una población grande de estudiantes, se requeriría un tiempo de dos a tres años y un equipo de docentes investigadores, además de la infraestructura necesaria.
- La solución de problemas de aplicación de la Física a la Ingeniería, de manera interactiva, como estrategia metodológica para la comprensión.
- Implementación de actividades virtuales en la enseñanza –aprendizaje de la Física en la educación media (bachillerato). Este proyecto ya fue

puesto en marcha por el autor de esta Tesis, en el Liceo de Cervantes Norte de Bogotá-Colombia, con muy buenos resultados.

- El Relato en la Física, como actividad lúdica, buscando despertar la creatividad y la imaginación del estudiante de educación media (bachillerato). Proyecto recientemente puesto en marcha por el autor de esta Tesis.

La investigación realizada y sus resultados permiten extractar varios aspectos positivos, tales como:

- La metodología es amigable para el estudiante, esto los entusiasma y los motiva.
- Se rompen esquemas de enseñanza-aprendizaje rígidos y tradicionales que no favorecen la comprensión.
- Se propició un cambio significativo en el abordaje de la enseñanza-aprendizaje de la Física, caracterizado por la toma de conciencia de los estudiantes sobre el hecho de que ellos deben ser los principales actores en la construcción del conocimiento y por el pleno convencimiento del docente sobre la importancia de hacer investigación educativa y de la relevancia de una de sus líneas como lo es la Didáctica.
- El gran reto y la posibilidad de que el docente diseñe y produzca materiales para la enseñanza de la Física. Caso concreto son, los Mapas Conceptuales Dinámicos, los Relatos y las diferentes Actividades Virtuales con sus correspondientes guías instruccionales para el estudiante.
- Se favorece el aprendizaje autónomo de los estudiantes.
- Se ve fortalecido el enriquecedor trabajo en equipo de los estudiantes.
- La incorporación de nuevas estrategias metodológicas para la enseñanza de la Física, y particularmente del Electromagnetismo, con una intencionalidad clara y bajo el sustento pedagógico de dos grandes teorías, como lo son, la Teoría de la Enseñanza para la Comprensión y la Teoría del Aprendizaje Significativo.

- Con la implementación de los Relatos escritos, tanto por el docente como por los estudiantes, se logra una estrategia que motiva a los estudiantes, les incentiva la creatividad y la imaginación, y algo muy importante, les obliga a escribir y mejorar la redacción. Este hecho les ayuda a prepararse para su vida profesional, en la que a diario tendrán que preparar informes escritos.
- Se cambia en gran parte la cultura de la consulta, de los estudiantes, reducida a los textos guía y a las fotocopias. Con la Consulta Interactiva Guiada como estrategia y la formidable herramienta de la Internet, los estudiantes logran realizar indagaciones y consultas bibliográficas verdaderamente significativas.
- Las prácticas de Laboratorio Virtual contribuyen significativamente con la comprensión de la Física, además que resultan ser del total agrado de los estudiantes.
- Las constantes charlas informales, sobre el quehacer pedagógico en la enseñanza de la Física, con diversos colegas durante el desarrollo de la investigación originaron profundas reflexiones que permitieron replanteamientos y modificaciones que a la postre sirvieron enormemente en la consolidación de este trabajo.

De otra parte, los análisis cuantitativos, puramente estadísticos, realizados en los numerales anteriores de este capítulo, no muestran las dificultades presentadas durante el desarrollo de la investigación; razón por la cual es pertinente mencionarlas a continuación:

- La primera dificultad presentada fue la reacción, de los estudiantes, al cambio de metodología, algo superado con mayor rapidez en unos grupos que en otros.
- Los estudiantes de Ingeniería de la Universidad Católica de Colombia no han cultivado la cultura de escribir y es muy poco lo que leen. Esta fue una gran dificultad de muchos estudiantes para lograr escribir un Relato y una recarga de trabajo para el docente por las múltiples correcciones requeridas durante el proceso de la valoración continua.

- Por increíble que parezca, muchos estudiantes no cuentan con un computador portátil, o no tienen computador en casa, o si lo tienen es sin conexión a la Internet. Este es un aspecto que dificulta la dinámica del desarrollo de los trabajos.
- En el primer semestre de aplicación de las estrategias metodológicas se presentó una dificultad debido a que los estudiantes presentaron sus primeros mapas conceptuales en diversos programas informáticos, a pesar de habérseles sugerido recurrir al software Cmap Tools. Así pues, fue dispendiosa y lenta su revisión por parte del docente, algo que no favoreció una adecuada retroalimentación. Dicha dificultad fue superada a partir del segundo semestre de aplicación de las estrategias, limitando la construcción de los mapas al uso del Cmap Tools, que indudablemente es una herramienta formidable que ofrece muchas ventajas.
- Hubo dificultades, con algunos estudiantes, relacionados con la descarga e instalación del Software Cmap Tools en sus computadores. En otros casos, fue un proceso lento aprender a manejar dicho software.
- Al ser una metodología nueva, los estudiantes necesitaron de mucho tiempo para poder llevar a cabo las diferentes actividades asignadas por el docente.
- El factor tiempo es de gran relevancia para el docente que pretenda llevar a cabo una investigación. Cuando no se dispone de este, como debería ser, es mayúsculo el sacrificio que se debe hacer, hay que trabajar hasta altas horas de noche y muchas veces hasta la madrugada, aprovechar los fines de semana por completo descuidando a la familia y privarse de sus vacaciones. Esta es la realidad de la gran mayoría de los docentes universitarios colombianos, que al estar mal remunerados se ven en la imperiosa necesidad de trabajar en varias Instituciones para suplir sus necesidades y vivir más o menos dignamente, como es el caso del autor de esta Tesis que trabaja en dos universidades y un colegio de educación media.
- Los estudiantes de la jornada nocturna son estudiantes que trabajan durante el día y en su gran mayoría son casados y tienen hijos, por lo

que les queda muy poco tiempo para dedicarle a sus estudios y muchas veces tienen que faltar a clases por que les prolongan el horario laboral. Por estas razones el docente debe ser un poco flexible y condescendiente, pues es común que estén pidiendo aplazamiento de las fechas de entrega de los trabajos.

- Por lo general en toda aula de clase de cualquier Universidad, de cualquier parte del mundo, existe uno que otro estudiante caracterizado por: ser negligente, desinteresado, hacer las cosas por salir del paso, aplicar la ley del menor esfuerzo, y faltar a clases sin razón justificada. Este es un asunto al margen de esta investigación y que por supuesto no fue la excepción en los grupos en los que fueron aplicadas las estrategias metodológicas. El número de estos estudiantes fue reducido y como es lógico, están dentro de los que no aprobaron la materia.

CONCLUSIONES

Conclusiones

La época actual está caracterizada sin dudas sobre el *poder del saber*, lo que constituye un factor clave para la transformación productiva de las naciones, asegurando su integración en un mundo cada vez más global y competitivo. En este escenario socioeconómico, la *investigación científica* como llave de acceso al conocimiento, se convierte en uno de los ejes dinamizadores del desarrollo social en todos los ámbitos del quehacer humano, y de modo especial en la educación. En el campo de las ideas pedagógicas se han acentuado en los últimos años concepciones que conciben la enseñanza y el aprendizaje como actividades de investigación y de innovación que aseguran el desarrollo profesional del docente y la formación de los estudiantes.
Dentro de este contexto queda enmarcada la Tesis aquí presentada logrando dos objetivos fundamentales; uno, el crecimiento profesional de su autor y dos, contribuir con la formación integral de los estudiantes de Ingeniería, a través de estrategias metodológicas que potencian la comprensión de la Física.

El conocimiento, las habilidades o destrezas y la comprensión son las acciones primordiales en la empresa de la educación. Todos los docentes deben estar comprometidos con esta empresa y preocuparse porque sus estudiantes aprendan significativamente para la vida, no sólo para el aula de clase o para la presentación de un examen. El Dr. Dorado (2004)[38] dice, “los estudiantes deben ser conscientes de sus motivos e intenciones, de sus propias capacidades cognitivas, llegando a ser capaces de controlar sus recursos y regular su actuación posterior (Trabajo importante de tutoría y orientación)”. Pero es muy común, en los diferentes niveles de la educación colombiana, y además frustrante encontrar que los estudiantes olvidan lo aprendido al poco tiempo, o lo que es peor, no saben qué hacer con lo aprendido a la hora de aplicarlo. Estos inconvenientes se ven reflejados en los altos índices de mortalidad, principalmente en las áreas de Física y Matemáticas, en unos

[38] Dorado, Carlos. (2004). Aprender a aprender. Estrategias y técnicas. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona.

casos, de deserción en otros, y en la promoción de profesionales poco competentes a la hora de ejercer su profesión.
Esta Tesis aporta elementos que contribuyen con la solución a los inconvenientes mencionados anteriormente, a la luz del propio ejercicio pedagógico y bajo el Marco de la Enseñanza para la Comprensión y del Aprendizaje Significativo

Los docentes en general, y particularmente los docentes de Física, siempre se están planteando preguntas con el ánimo de reflexionar y encontrar respuestas sobre las mejores estrategias, enfoques, modelos, recursos... que les permitan garantizar el aprendizaje significativo y responsable de sus estudiantes. Algunas de estas preguntas, muy frecuentes por cierto, son:

“¿Qué hacer para que mis estudiantes sean más críticos y reflexivos, en lugar de memorizar tanto?”

“¿Qué debo hacer para que mis estudiantes se motiven y se interesen en mi clase?”

"¿Qué están sacando mis estudiantes en claro de esta clase?"

"¿Por qué será que mis estudiantes parecen no recordar nada del anterior tema una vez que pasamos al tema siguiente?"

"¿Cómo hago para que mi clase tenga mayor significado para los estudiantes que simplemente una calificación, una nota?"

"¿Podrán mis estudiantes utilizar cualquier cosa que aprendan en esta clase en el futuro? ¿Cómo lo sabré?"

Estas preguntas, y muchas otras, fueron fuente de inspiración para concretar este trabajo de investigación. El autor logró personalizar sus innovaciones, adaptando las ideas de la Enseñanza para la Comprensión a su campo de acción, los cursos de Electromagnetismo de los programas de Ingeniería de la Universidad Católica de Colombia, para consolidar una propuesta válida que de

alguna manera responde a estas preguntas a través de estrategias metodológicas concretas que potencian la comprensión del Electromagnetismo.

La incorporación del relato como recurso en el proceso enseñanza-aprendizaje del Electromagnetismo, con una intencionalidad didáctica clara, contribuye a mejorar los niveles de comprensión de los estudiantes, pues es una estrategia metodológica que rompe esquemas y motiva al estudiante.

Una conclusión al respecto es que los relatos escritos por los docentes deben tener la característica de servir como herramienta didáctica flexible; esto es, que puedan ser utilizados con diversas intencionalidades, así por ejemplo: como una actividad complementaria que potencie la comprensión a través de la lectura reflexiva y el análisis crítico con los estudiantes; como introducción a un tópico generativo en particular; como ejercicio que promueva el establecimiento de conexiones y asociaciones donde aparentemente no las hay y que obligan al estudiante a sumirse en el pensamiento mejorando sus niveles de abstracción, algo imprescindible a la hora de abordar la comprensión de ciertos principios fundamentales de la Física; o como una actividad lúdica si se quiere.

Las conversaciones y discusiones informales con los estudiantes a cerca de los diversos tópicos de la Física relacionados con lo cotidiano o con sus perfiles ocupacionales; además de ser un valioso complemento para la comprensión, son una fuente de inspiración para el docente que se proponga escribir relatos con estas características.

Inventar y escribir un relato no es un ejercicio fácil, más aún cuando éste debe estar asociado con temáticas de la Física, involucrando paralelos, símiles o metáforas a partir de la cotidianidad, relacionando el conocimiento científico con el conocimiento común. Sin embargo, es gratificante ver que se despierta gran interés en los estudiantes, motivándose a escribir sus propios relatos bajo la orientación del docente.

La elaboración de relatos por parte de los estudiantes es una muy buena excusa para que éstos aprendan a narrar, a contar, a describir con sus propias

palabras, a redactar informes y a escribir; algo que tendrán que estar haciendo a diario en su vida profesional. Por otra parte, estos relatos son a la vez desempeños de comprensión muy válidos para el docente en el proceso de valoración continua.

Integrar los elementos fundamentales de las Teorías de la Enseñanza para la Comprensión y del Aprendizaje Significativo en los procesos de enseñanza-aprendizaje del Electromagnetismo en la educación superior, en los programas de ingeniería, implica tener en cuenta varios aspectos de gran relevancia, a saber:

- Los docentes deben ser competentes, profesionales expertos e inquietos por estar actualizados, y además tener una sólida formación pedagógica. Algo muy común en la educación superior colombiana, en las facultades de Ingeniería, es que gran cantidad de Ingenieros se encuentran dictando las cátedras de Física y Matemáticas y al no tener ninguna formación pedagógica, se convierten en simples profesores que se limitan a la mera trasmisión de conocimientos. ¿Qué investigación en educación, en didáctica de la Física, se puede llevar a cabo en estas circunstancias?
- Debe tenerse claridad acerca de, a donde se quiere llegar y que es lo esencial que deben comprender los estudiantes, según sus perfiles profesionales y ocupacionales, pues el enfoque de las estrategias metodológicas que se implementen trasciende de acuerdo con las aplicaciones tecnológicas de cada ingeniería.
- Es necesario potenciar el aprendizaje autónomo y el aprendizaje cooperativo, a través de trabajos individuales y el trabajo en equipo, como es el caso de las estrategias propuestas en este trabajo.
- Hay que fomentar e implementar los procesos de investigación guiada.
- Deben incorporarse los desempeños de comprensión con las competencias deseables para los futuros ingenieros.

- La valoración continua y la retroalimentación de todos los procesos involucrados en la formación, juegan un papel de gran importancia, por lo que es necesario planificar muy bien.

De otra parte, la implementación de estrategias metodológicas como los mapas conceptuales dinámicos, las actividades virtuales (en esta propuesta, la consulta interactiva guiada, el taller virtual y el laboratorio virtual), y en general cualquier tipo de actividad virtual utilizando fislets y la Internet, o que integre las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTICs) son importantes en la enseñanza de la física y del electromagnetismo en particular, siempre y cuando sean bien pensadas, diseñadas y planificadas, sin improvisar y prestando el debido acompañamiento a los estudiantes.

El *cómo enseñar para la comprensión* y el *cómo aprender comprendiendo*, son dos directrices que el docente debe tener siempre presente a la hora de incorporar los adelantos tecnológicos de nuestros días, como las NTICs, en su práctica docente. Esto se logró finalmente en este trabajo… los mapas conceptuales dinámicos y las actividades virtuales son impensables sin estos recursos.

El proceso de incorporación de las NTICs en las prácticas docentes requiere de un compromiso serio, y actitud positiva, de parte de docentes e instituciones educativas que facilite la capacitación, la investigación e implementación de estrategias metodológicas innovadoras, el asunto no se reduce a contar con una sala de computadores. Es necesario que este proceso sea intencional y planificado; hay que diseñar actividades mediadas de aprendizaje concretas, en las que intervengan como elementos del proceso: el diseño, el análisis, la selección, aplicación y evaluación de los recursos tecnológicos centrados en el aprendizaje.

En la integración de las NTICs a las prácticas educativas, como en el caso de esta Tesis, deben ser considerados los siguientes aspectos:

- El conjunto de destrezas y competencias que supone el uso de las NTICs para docentes y estudiantes (sin que esto implique que se tenga que ser un experto en sistemas).
- El invaluable recurso en manos del docente, medio eficaz, motivador y de presentación y tratamiento de la información.

- El impacto, como agente de cambio en la metodología de los procesos de enseñanza–aprendizaje.
- El uso del computador, y de la tecnología en general, en el proceso educativo, debe considerarse como una Herramienta de ayuda al docente y en ningún momento como su sustituto. Así, por ejemplo, los ordenadores juegan un papel importante en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la física, pues con ellos se puede revelar la importancia práctica del conocimiento que imparte el docente. Trabajar con datos reales en los diferentes fenómenos físicos (electromagnéticos en este trabajo), mediante el ordenador, facilita la comprensión en los estudiantes además que les motiva.
- Una nueva herramienta que nos ofrece la incorporación de las NTICs en el entorno educativo, son los *fislets:* programas a los cuales se accede desde la Internet mediante un navegador. Con ellos, los estudiantes pueden realizar experiencias de simulación y animación diseñadas y propuestas por el docente como las actividades virtuales expuestas en esta propuesta. Al ser accesibles desde la WWW, su utilización no queda restringida al centro educativo, se lleva la experimentación del aula de física a la casa del estudiante. La utilización de los fislets no es que implique necesariamente un cambio metodológico, pero su incorporación conduce a un replanteamiento didáctico que mejora el desempeño del docente y facilita la comprensión en los estudiantes. Su utilización no debe plantearse como un accesorio, un simple juego, como un añadido curioso y atractivo de la actividad del docente, sino que debe estar incorporado en ella como un elemento didáctico bien estructurado, como se propone en esta Tesis, por ejemplo.

En cuanto a los mapas conceptuales dinámicos podemos concluir que su implementación como estrategia metodológica en la enseñanza-aprendizaje para la comprensión del Electromagnetismo, y de la física en general, aporta elementos bien importantes. Facilita al docente la organización de sus materiales de enseñanza y la estructuración de los contenidos programáticos de las asignaturas a su cargo y que puede presentar a sus estudiantes con medios audiovisuales, y a los estudiantes la organización de su material de

estudio. Al ser estos, herramientas de asociación, interrelación, discriminación, descripción y ejemplificación de contenidos, con un alto poder de visualización, su implementación como recurso, método y estrategia de enseñanza-aprendizaje es de gran utilidad.

El ejercicio de elaboración de mapas conceptuales dinámicos fomenta la reflexión, el análisis y la creatividad en los estudiantes, aspectos importantes en el aprendizaje (autónomo) para la comprensión. Es una buena técnica de estudio y una eficaz herramienta de aprendizaje.

El proceso de investigación que condujo a esta Tesis Doctoral, permitió escribir varios documentos y crear material de enseñanza valioso para los docentes de Física, y de manera particular para aquellos docentes que tienen a cargo la cátedra de Electromagnetismo.

Estos documentos son:

- A cerca de la investigación en educación y su planificación.
- Marco de la Enseñanza para la Comprensión.
- El Relato y la comprensión de la Física.
- Recensión sobre “Las Conexiones Ocultas”. Libro escrito por Fritjof Capra.
- Resumen del libro “La Aventura del Pensamiento”-“La Evolución de la Física”. Escrito por Albert Einstein y Leopold Infeld.
- Competencias de un profesor, universitario, de Electromagnetismo.
- Enseñanza para comprensión del Electromagnetismo.
- Desempeños de comprensión y competencias básicas en el Electromagnetismo.
- Los fislets en la enseñanza de la Física.
- El ordenador en la enseñanza de la Física.
- Exploración y selección de páginas Web con fislets insertados.
- El mapa conceptual en el Electromagnetismo.
- Ensayo sobre la película “Un Verdad Incómoda”.
- Ensayo sobre la película “The Secret”

Y el material de enseñanza que aporta la Tesis es:

- Guías Instruccionales, para el estudiante, para el desarrollo de actividades virtuales. *Guías para Consulta Interactiva Guiada, Taller Virtual y Laboratorio Virtual.*
- Relatos escritos por el docente investigador.
- Instructivo para la incorporación de fislets en los mapas conceptuales.
- Curso de Electromagnetismo en mapas conceptuales dinámicos. Valioso aporte a la comunidad educativa internacional, que próximamente será subido a la Internet.

Los principales actores y la razón de ser de toda investigación en educación son los estudiantes, a quienes se les debe escuchar atentamente para validar o no las propuestas llevadas a cabo con ellos. La retroalimentación es relevante en el proceso de valoración del trabajo de Tesis aquí expuesto.
A continuación se presentan aspectos importantes acerca de la evaluación, realizada por los estudiantes, de las estrategias metodológicas implementadas para potenciar la comprensión del Electromagnetismo.

Evaluación de las estrategias metodológicas implementadas para potenciar la comprensión del Electromagnetismo.

En el proceso educativo, los estudiantes son los más indicados a la hora de evaluar las metodologías de enseñanza y aprendizaje.
Las estrategias metodológicas aplicadas fueron evaluadas por los estudiantes involucrados en el proyecto. Esta evaluación fue llevada a cabo a través de una encuesta escrita que consta de dos partes; una referente a las fortalezas, debilidades y sugerencias para cada una de las estrategias aplicada (mapa conceptual dinámico, relatos, consulta interactiva guiada, taller virtual, laboratorio virtual y prácticas experimentales), y la otra que involucra variables intrapersonales y de contexto. Se aplicó al finalizar cada uno de los semestres académicos en los que se llevó a cabo la investigación y podrá consultarse en el anexo 1.
El número de estudiantes encuestados fue de 80, lo que corresponde a una población del 78.4% de la totalidad de los estudiantes que estuvieron involucrados en la totalidad de la metodología y durante todo el semestre

académico correspondiente. Es decir, no se tuvieron en cuenta dos grupos; el grupo que tomó el curso de vacaciones de mitad de año de 2007 de la Universidad Católica de Colombia, y el grupo de la Universidad Piloto de Colombia. La razón es que con estos grupos no fueron aplicadas todas las estrategias.

Los resultados de dicha evaluación fueron muy positivos, lo que demuestra que la metodología implementada fue plenamente aceptada por los estudiantes. Se exponen a continuación aspectos generales de los resultados de la encuesta; los resultados completos, ilustrados en gráficos, podrán ser consultados en el anexo 2.

Del análisis de las gráficas del anexo 2 se concluye que los estudiantes manifiestan:

- Estar de acuerdo en que la presentación de los contenidos temáticos, por parte del docente, utilizando mapas conceptuales, orienta claramente sobre los objetivos del curso.
- Que la construcción de mapas conceptuales les permitió avanzar en la comprensión del Electromagnetismo.
- Que es agradable elaborar mapas conceptuales en Física.
- Cierta dificultad para estructurar y organizar mejor los conceptos fundamentales de los diferentes tópicos del curso mediante la elaboración de mapas conceptuales.
- Que los relatos escritos por el docente, con una finalidad didáctica, son una estrategia innovadora y motivadora.
- Estar de acuerdo en que escribir relatos los obliga a esforzarse por ser creativos e imaginativos.
- Que relacionar el conocimiento científico con lo cotidiano o con su desempeño laboral, a través de un relato, les ayuda a encontrarle mayor sentido a la Física.
- Que es agradable escribir un relato con tópicos de Física.
- Que las prácticas virtuales interactivas les parecieron innovadoras, interesantes y motivadoras.
- Que las prácticas virtuales interactivas contribuyeron a mejorar su comprensión del Electromagnetismo.

- Que las guías de trabajo del estudiante, elaboradas por el docente, para las actividades virtuales, son bien estructuradas y claras.
- Que la "Consulta Interactiva Guiada" les permitió avanzar significativamente en la comprensión de conceptos abstractos del Electromagnetismo.
- Que la "Consulta Interactiva Guiada" fue una actividad que les permitió complementar y profundizar sobre aspectos del Electromagnetismo.
- Que a través del "Taller Virtual" aprendieron a interpretar, plantear y solucionar, de manera diferente y agradable, problemas de aplicación del Electromagnetismo.
- Que se comprende más, si se solucionan problemas de aplicación del Electromagnetismo, en forma interactiva que en el tablero en una clase tradicional.
- Que el "Laboratorio Virtual" contribuyó a mejorar su comprensión del Electromagnetismo.
- Que sus experiencias de aprendizaje en Física, como estudiantes universitarios cambiaron significativamente de manera positiva con las prácticas de "Laboratorio Virtual".
- Considerar que las prácticas experimentales son esenciales para la comprensión del Electromagnetismo.
- Estar de acuerdo con que los equipos y materiales de laboratorio son buenos y modernos.
- Que las guías de laboratorio de las prácticas experimentales no son muy buenas. Un 41.1% las califica con 3.0 sobre 5.0. Es pertinente aclarar que estas guías no fueron elaboradas por el autor de esta investigación, sino por docentes de planta de la universidad adscritos al Departamento de Ciencias Básicas.
- Haber presentado buenos informes de las prácticas virtuales realizadas durante el semestre.
- Estar de acuerdo en que comprender la Física y particularmente el Electromagnetismo es fundamental para su buen desempeño como futuros Ingenieros.
- Que la metodología empleada por el docente, en el curso de Electromagnetismo, es muy buena.

- Que su comprensión y desempeño en la clase de Física I fue muy regular.
- Que su comprensión y desempeño en la clase de Física II fue bastante regular.
- Que su comprensión y desempeño en la clase de Física III (Electromagnetismo) fue muy buena. El 65% de los estudiantes asignan a este ítem una calificación de 4.0 sobre 5.0 y el 25%, de 5.0

Los últimos tres argumentos, expresados por los estudiantes, son una clara evidencia de que la metodología, innovadora, implementada en la Física III (Electromagnetismo) favorece más la comprensión y el buen desempeño de los estudiantes, que la metodología tradicional aplicada en las Físicas I y II. Un gran acierto de este trabajo de investigación.

Algunas de las opiniones (muchas coinciden) de los estudiantes con respecto a las estrategias metodológicas implementadas, transcritas textualmente son:

- A través de los relatos podemos ver la Física de una forma lógica y agradable.
- La mayor dificultad para escribir un relato en Física radica en que se deben tener muy claros los conceptos.
- Al taller virtual hay que dedicarle mucho tiempo, debe tener mayor valor y más plazo para la entrega del informe.
- Las prácticas experimentales son un soporte muy importante para aclarar la teoría.
- Los relatos deberían ser implementados también en otras materias.
- Sería bueno que se realizaran más prácticas de laboratorio virtual en el semestre, es una actividad agradable y es arto lo que se aprende a través de ellas.
- Tuve gran dificultad para escribir mi relato. Rescato el hecho de que promueve la creatividad y es un buen ejercicio para aprender a escribir bien.

- Las actividades virtuales las puedo realizar las veces que quiero y en el tiempo que pueda. Este aspecto favorece mucho a los estudiantes nocturnos y que trabajamos.
- La consulta interactiva guiada es una actividad interesante, trabajar navegando en la Internet y manipulando applets es divertido y se aclaran muy bien los conceptos.
- Con el taller virtual se comprende mejor la esencia de los problemas de aplicación del Electromagnetismo.
- Sugiero que las estrategias implementadas, principalmente el laboratorio virtual, se realicen con mayor frecuencia y en los demás cursos de Física.
- Las aplicaciones del Electromagnetismo vistas a través de las actividades virtuales es algo muy instructivo. Las simulaciones de los fenómenos físicos son un gran aporte para entender mejor y más fácil.
- La interpretación de un texto científico y su adaptación a lo cotidiano, con gran creatividad, es interesante, me gustó.
- Los mapas conceptuales permiten resumir facilitando el estudio y el aprendizaje.
- Considero el laboratorio virtual una excelente estrategia de aprendizaje. Lástima que sean pocos los realizados en el semestre.
- Una dificultad en la elaboración de los mapas conceptuales es el poco conocimiento previo al respecto, esto lo limita a uno como estudiante y mucho más si es el mapa es dinámico pues se requiere del buen manejo de herramientas informáticas. ¡Pero funciona!
- Es mucho lo que uno tiene que investigar para poder escribir un relato en Física. Es fácil embarrarla cuando se debe relacionar lo científico con lo cotidiano. Es una propuesta interesante que le mueve el piso en varios aspectos a uno como estudiante.
- Escribir relatos desarrolla habilidades para redactar, una falencia muy marcada en nosotros los estudiantes de Ingeniería.
- No me había imaginado un mapa conceptual interactivo, con manejo de software. Una actividad muy buena para comprender mejor y para las exposiciones, lo empezaré a utilizar en mi trabajo.

- Al realizar la práctica virtual logré tener una visión más clara de los capacitores y su importancia en la ingeniería, pues ellos forman parte importante dentro de la industria electrónica del mundo. La esencia de la práctica fue muy buena pues se lograron los objetivos planteados en la misma, cuando logramos entenderla, hubo fluidez al avanzar en cada punto sobre todo con las correcciones y aclaraciones que nos hizo el profesor.
- La implementación de las prácticas virtuales se deberían de efectuar más seguido y de ahora en adelante en la universidad, no sólo en esta materia, pues nos sirve mucho mas la práctica aplicada que la teoría solamente, de esta manera se tiene una visión más clara de la física y su aplicación en todas las áreas de la ingeniería.
- La realización de este taller virtual fue excelente ya que pudimos resolver problemas que implican interacciones electromagnéticas, pues vimos como se pueden tener alternativas como esta para la solución de problemas de aplicación.
- Nos gustó la práctica porque al realizar el taller despejamos dudas que teníamos acerca del tema y comprendimos la importancia de los campos eléctricos y magnéticos en la solución de problemas de electromagnetismo. Se deberían implementar más a menudo estas prácticas pues sacamos bastante provecho y extraemos más conocimiento de ellas.
- Esta metodología con los mapas conceptuales y de manera especial con las actividades virtuales, en mi opinión despiertan mucho más el interés sobre temas específicos y de difícil manejo que una clase tradicional del profesor, más aún cuando no se tienen conocimientos previos al tema a tratar. En mi caso, y después de haber estado fuera de la Universidad por largo tiempo, me ha facilitado la comprensión y he logrado entender conceptos que no había manejado anteriormente ni habían sido tratados en materias anteriores.

ANEXOS

Anexo1

Encuesta realizada a los estudiantes para evaluar las estrategias metodológicas implementadas en el curso de Electromagnetismo.

EVALUACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS IMPLEMENTADAS EN EL CURSO DE ELECTROMAGNETISMO

Estimado estudiante, responda objetivamente la siguiente encuesta que tiene la finalidad de evaluar las estrategias metodológicas aplicadas durante el semestre en el curso de electromagnetismo. El análisis de esta evaluación permitirá extractar conclusiones conducentes a mejorarlas.

Nombre: _____ Código:_____
Edad: _____ años. Semestre que cursa actualmente: _____
¿Se encuentra trabajando actualmente? Si _____ No _____
Actividad laboral: _____

I. Para cada una de las estrategias metodológicas implementadas durante el semestre, mencione las fortalezas, las debilidades (o dificultades) y las sugerencias para mejorarlas.

ESTRATEGIA METODOLÓGICA	FORTALEZAS	DEBILIDADES	SUGERENCIAS
1. MAPA CONCEPTUAL DINÁMICO			
2. RELATOS			
3. CONSULTA INTERACTIVA GUIADA			
4. LABORATORIO VIRTUAL			

5. TALLER VIRTUAL			
6. PRÁCTICAS EXPERIMENTALES			

II. VARIABLES INTRAPERSONALES Y DE CONTEXTO

Asigne una valoración entre 1 y 5 a cada uno de los siguientes ítems, marcando con una x en la casilla correspondiente. Si usted cree que hacen falta aspectos por evaluar, utilice las últimas filas de la matriz para escribirlos.

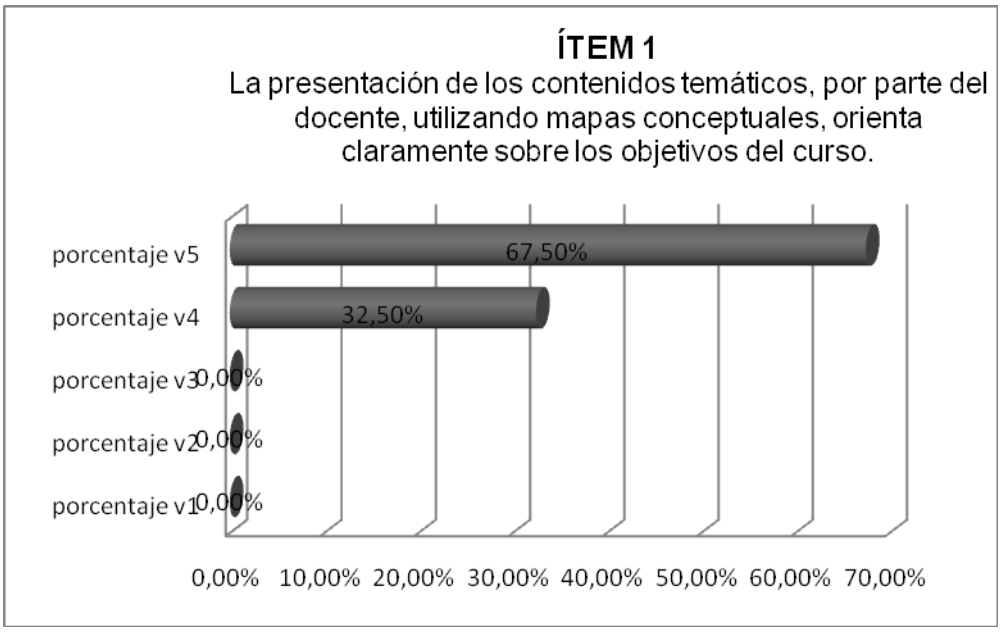
No	ÍTEM	1	2	3	4	5
1	La presentación de los contenidos temáticos, por parte del docente, utilizando mapas conceptuales, orienta claramente sobre los objetivos del curso.					
2	La construcción de mapas conceptuales me permitió avanzar en la comprensión del electromagnetismo.					
3	Me agradó elaborar mapas conceptuales en física.					
4	Con la elaboración de mapas conceptuales logré estructurar y organizar mejor los conceptos fundamentales de los diferentes tópicos del curso.					
5	Los relatos escritos por el docente, con una finalidad didáctica, son una estrategia innovadora y motivadora.					
6	Escribir relatos me obligó a esforzarme por ser creativo e imaginativo.					
7	Relacionar el conocimiento científico con lo cotidiano o con mi desempeño laboral, a través de un relato, me ayudó a encontrarle mayor sentido a la física.					
8	Me agradó escribir un relato con tópicos de física.					
9	Las prácticas virtuales interactivas me parecieron innovadoras, interesantes y motivadoras.					
10	Las prácticas virtuales interactivas contribuyeron a mejorar mi comprensión del electromagnetismo.					
11	Las guías de trabajo del estudiante, elaboradas por el docente, para las actividades virtuales, las califico con:					
12	La "Consulta Interactiva Guiada" me permitió avanzar significativamente en la comprensión de conceptos abstractos del electromagnetismo.					
13	La "Consulta Interactiva Guiada" fue una actividad que me permitió complementar y profundizar sobre aspectos del electromagnetismo.					
14	Aprendí a interpretar, plantear y solucionar de mejor manera, problemas de aplicación del electromagnetismo, a través del "Taller Virtual".					
15	Comprendo más, si soluciono problemas de aplicación del electromagnetismo en forma interactiva que en el tablero de clase.					
16	El "Laboratorio Virtual" mejoró mi comprensión del electromagnetismo.					
17	Mis experiencias de aprendizaje en física como estudiante universitario cambiaron significativamente, de manera positiva con las prácticas de laboratorio virtual.					
18	Considero que las prácticas experimentales son esenciales para la comprensión del electromagnetismo.					

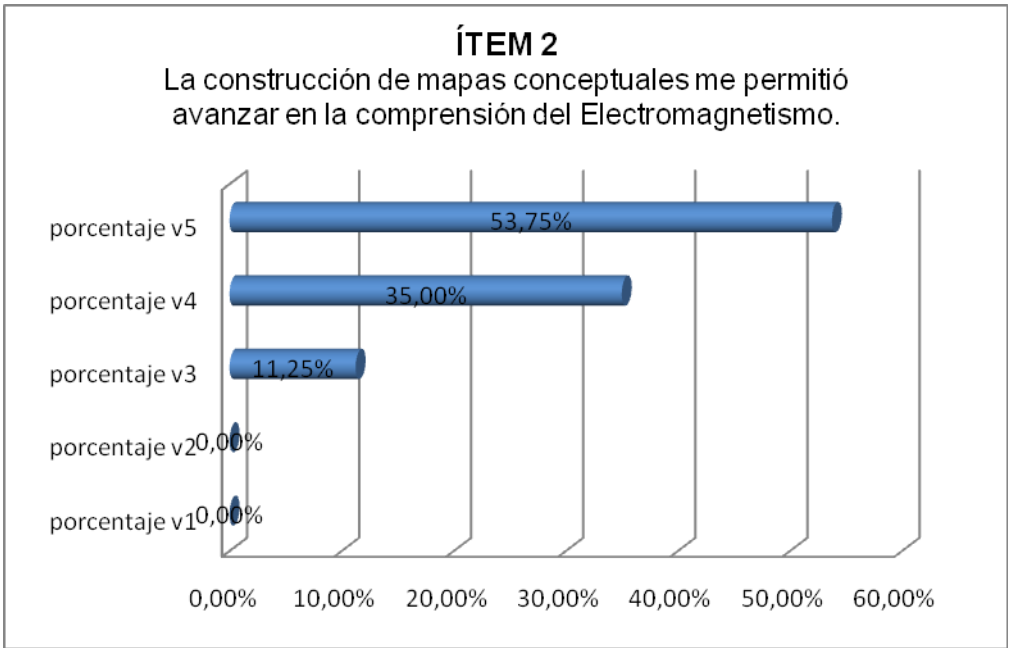
19	Los equipos y materiales de laboratorio los califico con:					
20	Las guías de laboratorio de las prácticas experimentales las califico con:					
21	Los informes de las practicas virtuales que presenté, los califico con:					
22	Comprender la física y particularmente el electromagnetismo es fundamental para mi buen desempeño como futuro ingeniero.					
23	La metodología empleada por el docente la califico con:					
24	Mi comprensión y desempeño en la clase de física 1 la califico con:					
25	Mi comprensión y desempeño en la clase de física 2 la califico con:					
26	Mi comprensión y desempeño en la clase de física 3 la califico con:					

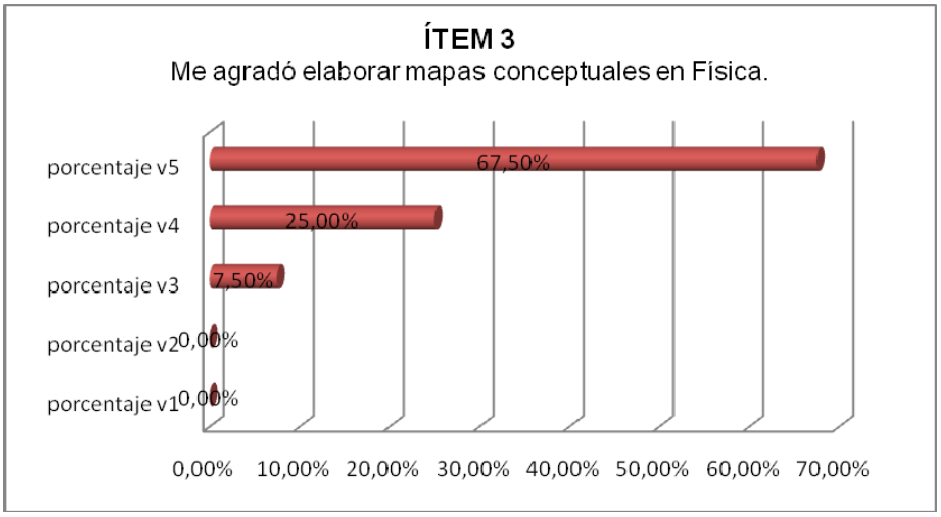
Anexo2

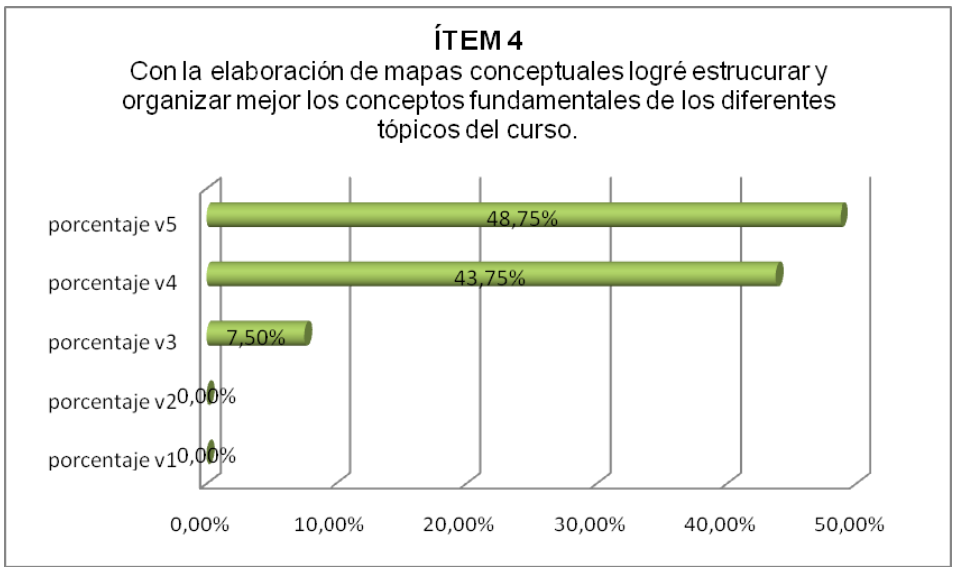
Gráficos que ilustran los resultados de la encuesta realizada a los estudiantes para evaluar las estrategias metodológicas implementadas en el curso de Electromagnetismo. Aspectos que tienen que ver con las variables intrapersonales y de contexto (segunda parte de la encuesta del anexo 1).

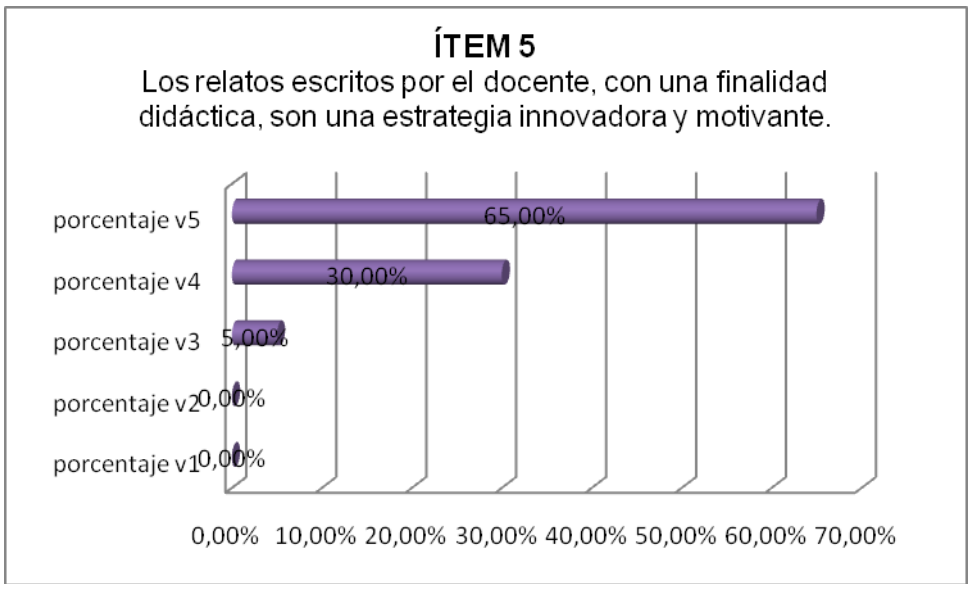
Figura A2-1_26

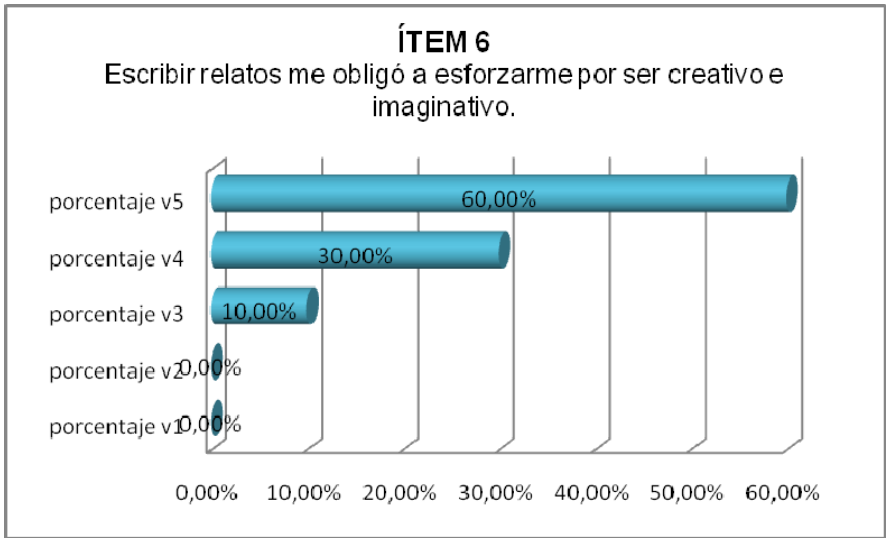


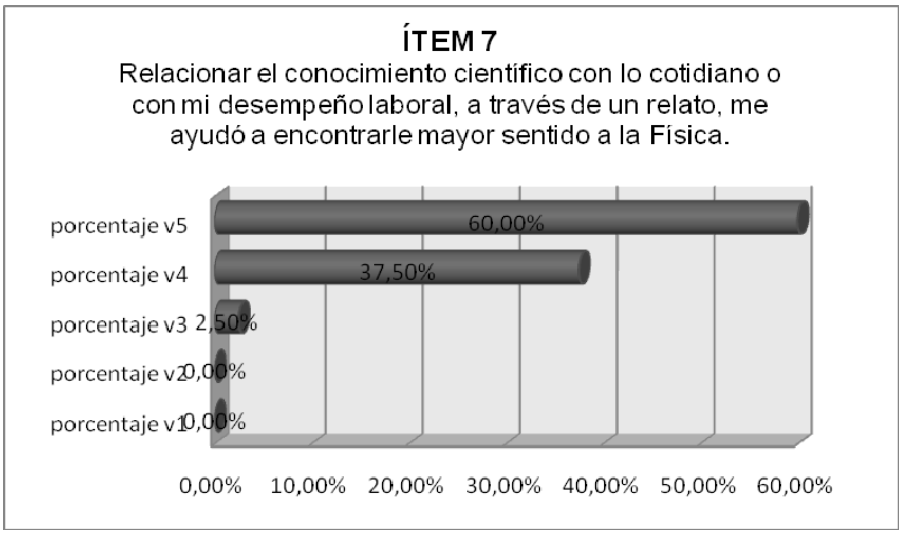


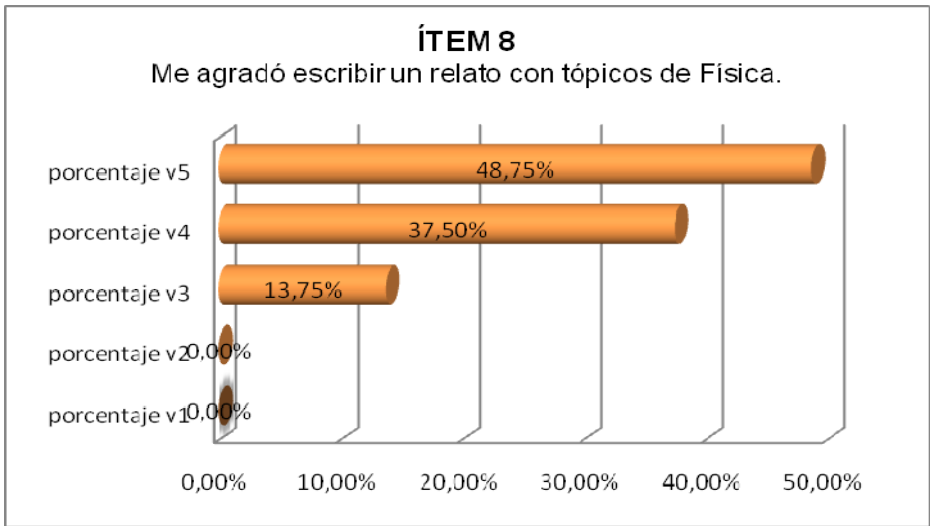

ÍTEM 3
Me agradó elaborar mapas conceptuales en Física.
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
67,50%
25,00%
7,50%
0,00%
0,00%
0,00% 10,00% 20,00% 30,00% 40,00% 50,00% 60,00% 70,00%

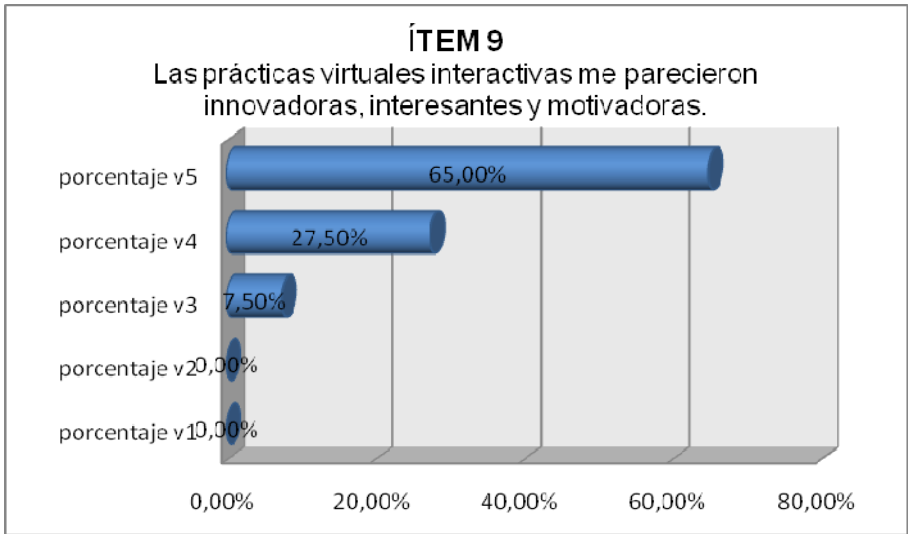

ÍTEM 4
Con la elaboración de mapas conceptuales logré estrucurar y organizar mejor los conceptos fundamentales de los diferentes tópicos del curso.
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
48,75%
43,75%
7,50%
0,00%
0,00%
0,00% 10,00% 20,00% 30,00% 40,00% 50,00%

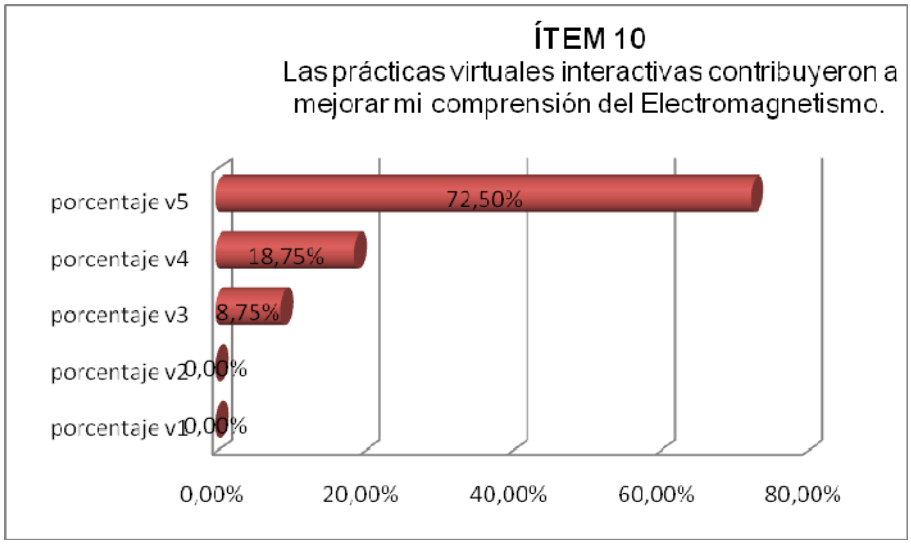

ÍTEM 5
Los relatos escritos por el docente, con una finalidad didáctica, son una estrategia innovadora y motivante.
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
65,00%
30,00%
5,00%
0,00%
0,00%
0,00% 10,00% 20,00% 30,00% 40,00% 50,00% 60,00% 70,00%

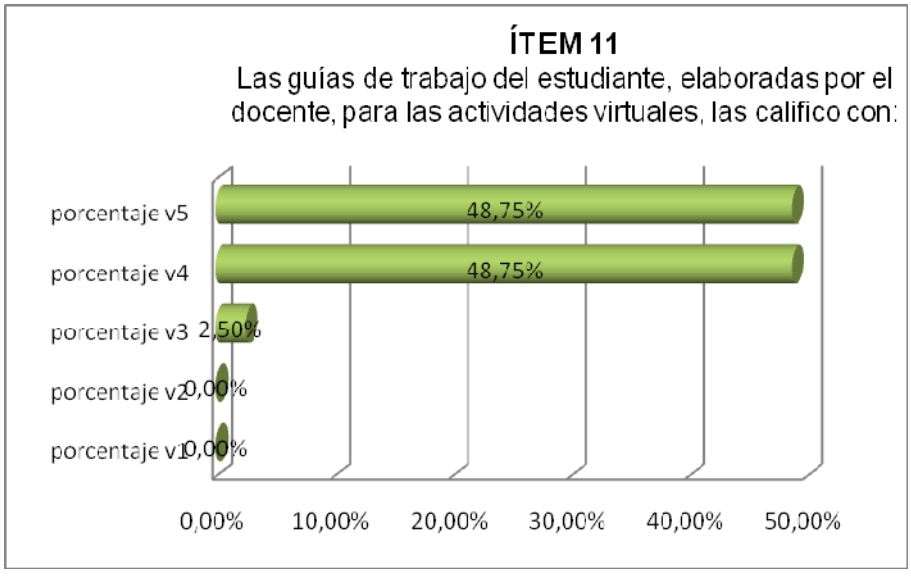

ÍTEM 6
Escribir relatos me obligó a esforzarme por ser creativo e imaginativo.
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
60,00%
30,00%
10,00%
0,00%
0,00%
0,00% 10,00% 20,00% 30,00% 40,00% 50,00% 60,00%

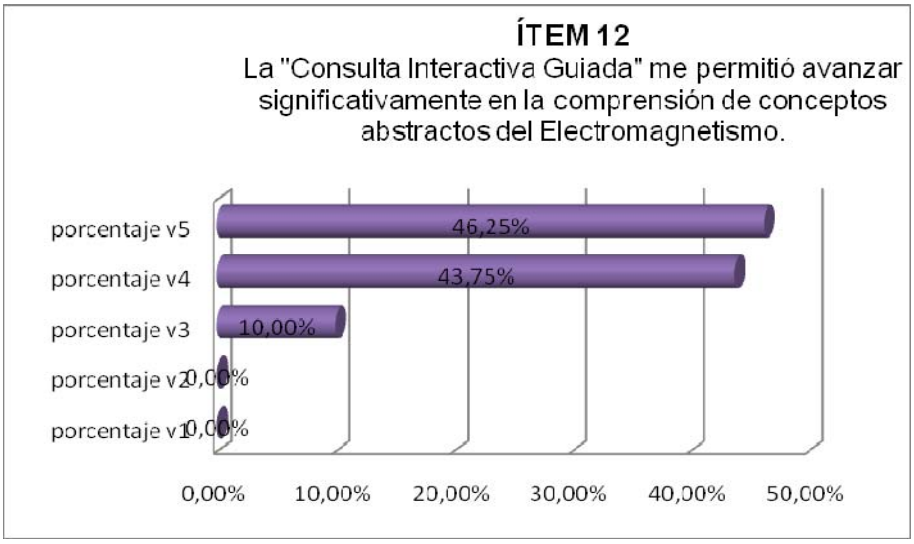

ÍTEM 7
Relacionar el conocimiento científico con lo cotidiano o con mi desempeño laboral, a través de un relato, me ayudó a encontrarle mayor sentido a la Física.
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
60,00%
37,50%
2,50%
0,00%
0,00%
0,00% 10,00% 20,00% 30,00% 40,00% 50,00% 60,00%

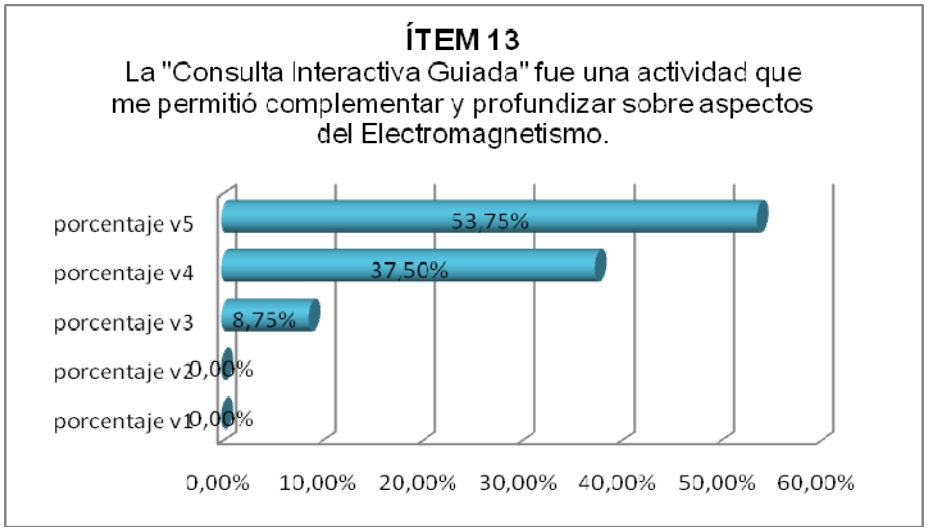

ÍTEM 8
Me agradó escribir un relato con tópicos de Física.
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
48,75%
37,50%
13,75%
0,00%
0,00%
0,00% 10,00% 20,00% 30,00% 40,00% 50,00%

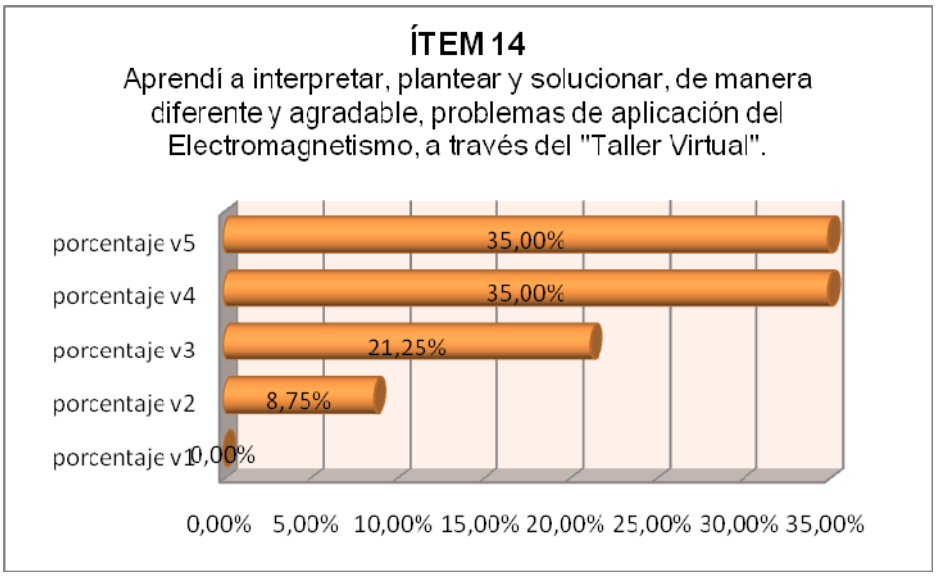

ÍTEM 9
Las prácticas virtuales interactivas me parecieron innovadoras, interesantes y motivadoras.
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
65,00%
27,50%
7,50%
0,00%
0,00%
0,00%
20,00%
40,00%
60,00%
80,00%

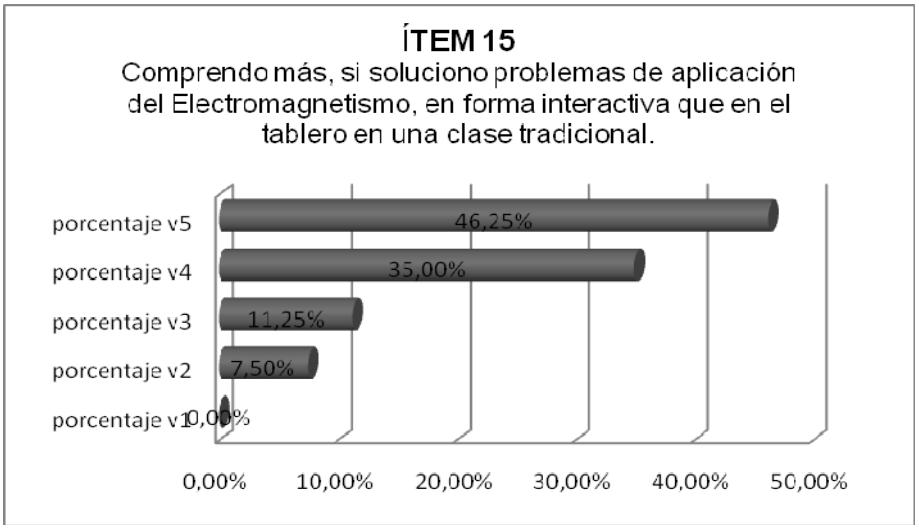

ÍTEM 10
Las prácticas virtuales interactivas contribuyeron a mejorar mi comprensión del Electromagnetismo.
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
72,50%
18,75%
8,75%
0,00%
0,00%
0,00%
20,00%
40,00%
60,00%
80,00%

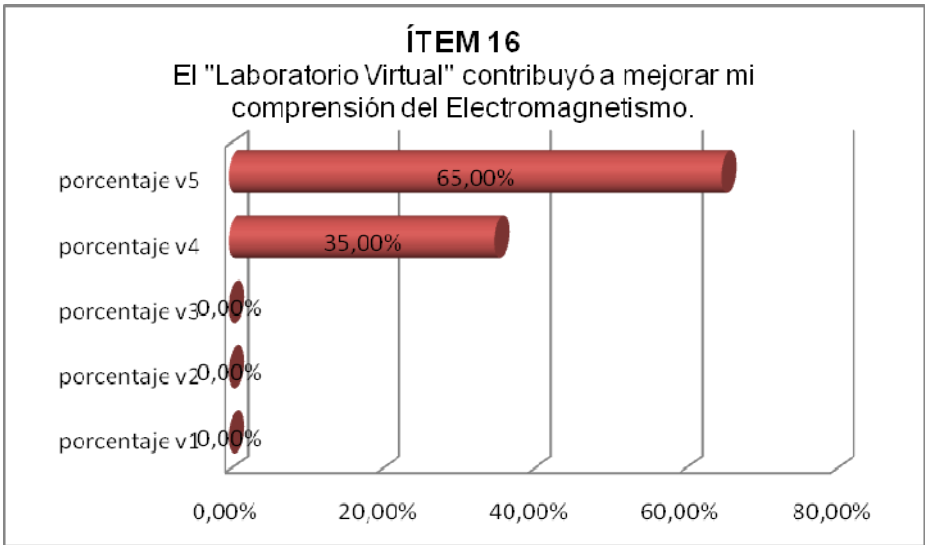

ÍTEM 11
Las guías de trabajo del estudiante, elaboradas por el docente, para las actividades virtuales, las califico con:
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
48,75%
48,75%
2,50%
0,00%
0,00%
0,00%
10,00%
20,00%
30,00%
40,00%
50,00%

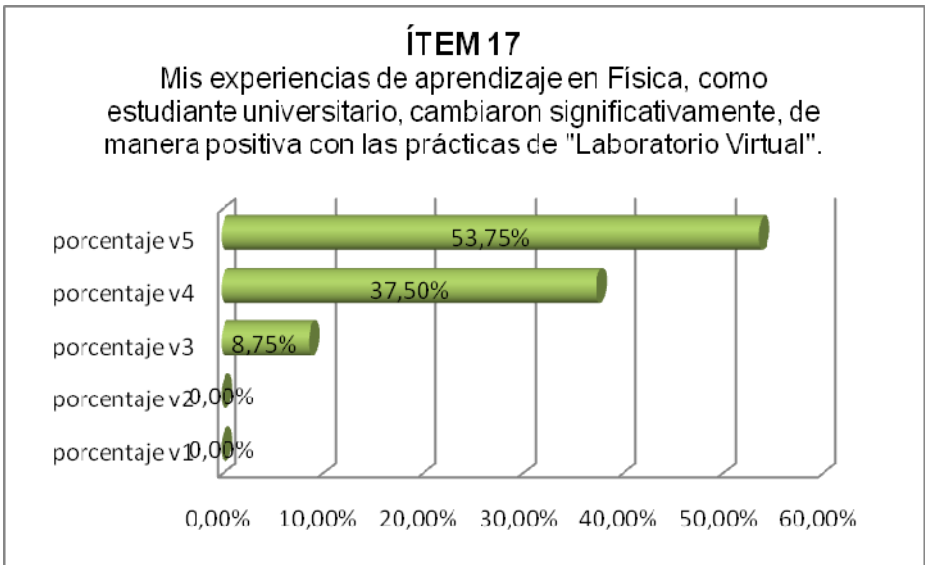

ÍTEM 12
La "Consulta Interactiva Guiada" me permitió avanzar significativamente en la comprensión de conceptos abstractos del Electromagnetismo.
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
46,25%
43,75%
10,00%
0,00%
0,00%
0,00%
10,00%
20,00%
30,00%
40,00%
50,00%

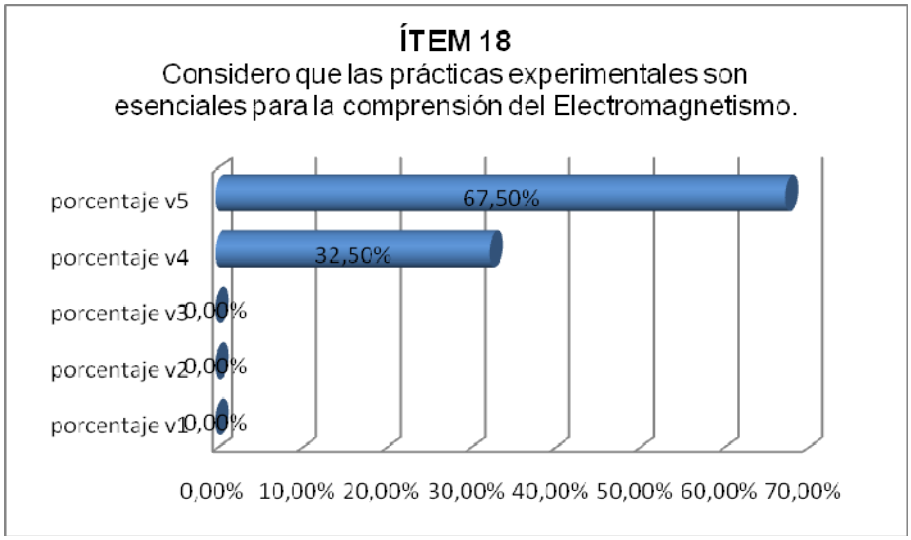

ÍTEM 13
La "Consulta Interactiva Guiada" fue una actividad que me permitió complementar y profundizar sobre aspectos del Electromagnetismo.
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
53,75%
37,50%
8,75%
0,00%
0,00%
0,00%
10,00%
20,00%
30,00%
40,00%
50,00%
60,00%

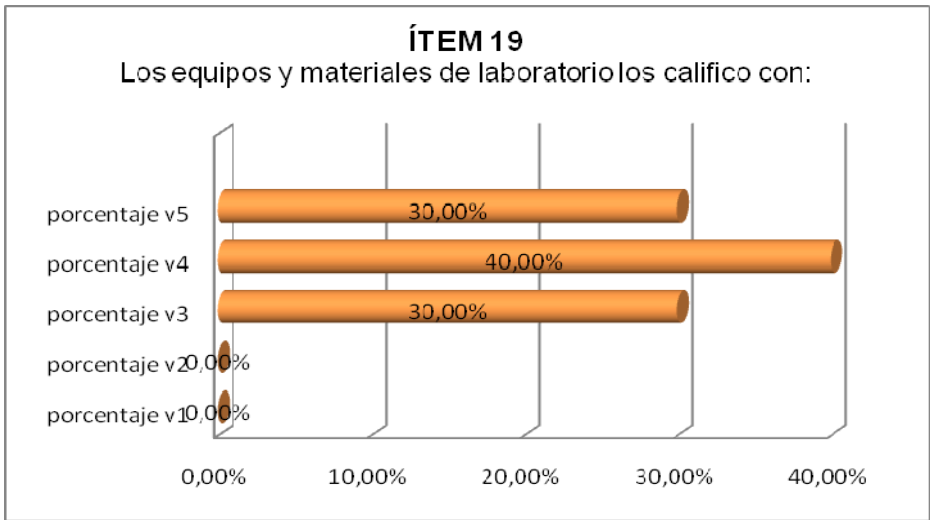

ÍTEM 14
Aprendí a interpretar, plantear y solucionar, de manera diferente y agradable, problemas de aplicación del Electromagnetismo, a través del "Taller Virtual".
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
35,00%
35,00%
21,25%
8,75%
0,00%
0,00%
5,00%
10,00%
15,00%
20,00%
25,00%
30,00%
35,00%

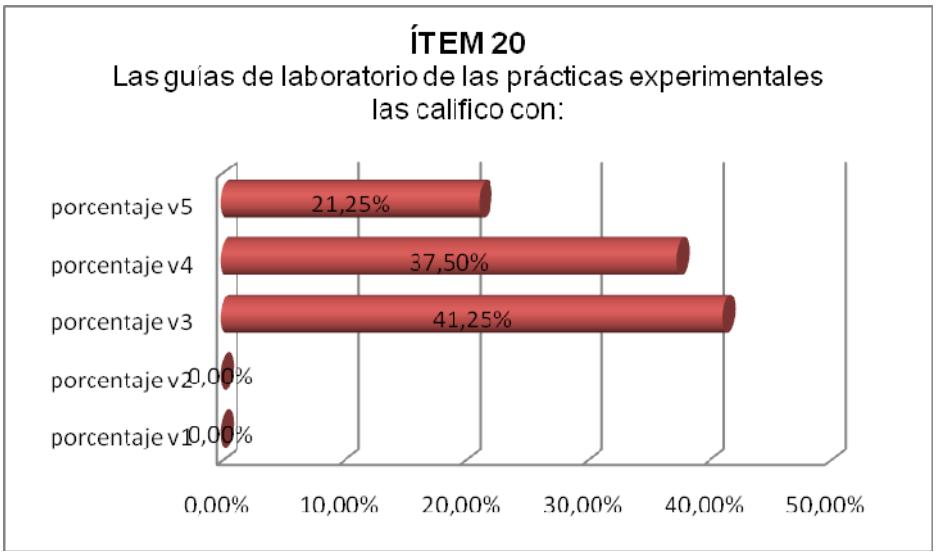

ÍTEM 15
Comprendo más, si soluciono problemas de aplicación del Electromagnetismo, en forma interactiva que en el tablero en una clase tradicional.
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
46,25%
35,00%
11,25%
7,50%
0,00%
0,00%
10,00%
20,00%
30,00%
40,00%
50,00%

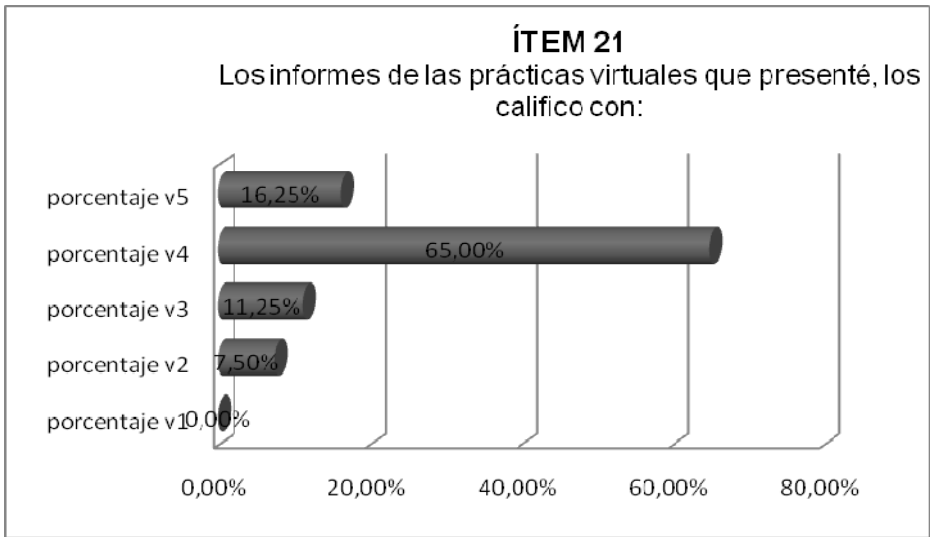

ÍTEM 16
El "Laboratorio Virtual" contribuyó a mejorar mi comprensión del Electromagnetismo.
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
65,00%
35,00%
0,00%
0,00%
0,00%
0,00%
20,00%
40,00%
60,00%
80,00%

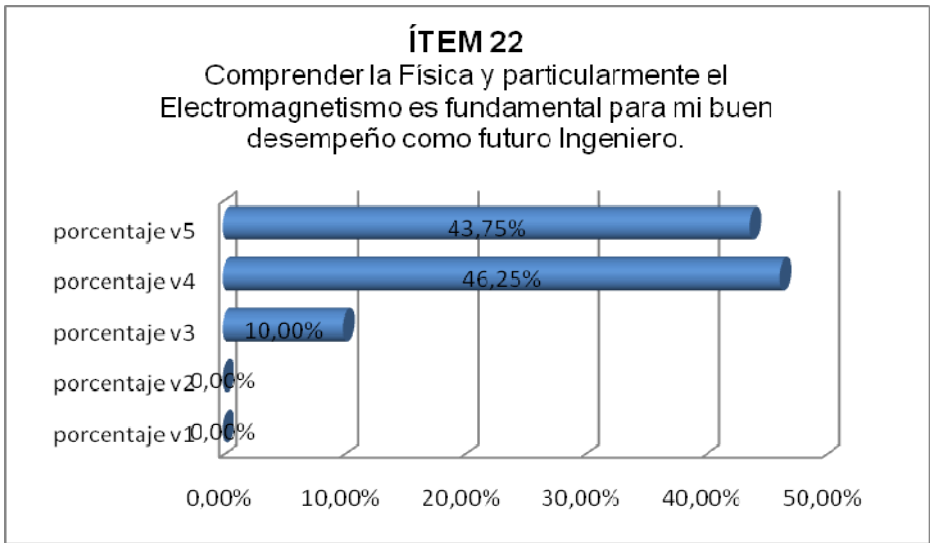

ÍTEM 17
Mis experiencias de aprendizaje en Física, como estudiante universitario, cambiaron significativamente, de manera positiva con las prácticas de "Laboratorio Virtual".
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
53,75%
37,50%
8,75%
0,00%
0,00%
0,00%
10,00%
20,00%
30,00%
40,00%
50,00%
60,00%

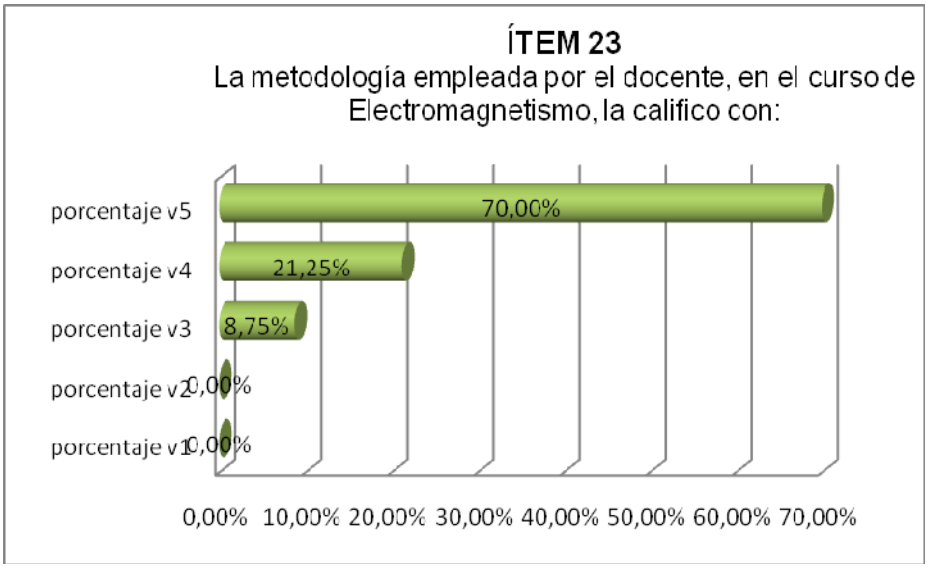

ÍTEM 18
Considero que las prácticas experimentales son esenciales para la comprensión del Electromagnetismo.
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
67,50%
32,50%
0,00%
0,00%
0,00%
0,00% 10,00% 20,00% 30,00% 40,00% 50,00% 60,00% 70,00%

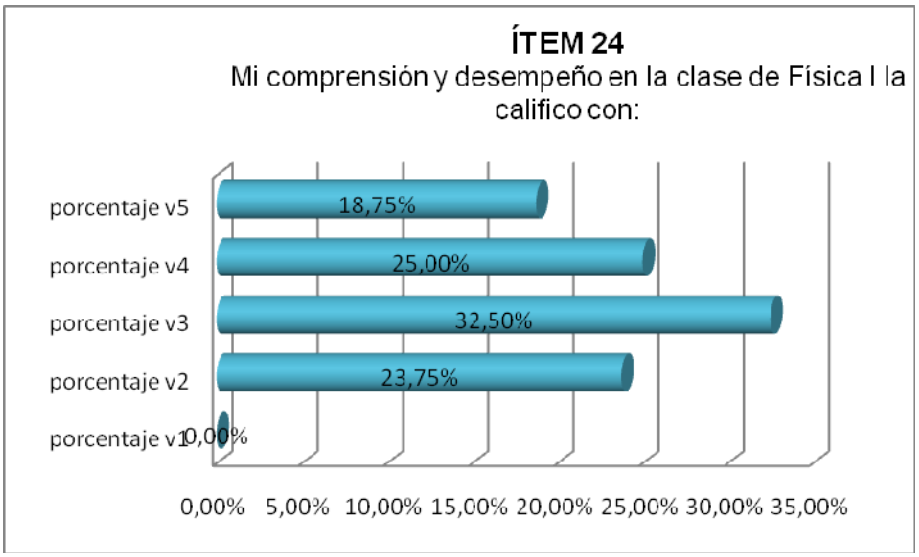

ÍTEM 19
Los equipos y materiales de laboratorio los califico con:
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
30,00%
40,00%
30,00%
0,00%
0,00%
0,00% 10,00% 20,00% 30,00% 40,00%

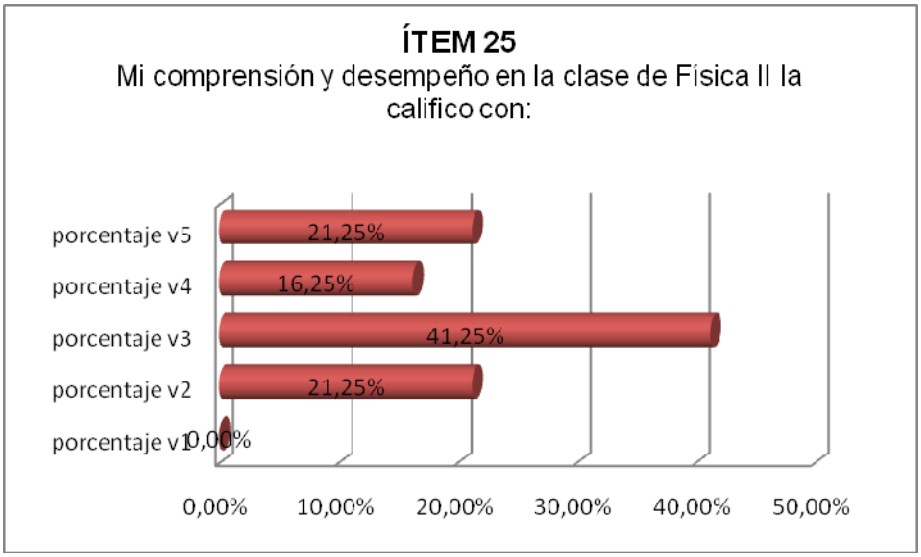

ÍTEM 20
Las guías de laboratorio de las prácticas experimentales las califico con:
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
21,25%
37,50%
41,25%
0,00%
0,00%
0,00% 10,00% 20,00% 30,00% 40,00% 50,00%

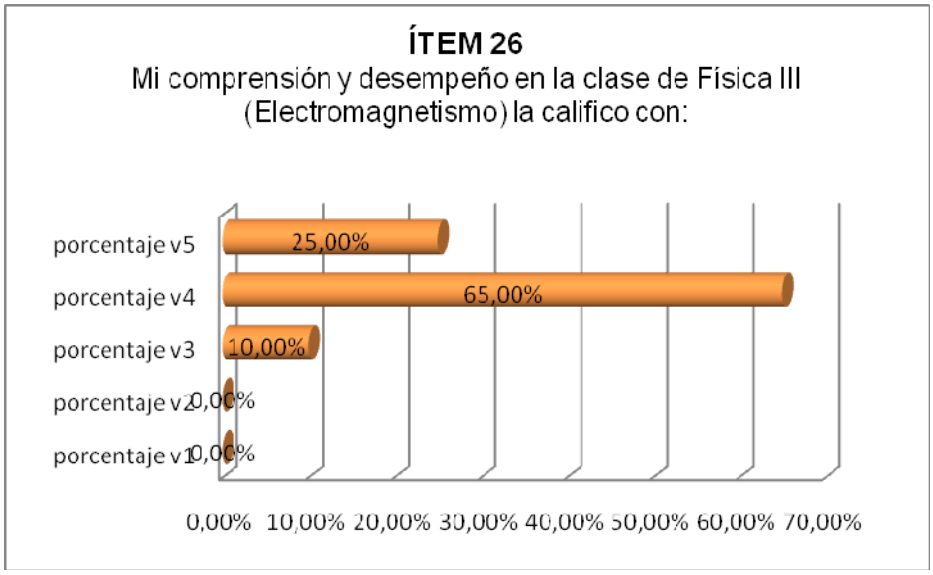

ÍTEM 21
Los informes de las prácticas virtuales que presenté, los califico con:
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
16,25%
65,00%
11,25%
7,50%
0,00%
0,00%
20,00%
40,00%
60,00%
80,00%


ÍTEM 22
Comprender la Física y particularmente el Electromagnetismo es fundamental para mi buen desempeño como futuro Ingeniero.
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
43,75%
46,25%
10,00%
0,00%
0,00%
10,00%
20,00%
30,00%
40,00%
50,00%


ÍTEM 23
La metodología empleada por el docente, en el curso de Electromagnetismo, la califico con:
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
70,00%
21,25%
8,75%
0,00%
0,00%
10,00%
20,00%
30,00%
40,00%
50,00%
60,00%
70,00%


ÍTEM 24
Mi comprensión y desempeño en la clase de Física I la calificó con:
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
18,75%
25,00%
32,50%
23,75%
0,00%
0,00% 5,00% 10,00% 15,00% 20,00% 25,00% 30,00% 35,00%


ÍTEM 25
Mi comprensión y desempeño en la clase de Física II la calificó con:
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
21,25%
16,25%
41,25%
21,25%
0,00%
0,00% 10,00% 20,00% 30,00% 40,00% 50,00%


ÍTEM 26
Mi comprensión y desempeño en la clase de Física III (Electromagnetismo) la calificó con:
porcentaje v5
porcentaje v4
porcentaje v3
porcentaje v2
porcentaje v1
25,00%
65,00%
10,00%
0,00%
0,00%
0,00% 10,00% 20,00% 30,00% 40,00% 50,00% 60,00% 70,00%

Bibliografía

Agulla, J. C. (1986). Sociología de la educación. Buenos Aires: Piados.

Aprendizaje combinado. Disponible en: http://www.wikilearning.com/aprendizaje_combinado_o_blended_learning-wkc-10480.htm

Arellano de Loginow, Norka. Metodología de los Mapas Conceptuales. Disponible en: http://www.monografias.com/trabajos10/mema/mema.shtml

AIU. On Line Library. Disponible en: https://www.aiu.edu/online/StudentResourcesspan.htm#LIBROSLINEA

Alarcón C., José Ignacio y Montenegro A., Abdón, I. *(2000).* Competencias Pedagógicas, autoevaluación docente. Cooperativa Editorial del Magisterio. Santa Fe de Bogotá.

Alonso Tapia, J. Carriedo, N. y otros (1992): "Leer, comprender y pensar. Nuevas estrategias y técnicas de comprensión". Madrid. MEC-CIDE.

Ausubel, David. El aprendizaje significativo. Disponible en: http://www.monografias.com/trabajos10/dapa/dapa.shtml

Ausubel, David P. Novak, Joseph D. Hanesian, Helen (1995), Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo. Editorial Trillas. 2ª edición.

Barberá, Elena y Badia, Antony. Hacia una auténtica integración curricular de las tecnologías de la información y comunicación. Disponible en: http://www.rieoei.org/deloslectores/1055Pariente.pdf

Bartolomé, A. (1992). Aplicación de la informática en la enseñanza. En las nuevas tecnologías de la información en la educación. Eds Juan de Pablos y Carlos Gortari. Ed. Alfar. Madrid.

Bieber, Michael. (2000). "Hypertext". Encyclopedia of Computer Science (4th Edition), Ralston, A., Edwin Reilly and David Hemmendinger (eds.), Nature Publishing Group, 2000, 799-805. (On-line)

Blythe, Tina. (1999).La enseñanza para la comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica. Editorial Paidos.

Bruner, J. (1980). Investigación sobre el desarrollo cognitivo. Pablo del Río.

Cañas, Alberto J., Novak, Joseph D., González, F.M. (2004). Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. On the First. Int. Conference om Concept Mapping. Pamplona, Spain.

Cañas, Alberto J., Novak, Joseph D. Construyendo sobre Nuevas Ideas Constructivistas y la Herramienta CmapTools para Crear un Nuevo Modelo para Educación. Institute for Human and Machine Cognition. 2004. Disponible en: http://www.eduteka.org/pdfdir/CmapToolsNuevoModeloEducacion.pdf

Cañas, A. J., Novak, J.D. González, F.M. (2004). Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. On the First. Int. Conference om Concept Mapping. Pamplona, Spain.

Creación de mapas conceptuales. Disponible en: http://cmap.ihmc.us/Support/help/Espanol/CreacionMapasConceptuales.pdf

Castellanos, B. (1998). La planificación de la investigación educativa. Instituto Superior Pedagógico Enrique José Varona, La Habana.

Castellanos, B. (1996). La investigación en el campo de la educación: retos y alternativas. Instituto Superior Pedagógico Enrique José Varona, La Habana.
Creación de mapas conceptuales. Disponible en: http://cmap.ihmc.us/Support/help/Espanol/CreacionMapasConceptuales.pdf

Delors, J. (1996). La educación encierra un tesoro. Informe de la UNESCO de la comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI presidida por Delors. Santillana, Madrid.

Dorado, Carlos. (2004). Aprender a aprender. Estrategias y técnicas. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona.

Elliot, J. (1994). La investigación-acción en educación. Madrid: Ediciones Morata.

Escalona Reyes, Miguel. Los ordenadores en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Fundamentos para su utilización. Disponible en:http://www.rieoei.org/deloslectores/997Escalona.PDF

Fernández González, A. M. (1999). La competencia comunicativa del docente: Exigencia para una práctica pedagógica interactiva con profesionalismo. La Habana.

Física con ordenador. Disponible en: http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm

González Flórez, José. (2002). Experimentos cualitativos. Una forma de abordar el electromagnetismo. En "revista TEA". Universidad Pedagógica Nacional.

Guillé Padrón, José. Línea de Investigación en la enseñanza/ Aprendizaje de la investigación/ El problema de organizar la Investigación. Caracas 2001. pp.24. disponible en:

https://www.aiu.edu/Student%20Resources/e-Books%20Spanish/books3/Linea%20de%20Investigacion.pdf

Guisáosla, J., Barraqués, J. Y Morais, A. (2000). Contribución y dificultades en la utilización del ordenador en la enseñanza de las ciencias y de las matemáticas.

H. Pink, Daniel. (2005). A Whole New Mind. "De la Era de la Información a la Era Conceptual". Editorial Diver head Hardoover.

Jiménez, J. (1992). Una propuesta de introducción de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones en la enseñanza. En las nuevas tecnologías de la información en la educación. Eds Juan de Pablos y Carlos Gortari. Ed. Alfar. Madrid.

Labov, William. (1972). The transformation of experience in narrative syntax. Language in the Inner City: 354-396. Philadelphia: The University of Pennsylvania Press.

Márquez, P. (2004). Los docentes: funciones, roles, competencias necesarias, formación.
Disponible en: http://dewey.aub.es/pmarques/docentes.htm#competencias

Mc Millan, James H, Schumacher Sally. (2005). Investigación educativa. Quinta edición, Editorial Pearson. Prentice Hall.

Memoria humana. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Memoria_humana

M.E.N. (1998). Lineamientos Curriculares, Lengua Castellana. Cooperativa Editorial del Magisterio. Santa Fe de Bogotá.

Mesa, Nancy. (2001). La investigación curricular: una vía para el perfeccionamiento profesional. Instituto Superior Pedagógico de Villa Clara. Cuba.

Nielsen, Jacob. (2000). Usabilidad. Diseño de Sitios Web. Prentice may.

Obra Social y Cultural Ibercaja. (2007). Proyecto "El laboratorio Virtual" (LAV). Zaragoza, España. Disponible en:

http://www.ibercajalav.net/laboratorio.php?codopcion=2253&codopcion2=2253

Ontoria, Peña Antonio. (2004). Mapas conceptuales. Una técnica para aprender", Narcea ediciones.

Orozco Cruz, Juan Carlos. (2003). Los problemas de conocimiento una perspectiva compleja para la enseñanza de las ciencias. En “revista TEA”. Universidad Pedagógica Nacional. N° 14. Disponible en: http://www.pedagogica.edu.co/storage/ted/articulos/ted14_11arti.pdf

Perfán Echeverri, Gerardo Andrés. (2002). Algunos aspectos relacionados con el origen y el desarrollo de la investigación interpretativa de la enseñanza: implicaciones para la educación en ciencias. En “revista TEA”. Universidad Pedagógica Nacional. N° 12. Disponible en: http://www.pedagogica.edu.co/storage/ted/articulos/ted12_04arti.pdf

Proyecto cero de Harvard. Disponible en: http://learnweb.harvard.edu/andes/tfu/index.cfm

Restrepo, G. (2002). Investigación en Educación. Instituto colombiano para el fomento de la educación superior, ICFES. Bogotá, Colombia.

Ricardo, C. (2004). Un programa institucional de capacitación de docentes para la incorporación de la Tecnologías en el ámbito educativo. Memorias SIECI. Orlando, USA.

Rincón, Ramírez Carlos, La formación de investigadores en educación. Retos y perspectivas para América latina en el siglo XXI. Disponible en: http://www.rieoei.org/deloslectores/595Rincon.pdf.

Sears, Zemansky, Young, Freedman (2005). Física universitaria. Vol. II. 11ª edición. Editorial Pearson.

Serway, Raymond y Jewett, John. (2002). Física II. Texto basado en cálculo. Tercera edición. Editorial THOMSON. México.

Stenhouse, L. (1993). La investigación como base de la enseñanza. Madrid: Morata.

Tina Blythe and Associates, (1998). La Enseñanza para la Comprensión: Guía para el docente. Jossey-Bass, San Francisco.

UNESCO. (1998). La Educación Superior en el siglo XXI: Visión y acción. Conferencia Mundial sobre Educación Superior. París, 5-9 Octubre.

Valdés, Pablo. (1996). El proceso Enseñanza-Aprendizaje de la Física. Instituto Superior Pedagógico “Enrique J. Varona”. Cuba.

Weissmann Hilda y otros. (2001) Didáctica de la ciencias naturales. Aportaciones y reflexiones. Editorial Paidos. 304 pp