

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES
DE MONTERREY
UNIVERSIDAD VIRTUAL



**TECNOLOGICO
DE MONTERREY®**

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL APRENDIZAJE AL EMPLEAR
ANALOGÍAS COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA EN LA ASIGNATURA DE
FÍSICA A NIVEL MEDIO SUPERIOR COMPARADO CON EL APRENDIZAJE
AL UTILIZAR LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA BASADA EN MODELOS
MATEMÁTICOS.

TESIS PRESENTADA
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO
DE MAESTRA EN EDUCACIÓN

Autora: Silvia Tecpan Flores

Asesor tutor: Magda Judith Treviño González

Asesor titular: Dr. Genaro Zavala Enríquez

**Factores que influyen en el aprendizaje al emplear analogías
como estrategia didáctica en la asignatura de física a nivel
medio superior comparado con el aprendizaje al utilizar la
estrategia didáctica basada en modelos matemáticos.**

Tesis presentada

por

Silvia Tecpan Flores

ante la Universidad Virtual

del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

como requisito parcial para optar

por el título de

MAESTRA EN EDUCACIÓN

Enero, 2009

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS.

A mi madre, Paz Flores Rosas, que es mi ejemplo de vida con su alegría, sabiduría y amor para toda su familia.

A mi padre, Santiago Tecpan Linares, y a mi tío, Octaviano Flores Rosas, que desde el cielo me cuidan y acompañan.

A mis hermanas Rosy, Pay, Vicky y Tere que siempre me apoyan y brindan su amor, comprensión y cariño, especialmente a Pay por verme como a una hija.

A cada uno de mis sobrinos y sobrinas que son mi inspiración para proponerme nuevas metas.

A Carlos García, socio, amigo y apoyo incalculable en este proyecto.

A mis amigas que siempre confían y están cerca.

A las autoridades de la preparatoria ITAHT por su confianza y apoyo.

Al Doctor Genaro Zavala y la Maestra Magda Treviño por su guía para concluir el proyecto.

A mis alumnos que me inspiran a superarme.

Agradezco al Instituto Técnico Administrativo y Humanístico de Toluca la oportunidad que me brindaron para concluir con esta meta.

Factores que influyen en el aprendizaje al emplear analogías como estrategia didáctica en la asignatura de física a nivel medio superior comparado con el aprendizaje al utilizar la estrategia didáctica basada en modelos matemáticos

Resumen.

El propósito de la investigación fue detectar los factores que influyen en el aprendizaje de los circuitos eléctricos al recibir instrucción con analogías y comparar el aprendizaje con instrucción basada en modelos matemáticos. Las analogías han demostrado ser una vía rápida de aprendizaje al enlazar los conocimientos previos con el nuevo material por aprender, sin embargo, no siempre es exitosa su aplicación por lo que fue preciso detectar que factores influyen en el proceso. La investigación fue realizada en abril de 2008 en una preparatoria particular de Toluca, Estado de México con una población de 226 alumnos de la asignatura de Física General. El enfoque fue cuantitativo con diseño experimental, el grupo control recibió instrucción con modelos matemáticos mientras el grupo experimental recibió instrucción analógica. La información sobre aprendizaje, razonamiento, actitud, género y edad de los alumnos se recolectó a través de tres cuestionarios autoadministrados. Se detectó que el grupo instruido con analogías logró mayor ganancia de aprendizaje y que el único factor que presenta dependencia estadística con el aprendizaje empleando analogías es el nivel de razonamiento del alumno, mientras que género, actitud y edad no mostraron dependencia estadística con el aprendizaje.

Índice de contenidos

	Página
Dedicatorias y agradecimientos.....	iii
Resumen.	iv
Índice de contenidos.....	v
Índice de tablas y figuras.....	vii
Introducción.....	viii
Capítulo 1 Naturaleza y dimensión del tema de investigación	1
1.1 Marco contextual.....	1
1.2 Antecedentes.....	6
1.2.1 Historia del uso de analogías.....	6
1.2.2 Trabajos previos relacionados con la institución.....	6
1.2.3 Antecedentes de la problemática.....	6
1.2.3.1 Resultados de la prueba PISA.....	7
1.2.3.2 Reforma del nivel medio superior.....	8
1.2.3.3 Aprendizaje conceptual de la física.....	9
1.3 Planteamiento del problema.....	11
1.4. Objetivos de la investigación.....	15
1.5 Hipótesis.....	15
1.6 Justificación de la investigación.....	16
1.7 Limitaciones y delimitaciones.....	18
1.7.1 Limitaciones.....	19
1.7.2 Delimitaciones.....	19
1.8 Definición de términos.....	20
Capítulo 2 Marco teórico.....	24
2.1 Definición de variables.....	24
2.2 Alfabetización científica.....	26
2.2.1 Estrategias de enseñanza - aprendizaje de la física.....	31
2.3 Analogías.....	37
2.3.1 Clasificación.....	40
2.3.2 Funciones.....	42
2.3.3 Estrategia didáctica.....	43
2.3.4 Dificultades en su aplicación y limitaciones.....	47
2.3.5 Usos comunes.....	49
2.3.6 Medición de resultados aplicando analogías.....	50
2.4 Investigaciones previas.....	52
Capítulo 3 Metodología General.....	61
3.1 Método de investigación.....	61
3.1.1 Fases de la investigación.....	62
3.1.2 Diseño de la investigación.....	63
3.2 Población y muestra.....	66
3.3 Tema, categoría e indicadores de estudio.....	68
3.4 Fuentes de información.....	72
3.5 Técnicas de recolección de datos.....	72
3.6 Prueba piloto.....	77
3.7 Aplicación de instrumentos.....	79

3.7.1 Pre test-post test de circuitos eléctricos.....	79
3.7.2 Test de razonamiento.....	80
3.7.3 Test de actitudes y creencias ante el aprendizaje de la física.....	80
3.8 Captura y análisis de datos.....	81
Capítulo 4 Resultados obtenidos	84
4.1 Presentación de resultados.....	84
4.1.1 Características de la muestra.....	84
4.1.2 Pre test-pos test de circuitos eléctricos	85
4.1.3 Test de razonamiento.....	88
4.1.4 Test de actitudes y creencias ante el aprendizaje de la física.....	90
4.2 Análisis e interpretación de los resultados.....	92
4.2.1 Ganancia.....	92
4.2.2 Prueba de Wilcoxon	92
4.2.3 Comparación de medias de muestras dependientes.....	94
4.2.4 Chi cuadrada pruebas de independencia.....	97
4.2.5 Regresión.....	103
Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones	109
5.1 Conclusiones.....	109
5.2 Implicaciones.....	116
5.2 Recomendaciones.....	117
Referencias	120
Apéndice A. Plan de clase del grupo control.....	127
Apéndice B Test Lawson de razonamiento científico.....	134
Apéndice C Test sobre actitud ante la física.....	139
Apéndice D Plan de clase del grupo experimental.....	142
Apéndice E Prueba de circuitos eléctricos.....	146
Apéndice F Manual de codificación de la prueba de circuitos eléctricos.....	149
Apéndice G Manual de codificación del test de actitudes.....	151
Apéndice H Manual de codificación del de razonamiento	154
Apéndice I. Cálculos de ganancia de aprendizaje.....	157
Apéndice J. Resultados de la prueba de Wilcoxon	158
Apéndice K Prueba t para las medias del grupo experimental y control	159
Apéndice L Pruebas χ^2 de independencia estadística para el grupo control	160
Apéndice M. Regresión múltiple para el grupo experimental en el pos test.....	162
Apéndice N. Regresión múltiple para el grupo control en el pos test.....	163
Curriculum vitae.....	164

Índice de tablas y figuras

Página

Figura 2.1 Organizador de información de las variables de la investigación.....	26
Figura 2.2 Organizador de información de la alfabetización científica.	36
Figura 2.3 Organizador de información de analogías.....	51
Figura 2.4 Organizador de información de las investigaciones previas.....	59
Figura 3.1 Diagrama del diseño de investigación.....	64
Figura 4.1 Proporción de hombres y mujeres en los grupos experimental y control.....	85
Figura 4.2 Distribución de porcentajes de grupos conceptuales de razonamiento.	90
Figura D.1 Organizador de razonamiento analógico entre circuito eléctrico e hidráulico.....	144
Figura D.2 Organizador de razonamiento analógico entre circuito eléctrico y pasillo.....	146
Tabla 1.1 Índices de reprobación en educación media superior reportados por la UAEMEX.....	4
Tabla 3.1 Relación de temas, categorías, indicadores e instrumento con que es medido.....	71
Tabla 3.2 Características de la aplicación de la prueba piloto a tres instrumentos.....	78
Tabla 4.1 Estadística descriptiva del aprendizaje de circuitos eléctricos (experimental).	86
Tabla 4.2 Estadística descriptiva del aprendizaje de circuitos eléctricos en el grupo control.....	87
Tabla 4.3 Porcentaje de respuestas correctas en pre test y pos test.	88
Tabla 4.4 Estadística descriptiva del nivel de razonamiento de hombres y mujeres.	89
Tabla 4.5 Estadística descriptiva de la actitud hacia la física de hombres y mujeres.	91
Tabla 4.6 Resultados de la prueba de Wilcoxon para el grupo experimental y control.....	93
Tabla 4.7 Resultados de la aplicación de la t de Student al pos test.	94
Tabla 4.8 Tabla de contingencia entre el aprendizaje y el género.	98
Tabla 4.9 Tabla de contingencia entre el aprendizaje y el razonamiento.....	99
Tabla 4.10 Tabla de contingencia entre el aprendizaje y la edad.	101
Tabla 4.11 Tabla de contingencia entre el aprendizaje y la actitud.....	102
Tabla 4.12 Valor crítico y calculado para X^2 del grupo control en el pos test.	103
Tabla 4.13 Coeficientes de correlación del grupo experimental en el pos test.....	105
Tabla 4.14 Coeficientes de correlación del grupo control en el pos test.	106
Tabla I.1 Cálculos de ganancia de aprendizaje en los grupos experimental y control.....	157

Introducción.

La alfabetización científica es una necesidad de la sociedad, los individuos deben contar con los conocimientos en ciencia que les permitan participar efectivamente con la realidad, en particular, deben comprender los fenómenos físicos que son la base para otros conocimientos. La enseñanza en física ha sido árida y no ha logrado el razonamiento científico por lo que se hace necesaria la aplicación de estrategias de enseñanza que involucren al alumnado en la construcción de su conocimiento.

La investigación educativa en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMEX) no ha incluido el estudio de las analogías, así como tampoco investigaciones en enseñanza de la física. El currículum actual continúa teniendo un enfoque expositivo lo que puede ser un factor para que los alumnos no logren el cambio conceptual y continúen con percepciones erróneas, las estrategias de enseñanza que se emplean actualmente no se han enfocado al desarrollo del razonamiento científico, razón por la cual se propone el uso de las analogías como estrategia didáctica que permita desarrollar la alfabetización científica en el alumnado a través del desarrollo de habilidades de razonamiento.

Resulta más relevante el cómo se aprende, sobre el qué se aprende, por tal razón se propuso el uso de analogías que potencian y enlazan los conocimientos previos con la información nueva por aprender. La investigación tiene como objetivo identificar los factores que influyen en el aprendizaje empleando analogías como estrategia didáctica comparado con el aprendizaje obtenido al emplear la estrategia didáctica basada en modelos matemáticos que propone la universidad.

La importancia de esta investigación radica en que contribuirá a mejorar la práctica educativa al determinar la preponderancia de los factores que influyen en el aprendizaje analógico pudiendo revertir las actitudes de desagrado, así como la falta de vocaciones

femeninas en áreas de ciencias, además de enfatizar el desarrollo de habilidades de razonamiento sobre aprendizajes memorísticos.

La investigación se presenta en cinco capítulos. El primero de ellos incluye el marco contextual en el que resalta que la investigación se lleva a cabo en una preparatoria particular incorporada a la UAEMEX en Toluca, Estado de México, también se establecen los antecedentes del problema, los objetivos de la investigación, la hipótesis de investigación e hipótesis nula. Se justifica la investigación y se exponen las principales limitaciones y delimitaciones del estudio. El capítulo uno concluye con la definición de los términos empleados de forma recurrente.

El capítulo dos contiene el marco teórico en el que se estableció como determinante al razonamiento analógico y como fenómeno al aprendizaje. La información se presenta de lo general a lo particular comenzando con la alfabetización científica, posteriormente se presentan las estrategias de enseñanza de la física que incluyen a las analogías. Para describirlas, se presenta su clasificación, funciones, usos comunes y concluye el capítulo con la exposición de investigaciones recientes, en el campo de la física, que han empleado la estrategia didáctica analógica.

El capítulo tres corresponde a la metodología general. En este capítulo se describe el diseño de investigación experimental que constó de un grupo control y un grupo experimental. Se describen los instrumentos de recolección de los datos especificando su validez y confiabilidad, así como los procedimientos de recolección, las características de la muestra y los análisis estadísticos pertinentes.

Posteriormente en el capítulo cuatro se analizan los resultados obtenidos, primero mediante estadística descriptiva y a continuación con estadística inferencial. Se analizan los resultados obtenidos con cada uno de los instrumentos de recolección y enseguida se

presentan los resultados de las pruebas estadísticas seleccionadas en las que resalta una mayor ganancia de aprendizaje del grupo experimental.

Por último, en el capítulo cinco se presenta la discusión de los resultados al responder a las preguntas de investigación, también se comprueba el cumplimiento de objetivos y se verifica la hipótesis del estudio. El capítulo incluye los principales hallazgos, sus implicaciones y el aporte al campo del conocimiento. Finaliza con las recomendaciones para las autoridades educativas y para las futuras investigaciones.

CAPÍTULO 1

Naturaleza y Dimensión del Tema de Investigación.

En este capítulo se aborda la naturaleza y dimensión del tema de investigación, para ello se presenta la ubicación contextual desde la posición geográfica hasta las características de la institución educativa en que se realiza el estudio. Posteriormente se exponen los antecedentes y el planteamiento del problema para establecer los objetivos e hipótesis del proyecto. A continuación se presenta la justificación que contempla la mejora de la práctica educativa, se exponen las delimitaciones y limitaciones del estudio. Finalmente concluye el capítulo con las definiciones de los términos que se utilizan recurrentemente en el documento.

1.1 Marco contextual.

El escenario en que se lleva a cabo esta investigación es una preparatoria particular incorporada a la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMEX), para ubicarla es conveniente saber que se encuentra dentro del Estado de México, específicamente en el municipio de Toluca, por lo que a continuación se proporcionan datos que permiten visualizar el contexto educativo de la preparatoria.

El Estado de México presenta una densidad poblacional alta de 623 habitantes por kilómetro cuadrado, comparada con la densidad promedio del país que es de 53 habitantes por kilómetro cuadrado, (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática [INEGI], 2005) es el estado más densamente poblado de toda la República Mexicana.

De acuerdo con el informe de gobierno del Estado de México, (Instituto de Información e Investigación Geográfica Estadística y Catastral del Estado de México [IGCEM], 2006), la entidad cuenta con 1129 escuelas de nivel medio superior entre públicas y privadas, estas últimas en aumento.

Buscando un mayor acercamiento al escenario de esta investigación, se observa que del territorio del Estado de México, el municipio de Toluca de Lerdo representa únicamente el 2% de la superficie (INEGI, 2005).

Al ser la capital del estado, Toluca de Lerdo es una de las principales localidades del Estado de México, en ella se ubican los poderes de gobierno de la entidad. La población de 15 a 19 años del municipio es de 69 896 individuos de los cuales 34 722 son hombres y 35 174 son mujeres (INEGI, 2005).

No toda la población de 15 a 19 años es estudiantil, ya que de acuerdo con los datos proporcionados por Josefina Vázquez Mota, actual secretaria de educación a nivel nacional, se tiene a más de un millón y medio de jóvenes que no estudian ni trabajan (Subsecretaría de Educación Media Superior [SEMS], 2008), aun así, la UAEMEX maneja en sus estadísticas de fin de cursos 2006-2007, que sólo dentro de las preparatorias incorporadas atiende a 18 852 jóvenes (UAEMEX, 2007b). De esta cantidad la preparatoria en cuestión atiende al 4%.

La preparatoria fue fundada en 1974 como una escuela privada, desde entonces ha contribuido en la formación de la juventud del municipio de Toluca que es principalmente urbana. La institución emplea procesos administrativos que le permiten mantener una clara orientación de sus objetivos por lo que cuenta con la misión y visión que la rige. La misión de la preparatoria es:

“Promover e impulsar la investigación, la cultura, el humanismo y lograr la verdadera superación académica de nuestros alumnos, ofreciéndoles los medios y apoyos necesarios para desarrollar en todos ellos, un sentido de responsabilidad individual y de grupo con el propósito fundamental de instruir estudiantes con una visión científica y tecnológica, con un fortalecimiento, ético, cívico y con práctica en valores, de tal forma, que puedan continuar sus estudios de nivel superior de acuerdo a su vocación y con ello, puedan desarrollar un trabajo útil a la sociedad.” (ITAHT, 2007).

Por su parte la visión contempla:

“Que cada alumno, maestro y personal administrativo estén conscientes de la importancia que tiene la superación académica y personal, a través de los cursos de capacitación y actualización. Contar con personal capacitado para comprometerse en los valores, filosofía, misión y visión del Instituto Técnico Administrativo y Humanístico de Toluca, A.C. Lograr la verdadera superación académica de nuestros alumnos a través de catedráticos titulados y capacitados para ofrecerles métodos, técnicas actuales de enseñanza, herramientas científicas y tecnológicos y sobre todo un fortalecimiento humanista. Fomentar la interacción con los padres de familia para que, cada mes conozcan el aprovechamiento académico de sus hijos y con ello, nos apoyen además en su proyecto educativo. Lograr que cada uno de nuestros egresados, sean reconocidos por sus conocimientos, habilidades creatividad, responsabilidad y su sentido humanístico de servicio a la sociedad. Incrementar o aumentar nuestros productos y servicios, así como niveles educativos.” (ITAHT, 2007).

La visión y misión del instituto se complementan con un reglamento interno y a su vez se rige por el reglamento de la UAEMEX principalmente para porcentajes de asistencia y aspectos académicos.

Las instalaciones no han sido remodeladas en los 34 años de servicio que ha brindado, durante el 2007 se inició un proyecto muy ambicioso de renovación de la infraestructura con la construcción de un edificio de varios niveles, sin embargo su culminación se ha postergado causando, como toda obra en proceso, algunas incomodidades a la comunidad estudiantil. Actualmente la escuela cuenta con 18 aulas en un sólo nivel, salón audiovisual, laboratorio que se emplea para física, química y biología, sala de cómputo única para clases, enfermería, cafetería y por cuestiones de remodelación de momento no se tienen canchas o patio de juegos.

Aunque cada ciclo escolar ha disminuido la matrícula del instituto, actualmente la preparatoria atiende a 755 alumnos en dos turnos. En el turno matutino 360 alumnos y en el turno vespertino 395. La preparatoria se ha preocupado por mantener sus colegiaturas en un nivel accesible por lo que el nivel económico del alumnado en promedio es medio bajo, de manera más enfática en el turno vespertino, pues la colegiatura es 15% más económica que la del turno matutino, razón por la cual los grupos vespertinos son más numerosos. En el turno vespertino de los 228 alumnos de cuarto semestre, 123 se ubican en el turno vespertino y 105 en el turno matutino.

En el aspecto académico el índice de reprobación de las preparatorias incorporadas particulares es de 45.2%, tal como se aprecia en la Tabla 1.1, en la que también se observa que los índices en la preparatoria investigada son inferiores en ambos turnos. Por otra parte, el promedio general de la escuela es de 7.1 en una escala de 10 puntos (ITAHT; 2007).

Tabla 1.1

Índices de reprobación en educación media superior reportados por la UAEMEX en el ciclo 2007 – 2008.

	Nacional	Estatal	Dependientes	Incorporadas	Preparatoria en estudio	
					Matutino	Vespertino
Reprobados	36.5	38.1	43.9	45.2	34.7	39.8

La tabla 1.1 muestra los índices de reprobación reportados por la UAEMEX desde nivel nacional hasta los de la preparatoria en estudio por cada turno.

La investigación se desarrolló en la asignatura de Física General que se imparte en el cuarto semestre, en el que están inscritos 228 alumnos de los cuales sólo tres cursan por segunda ocasión

Los requisitos para cursar la materia de acuerdo con el plan de estudios vigente son: habilidad en el manejo de lenguaje común y matemático, así como conocimientos elementales de fenómenos naturales, por lo que el curso se imparte empleando únicamente álgebra, a diferencia de cursos más avanzados que hacen uso intensivo del cálculo diferencial e integral como los que describen McDermott y Shaffer (2001).

La academia de física actualmente está formada por dos docentes, con las profesiones de ingeniero industrial y químico respectivamente, que cumplen el perfil docente estipulado por la universidad, sin embargo, no son especialistas en física, por lo que se alejan de lo que establece el programa en relación al apoyo que se debe brindar a los alumnos para desarrollar habilidades intelectuales que les permitan lograr un aprendizaje significativo, evitando el uso de algoritmos matemáticos y enfatizando una mejor actitud hacia la aplicación de destrezas, análisis y razonamiento (UAEMEX, 2007a). Contrario a lo indicado en el programa, el curso se imparte con un enfoque tradicional basado en exposición por parte del docente, dictado de conceptos importantes, realización de ejercicios numéricos y poca o nula experimentación.

La institución cuenta con un sólo laboratorio orientado principalmente a química en virtud de que cuenta con poco equipo para física y es necesario coordinar los horarios de utilización pues no siempre esta disponible, lo que dificulta el cumplimiento del programa que indica que los alumnos realicen proyectos experimentales en equipo (UAEMEX, 2007a).

Al concluir la ubicación contextual se determinaron las siguientes dimensiones de análisis: personal, los alumnos que cursan la asignatura de física en el cuarto semestre; interpersonal, la relación docente alumno; institucional, dentro de una preparatoria incorporada a la UAEMEX; social, ante un clima de cambio provocado por las reformas al nivel medio superior propuestas por el gobierno federal (SEMS, 2008).

1.2 Antecedentes.

A continuación se presentan los antecedentes del uso de las analogías que permiten visualizar su utilidad, en seguida, los trabajos previos de investigación y por último las circunstancias que rodean a la problemática.

1.2.1 Historia del uso de analogías.

En la historia, las analogías han sido utilizadas para muy variados propósitos. En literatura, por ejemplo, la analogía se usa para describir vívidamente con palabras, mientras que las analogías científicas se usan con fines aclaratorios (Rescher, 1999).

La hipótesis acerca de la estructura atómica de la materia fue concebida en la antigüedad y lo ha sido también en los tiempos modernos por medio de la analogía, de igual forma pensadores como Copérnico, Kepler y Newton recurrieron a las analogías tanto en sus teorías como en el lenguaje que utilizaban para expresarlas (Oliva, 2004b).

El estudio de las analogías constituye una de las tareas de investigación más relevantes en la enseñanza de las ciencias (Podolefsky y Finkelstein, 2006), sin embargo, desde hace poco tiempo esta línea de investigación ha cobrado un nuevo impulso a raíz de las concepciones recientes del aprendizaje como un proceso de construcción (Oliva, 2003).

1.2.2 Trabajos previos relacionados con la institución.

El tema de investigación no ha sido abordado en la preparatoria, así como tampoco en las preparatorias dependientes de la universidad estatal, por lo que no se cuenta con antecedentes de la aplicación de analogías como estrategia didáctica a nivel local, de igual modo no se han realizados investigaciones en la asignatura de física en ambas instancias.

1.2.3 Antecedentes de la problemática.

Las dificultades para el aprendizaje conceptual de la física se encuentran enmarcadas en dos situaciones que enfrenta actualmente el país, por un lado se tiene los resultados obtenidos

recientemente en una prueba a nivel internacional y por otra parte se han anunciado reformas al nivel medio superior, ambas se describen a continuación.

1.2.3.1 Resultados de la prueba PISA.

La prueba aplicada del Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA) evalúa la enseñanza y los conocimientos de los estudiantes en ciencia, su interés en la misma y su comprensión del papel de la ciencia en crear oportunidades de avance social y de bienestar; valora hasta que extremo el entorno educativo propicia la enseñanza de la ciencia, la comprensión de lectura y el conocimiento de matemáticas. Los resultados permiten a los gobiernos tomar las medidas pertinentes para mejorar sus sistemas educativos (Sarukhán, 2007).

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba PISA aplicada en el 2006, el 40% de los estudiantes mexicanos se distribuyeron en los dos niveles más bajos, que se refieren a estudiantes con una capacidad y conocimiento científicos tan limitados que sólo los pueden aplicar a unas pocas situaciones bien conocidas o que son incapaces de utilizar los conocimientos científicos para resolver los problemas más fáciles de la prueba PISA, cuando el promedio de los países que conforman la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), para tales niveles es de 19%. La calificación promedio de los países de la OCDE fue de 500, la de México 90 puntos inferior (Sarukhán, 2007).

La calificación obtenida por los mexicanos permite observar que no existe la capacidad para distinguir entre ideologías, creencias o ideas, no se tiene desarrollado el conocimiento científico y se recurre principalmente a la memorización, sin razonamiento (García, 2008). La educación en México está produciendo generaciones de analfabetas funcionales y analfabetas de la ciencia (Sarukhán, 2007). No se pretende tener en cada joven a un científico en potencia, pero sí a ciudadanos capaces de entender su entorno natural, de no vivir en un medioevo de

ignorancia que los haga sujetos de fundamentalismos y fanatismos. Los resultados de esta prueba impulsaron al gobierno federal a llevar a cabo la reforma en el nivel medio superior.

1.2.3.2 Reforma del nivel medio superior.

Otro aspecto que resulta relevante en la problemática de esta investigación es la reforma al nivel medio superior anunciada por el gobierno federal en el marco de la Primera Jornada Nacional para la Mejora Integral de la Educación Media Superior, (SEMS, 2008).

Para 2009, el sistema educativo mexiquense medio superior entrará en una severa crisis, ya que sólo 24 de cada 100 estudiantes que cursan la preparatoria podrán tener un espacio en una universidad y más de la mitad de ellos sólo lo podrán hacer si sus padres cuentan con dinero para las colegiaturas y aunque los jóvenes estudiantes quieran continuar sus estudios, no lo podrán hacer, simplemente, porque no habrá espacios públicos o incluso privados para que puedan continuar su vida académica (Alonso, 2008).

En México, cuatro de cada 10 jóvenes en edad de cursar el nivel bachillerato no lo hacen, y cuatro de cada 10 que sí ingresan a este nivel abandona la escuela antes de concluir sus estudios (SEMS, 2008), también existe un grave problema en la diversidad de programas pues existen casi 200 programas de bachillerato y muchos de ellos no tienen nada que ver entre sí, pues están desvinculados y tienen serias dificultades para poder ser revalidados (SEMS, 2008).

La reforma al nivel medio superior anunciada por el representante del poder ejecutivo en el marco de la Primera Jornada Nacional para la Mejora Integral de la Educación Media Superior (SEMS, 2008), tiene el objetivo de mejorar la calidad, la pertinencia, la equidad y la cobertura del bachillerato, que demanda la sociedad nacional (M. López, 2008). Esta reforma tiene cuatro ejes “rectores”: un marco curricular común basado en competencias genéricas; la definición y el reconocimiento de las distintas modalidades de estudio; la profesionalización de sus directivos y de la planta docente, y la certificación única nacional. La reforma contempla por tanto una muy amplia y constante capacitación de profesores (Didriksson, 2008).

1.2.3.3 Aprendizaje conceptual de la física.

La física forma parte de las llamadas ciencias básicas, ya que en mayor o menor grado sirve de base a muchas otras ciencias e ingenierías (A. González, 2005), es la espina dorsal de todas las demás disciplinas científicas. Si una persona instruida sólo tuviera que aprender una disciplina científica, la física sería la elección lógica (Hewitt, 2004).

Los estudios realizados por McDermott y el Grupo de Educación en Física de la Universidad de Washington han mostrado que los estudiantes de distintas edades, habilidades o extracciones sociales, presentan el mismo tipo de dificultades para el aprendizaje conceptual de la física (McDermott y Shaffer, 2001).

Así, han surgido investigaciones que buscan modificar el enfoque tradicional de enseñanza en física (Kohl, Rosengrant, y Finkelstein, 2007). Los docentes han encontrado que los alumnos recurren al conocimiento popular cuando no pueden acudir al lenguaje matemático para resolver una situación, a pesar de esto, diversos currículos, como el de la universidad de la cual depende la preparatoria, conservan el enfoque tradicional basado en aspectos cuantitativos.

El currículo fue modificado en el año 2003 y desde entonces el índice de reprobación en la materia de física se ha mantenido dentro de la institución en el 25% (ITAHT, 2007), la principal modificación fue disminuir a dos cursos (en lugar de tres) los semestres en los que los alumnos cursan esta materia la reducción en tiempo ha provocado que los contenidos se aborden de forma mínima.

El aprendizaje de la física tiene significado y sentido para el educando si se produce tomando como base o referencia para la apropiación de los conocimientos, los que ya forman parte de la estructura cognitiva del que aprende y tiene una base vivencial afectiva que encamina al sujeto al logro del objetivo (Douglas, Bernaza y Corral, 2006).

Se han desarrollado estrategias de enseñanza que se apoyan en los conocimientos previos de los estudiantes (Kohl et al., 2007).

Entre las estrategias que los investigadores han analizado se encuentra el empleo del andamiaje analógico en función de que diversas investigaciones demuestran que los físicos emplean diferentes modelos analógicos a través del uso de la gramática y la metáfora conceptual (Brookes, 2007).

Las analogías permiten comprender conceptos abstractos (Podolefsky y Finkelstein, 2006), se apoyan en el conocimiento anterior de los estudiantes para la formación dinámica de un nuevo conocimiento (Podolefsky y Finkelstein, 2007a), permiten romper con los preconceptos de los estudiantes y de acuerdo con Godoy (2002), de todos los procesos de aprendizaje, incluyendo generalizaciones, diferenciaciones, aumentos y compilación, las analogías son la única vía rápida que permite que alguien aprenda algo en un tiempo corto. El tipo de aprendizaje por analogía permite que el sujeto utilice su estructura de conocimientos previos para extenderla a problemas nuevos (Aragón, 2004).

Además de las estrategias es importante analizar los materiales con que cuenta el docente para realizar su labor. A pesar de que se han desarrollado estrategias de enseñanza para el aprendizaje conceptual de la física, hay carencia de textos que cuenten con este enfoque (McDermott y Shaffer, 2001), por tal razón los tutoriales para física introductoria se han convertido en un juego probado de materiales instruccionales que se basan en preguntas que ayudan a los estudiantes a desarrollar la comprensión conceptual y las habilidades de razonamiento (Koenig, Endorf y Braun, 2007).

Para desarrollar el razonamiento analógico se recurre a un organizador gráfico que permite realizar la comparación entre la fuente y el análogo de forma sistemática y ordenada (Ayala, 2001).

Dentro de las investigaciones que se han realizado para comprender el aprendizaje de la física se ha detectado que la actitud y creencias de los estudiantes tienen un efecto significativo, las creencias epistemológicas de los estudiantes de preparatoria inciden en su comprensión conceptual (Stathopoulou y Vosniadou, 2007), aspectos como el interés personal para aprender física difieren sustancialmente entre hombres y mujeres (Adams, Perkins, Podolefsky, Dubson, Finkelstein, y Wieman, 2005), de igual modo los factores afectivos y la preparación previa determinan que menos mujeres se interesen por la física (Hazar, Tai, y Sadler, 2007).

Otro factor para aprender física es el razonamiento, que de acuerdo con Ayala (2001) requiere entrenamiento, sin embargo este aspecto se encuentra poco desarrollado en el plan de estudios de la asignatura de Física General (UAEMEX, 2007a).

1.3 Planteamiento del problema.

En México existe una evidente escasez de científicos, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Academia Mexicana de la Ciencia declaran que sólo 0.7 personas por cada mil individuos se dedican a esta actividad, mientras carreras como contaduría y administración cuentan con 27% del total de la matrícula, biología, química, física y matemáticas, en conjunto, no ascienden a 3%, de acuerdo a lo expresado por Aguilera, (2006).

Los sistemas escolares no han promovido el interés en las ciencias, pese a la declaración de Budapest (Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 1999) donde se estipula que la ciencia se debe encontrar al servicio del desarrollo, para elevar la dignidad humana; construir la paz y la democracia, con la participación de la mujer, dentro de la comunidad que forma parte de la sociedad y del planeta, sin embargo, a tantos años de esta declaración, el ciudadano medio sigue siendo científicamente analfabeto (S. J. López, 2003).

En este siglo la ciencia será una actividad más dinámica, y el impacto social de los avances científicos y tecnológicos transformarán la adquisición, transmisión y aplicación del

conocimiento (UNESCO, 1999). Mientras países como China han apostado por la educación y la investigación en México no se han implementado los cambios necesarios en su sistema educativo (Mondragón y Flores, 2006).

Se hace preciso desarrollar la competencia científica en los mexicanos para disminuir las asimetrías y desequilibrios sociales.

La prueba PISA considera que la competencia científica es la capacidad para emplear el conocimiento científico, identificar preguntas y obtener conclusiones basadas en pruebas, con el fin de comprender y ayudar a tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios que la actividad humana produce en él (OCDE, 2007). Dentro de la competencia científica se encuentran inmersos ciertos procesos cognitivos entre ellos el razonamiento inductivo/deductivo, el pensamiento crítico e integrado, la conversión de representaciones (por ejemplo, de datos a tablas, de tablas a gráficos), la elaboración y comunicación de argumentaciones y explicaciones basadas en datos, la facultad de pensar en términos de modelos y el empleo de las ciencias. Todos ellos se fundamentan en la lógica, el razonamiento y el análisis crítico, aspectos que se encuentran poco desarrollados en el plan de estudios de la asignatura de Física General (UAEMEX, 2007a).

Aun cuando la universidad contempla en las intenciones del curso de física general el desarrollo de habilidades intelectuales para lograr un aprendizaje significativo, evitando el uso de algoritmos matemáticos y enfatizando el análisis y razonamiento (UAEMEX, 2007a), en las estrategias de aprendizaje no se contemplan actividades que promuevan reglas formales de pensamiento o razonamiento normativo, lo que redundaría en dificultades por parte del alumnado para discernir entre concepciones erróneas o populares y conocimiento científico.

La reforma al bachillerato contempla un mayor énfasis en el aprendizaje por competencias, apoyado en una amplia y constante capacitación de profesores en estrategias didácticas (Didriksson, 2008). Dentro de las estrategias se pueden incluir, entre otras, las

analogías que permiten potenciar y explicitar el enlace de los conocimientos previos con la información nueva, lo que asegura una mayor significatividad de los aprendizajes logrados (Díaz-Barriga, Hernández, 2002).

Las preparatorias tanto dependientes como incorporadas a la universidad estatal deben contar con estrategias que permitan comprender de mejor manera los fenómenos físicos para contribuir a que se logre la competencia establecida dentro del plan de estudios que contempla que el alumno valore a la física como una ciencia importante para el desarrollo tecnológico de México (UAEMEX, 2007a).

El aprendizaje de las ciencias requiere no sólo cambios en los procedimientos o formas de pensamiento sino también en las concepciones, en las ideas y conceptos que utilizan los alumnos para interpretar los fenómenos que estudian, y estos cambios no son un resultado automático de la aplicación de determinados procedimientos, sino que a su vez, requieren de estrategias de aprendizaje y enseñanza específicas (Pozo y Gómez, 2004).

Las estrategias didácticas ayudan a los alumnos a aprender más y con mayor profundidad (Johnson, 2003), mientras que a través de ellas los docentes enriquecen la enseñanza en clase.

Proveer a los alumnos de estrategias que puedan aplicar en diversas situaciones y áreas educativas mejora el aprendizaje e incrementa la confianza para continuar aprendiendo a lo largo de la vida. Las estrategias didácticas favorecen el desarrollo de las habilidades de pensamiento, emplearlas particularmente en física permitirá que los alumnos sientan seguridad en esta área del conocimiento y probablemente se inclinen a continuar estudiando ciencias exactas, lo que contribuirá a disminuir el grave problema de la carencia de científicos que enfrenta el país (Aguilera, 2006).

Dentro de la gran diversidad de estrategias didácticas, las analogías han resurgido en el interés de la investigación educativa a raíz de las concepciones recientes del aprendizaje como proceso de construcción (Oliva, 2004a), sin embargo, ninguna investigación ha examinado los factores que influyen en el aprendizaje analógico, así como su comparación con el aprendizaje obtenido al emplear la estrategia basada en modelos matemáticos

Actualmente, la estrategia que propone la universidad para esta asignatura consiste en discusiones grupales guiadas por el docente que derivan en modelos matemáticos empleados para predecir el comportamiento de los fenómenos físicos, de forma tal que el problema plantea la siguiente pregunta:

¿Qué factores influyen en el aprendizaje empleando analogías como estrategia didáctica comparado con el aprendizaje obtenido al emplear la estrategia didáctica basada en modelos matemáticos?

De la cual derivan las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué nivel de razonamiento manifiestan actualmente los estudiantes que cursan Física General?, ¿difiere el nivel de razonamiento que actualmente manifiestan los estudiantes entre alumnas y alumnos? Con respecto a la actitud, ¿qué nivel de actitud manifiestan los alumnos ante el aprendizaje de la física?, ¿difiere la actitud ante el aprendizaje de la física que manifiestan alumnas y alumnos? En relación al aprendizaje, ¿es independiente el aprendizaje que manifiestan los alumnos del tipo de instrucción que recibieron?

Al responder estas preguntas se podrá determinar la utilidad de aplicar el razonamiento analógico como estrategia didáctica, así como los factores que influyen en él, para proponer modificaciones al plan de estudios de la materia con la intención de favorecer la apropiación del conocimiento por parte de los alumnos.

1.4. Objetivos de la investigación.

El Objetivo general de la presente investigación es: Identificar los factores que influyen en el aprendizaje empleando analogías como estrategia didáctica comparado con el aprendizaje obtenido al emplear la estrategia didáctica basada en modelos matemáticos.

La investigación pretende alcanzar los siguientes objetivos específicos: Diagnosticar el nivel de razonamiento que manifiestan los alumnos que cursan Física General a través de un instrumento que permita identificar si el razonamiento es inductivo, transitorio o hipotético deductivo, una vez diagnosticado, reconocer si existen diferencias en el nivel de razonamiento de acuerdo al género para sugerir la investigación de las causas.

La actitud es otro factor relevante en el aprendizaje por analogías por lo que al respecto se plantean los siguientes objetivos específicos: Detectar las actitudes que manifiestan los alumnos que cursan Física General a través de un instrumento que permita identificar el interés personal, la forma de solucionar problemas, la conexión conceptual y el sentido de esfuerzo, aunado a lo anterior, analizar si existen diferencias entre las actitudes para aprender física que presentan alumnas y alumnos para sugerir la investigación de las causas.

Finalmente con respecto al aprendizaje se plantea el siguiente objetivo específico: Comparar el aprendizaje que obtuvieron los alumnos que recibieron instrucción analógica con el aprendizaje que muestran los alumnos que recibieron instrucción con la estrategia propuesta en el plan de estudios vigente para apoyar la que brinde mejores resultados.

1.5 Hipótesis.

De acuerdo a la pregunta de investigación y al objetivo general, así como de los objetivos formulados la hipótesis de investigación causal para el presente estudio es:

Los factores que influyen en el razonamiento analógico como estrategia didáctica generan mayor aprendizaje en la asignatura de Física General comparado con el que se obtiene al emplear la estrategia basada en modelos matemáticos.

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2006) la hipótesis nula es la proposición que niega o refuta la relación entre las variables por lo que la hipótesis nula para esta investigación es:

Los factores que influyen en el razonamiento analógico como estrategia didáctica **no** generan mayor aprendizaje en la asignatura de Física General comparado con el que se obtiene al emplear la estrategia propuesta en el plan de estudios vigente

1.6 Justificación de la investigación.

Giroux y Tremblay (2004) mencionan que entre las lagunas que pueden justificar una nueva investigación se encuentra aquella en la que los datos que se obtuvieron en relación con un grupo X no se obtuvieron en relación con el grupo de interés, tal es el caso de este estudio debido a que las investigaciones encontradas que abordan las analogías corresponden principalmente a Estados Unidos (Clement, 1978; Clement y Brown, 1984; Mason, 1995; Marck y Sharmann, 2007; Podolefsky y Finkelstein, 2006) que en la prueba PISA obtuvo una calificación de 489 (OCDE, 2007, p. 29) y a España (G. M. González, 2005; Oliva, 2003; Oliva, Aragón, Mateo y Bonat, 2003; Oliva, 2004a; Oliva, 2004b) que en la prueba PISA obtuvo una calificación de 488 (OCDE, 2007, p. 29), lo que implica que el nivel de alfabetización científica de esos países difiere significativamente con el de México que alcanzó una calificación de 410 (OCDE, 2007, p. 29) por lo que se hace necesaria la investigación con estudiantes nacionales, pues los resultados de PISA ponen en evidencia que se trata de contextos distintos.

Por otra parte las investigaciones realizadas se enfocan principalmente a nivel superior (Clement, 1978; Podolefsky y Finkelstein 2006; Podolefsky y Finkelstein 2007a; Podolefsky y Finkelstein 2007b), a nivel básico (Clement y Brown, 1984; Mason, 1995) y a nivel medio básico (Fernández, González y Moreno 2004; Oliva, 2003; Oliva, et al., 2003) por lo que el nivel medio superior ha sido poco investigado.

Ante la reforma al nivel medio superior anunciada en la Primera Jornada Nacional para la Mejora Integral de la Educación Media Superior (SEMS, 2008), el desarrollo de habilidades de pensamiento, como el que se propone a través del razonamiento analógico toma vigencia pues es congruente con el enfoque de competencias que se está proponiendo en la reforma, cabe recordar que las competencias incluyen conocimientos, habilidades, capacidades, procedimientos y actitudes (Coll y Martín, 2006).

Investigar los factores que influyen en el aprendizaje analógico tales como la actitud, el género o el nivel de razonamiento permitirá sugerir estrategias que contribuyan a una mayor inclinación vocacional en carreras científicas.

Detectar si el género influye en el aprendizaje de la física a través del razonamiento analógico resulta de vital importancia, pues de acuerdo a investigaciones previas son menos las mujeres que se interesan por estudiar física como opción profesional (Hazar, Tai, y Sadler, 2007) y sin embargo el 50% de la población en edad de cursar el nivel medio superior son mujeres (INEGI, 2005) lo que implica que se puede perder mucho talento de no revertir la tendencia actual.

Por otra parte, investigar la actitud que manifiestan los alumnos ante el aprendizaje de la física también puede contribuir al desarrollo de estrategias que inviertan la actual actitud de rechazo y tedio manifestada principalmente en mujeres (Adams, et al., 2005), el cambio de actitudes puede provocar un mayor interés en áreas de ciencias, lo que contribuirá a que se incremente el 3% de carreras científicas que se tiene actualmente (Aguilera, 2006).

Con respecto al razonamiento analógico, filósofos como Hegel han concluido que la analogía es más rica que la inducción y la deducción (Rescher, 1999), sin embargo, está basada en el razonamiento, que es un aspecto que no ha sido estudiado en la institución.

Detectar el nivel de razonamiento de los alumnos permitirá determinar si es posible que puedan beneficiarse del razonamiento analógico o si por el contrario su nivel de razonamiento no les permite acceder a esta estrategia. El desarrollo de las habilidades de razonamiento va encaminado al enfoque de McDermott y el Grupo de Educación en Física de la Universidad de Washington que consideran que la adquisición de la habilidad del razonamiento científico es más importante que el logro del conocimiento descriptivo para que el estudiante pueda distinguir entre evidencias científicas y aquellas que no lo son (McDermott y Shaffer, 2001), lo cual es evaluado en la prueba PISA (OCDE, 2007) como una de las habilidades fundamentales del saber científico.

Proveer a los alumnos de herramientas que les permitan desarrollar sus habilidades de pensamiento y que puedan aplicar no sólo a un campo de conocimiento específico, es congruente con los cuatro pilares de la educación: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a vivir juntos, y aprender a ser, propuestos por la (UNESCO, 1995). Al contar con estrategias con las que puedan analizar su realidad, los alumnos podrán desenvolverse en la sociedad que está inmersa en constantes cambios científicos y tecnológicos.

La importancia de esta investigación radica en que contribuye a mejorar la práctica educativa al determinar la influencia de los factores que intervienen en el aprendizaje analógico pudiendo revertir las actitudes de desagrado, así como la falta de vocaciones femeninas en áreas de ciencias, además de enfatizar el desarrollo de habilidades de razonamiento sobre aprendizajes memorísticos.

1.7 Limitaciones y delimitaciones.

La investigación tuvo limitaciones que interfirieron en su desarrollo, de igual modo, se presentaron restricciones, por lo que a continuación se detallan.

En esta sección también se especifican las delimitaciones física, temporal, temática, metodológica y poblacional para el estudio.

1.7.1 Limitaciones.

Las principales limitaciones para esta investigación son la duración de las sesiones (50 minutos), la falta de materiales para demostrar físicamente las analogías, la apatía de los alumnos por su propio aprendizaje, el gran tamaño de los grupos que dificulta la atención más personalizada a cada alumno, el nivel de conocimientos con que llegan los alumnos, la extensión del currículum y la escasez de calculadoras entre los alumnos.

La autorización por parte de las autoridades de la institución para llevar a cabo la investigación pero sin afectar el cumplimiento del plan de estudios.

1.7.2 Delimitaciones.

Físicas: El estudio se realiza dentro de las instalaciones de la preparatoria, en cinco aulas de seis en que actualmente se imparte la asignatura, dos de turno matutino y tres de turno vespertino. Las aulas tienen capacidad para 50 estudiantes, teniendo en promedio 40.

Están equipadas con mesa bancos, pintarrón y un escritorio, carecen de material didáctico como carteles, o diagramas, sus techos son de láminas de asbesto que en esta época del año genera mucho calor, cada aula tiene un sólo contacto de energía eléctrica y están iluminados con cinco lámparas fluorescentes. La escuela actualmente no dispone de espacios para actividades al aire libre debido a que está en remodelación, la biblioteca es poco accesible de ser consultada pues no existe catálogo del material de que dispone y el único laboratorio se emplea principalmente para química.

Temporales: La investigación se lleva a cabo con los alumnos del cuarto semestre durante el ciclo escolar Febrero – Julio 2008.

La duración de las sesiones es de 50 minutos. El horario para el turno matutino es de 7:00 a 13:40 horas y para el turno vespertino de 14:00 a 20:30 horas. La asignatura de Física General se imparte de 7:00 a 7:50, 8:00 a 8:50, 18:00 a 18:50, 18:50 a 19:40 y 19:40 a 20:30

horas de lunes a viernes. El grupo atendido por el docente distinto a la autora, tiene un horario de 12:00 a 12:50 horas.

Temáticas: Se analiza el razonamiento analógico como estrategia didáctica, comparada con la estrategia establecida en el plan de estudios vigente de la materia. El tema donde se aplica forma parte del tercer módulo del curso que es Electricidad y Magnetismo, en particular en el tema de circuitos eléctricos que ya ha sido abordado en otras investigaciones (Zamorano, Gibbs y Viau, 2006) y del que ya se cuenta con analogías probadas (Hewitt, 2004; Torrens, 2007), se utilizan las analogías que ya existen sobre el tema y posteriormente se emplea un organizador gráfico propuesto por Ayala (2001) para que los alumnos comparen el análogo con la fuente y puedan construir sus propias analogías.

Metodológicas. El estudio es de tipo explicativo, emplea un diseño experimental con preprueba-posprueba y grupo de control (Hernández, Fernández, Baptista, 2006).

Poblacionales: La población de estudio son 228 alumnos del cuarto semestre inscritos en cinco de seis grupos y que cursan la asignatura de Física General.

1.8 Definición de términos.

Es conveniente identificar la acepción precisa de los términos que son usados con mayor frecuencia a lo largo del documento por lo que a continuación se presenta un glosario de términos.

Actitud: Disposición de ánimo manifestada de algún modo. (Real Academia Española, 2001).

Alfabetización científica y tecnológica: Proceso continuo y permanente, orientado a la formación de una cultura general del ser humano, que contribuya a prepararlo para la vida. Ella debe de proveerlo de los conocimientos científicos y tecnológicos con una perspectiva global, estrechamente vinculados a problemas del desarrollo social, de métodos útiles para el entorno,

de los valores morales y muy particularmente de la capacidad para un aprendizaje permanente e independiente, necesario para desenvolverse en la vida cotidiana. (Velásquez, 2006).

Analogía: Relación de semejanza entre cosas distintas. Razonamiento basado en la existencia de atributos semejantes en seres o cosas diferentes. (Real Academia Española, 2001)

Aprendizaje: Acción y efecto de aprender algún arte, oficio u otra cosa. Adquisición por la práctica de una conducta duradera (Real Academia Española, 2001). Cambio relativamente permanente de las asociaciones mentales (Ormrod, 2005)

Aprendizaje significativo: Es aquel que conduce a la creación de estructuras de conocimiento mediante la relación sustantiva entre la nueva información y las ideas previas de los estudiantes. (Díaz-Barriga y Hernández, 2002)

Ciencia: Conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales. (Real Academia Española, 2001)

Circuito: Conjunto de conductores que recorre una corriente eléctrica, y en el cual hay generalmente intercalados aparatos productores o consumidores de esta corriente (Real Academia Española, 2001).

Competencia científica: Capacidad para emplear el conocimiento científico, identificar preguntas y obtener conclusiones basadas en pruebas, con el fin de comprender y ayudar a tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios que la actividad humana produce en él (OCDE, 2007).

Concepto: Pensamiento expresado con palabras, idea que concibe o forma el entendimiento (Real Academia Española, 2001).

Conceptualizar: Forjar conceptos acerca de algo (Real Academia Española, 2001).

Conflicto cognitivo: Es el desequilibrio de las estructuras mentales que se produce cuando se enfrenta al estudiante con algo que no puede comprender o explicar con sus conocimientos previos. Es decir cuando el alumno no entiende algunos términos ya que está procesando la información que ya poseía con la nueva. (Díaz-Barriga y Hernández, 2002)

Estrategia: Son procedimientos que se aplican de modo controlado, dentro de un plan diseñado deliberadamente con el fin de conseguir una meta fija (Almaguer, en prensa).

Estrategia de enseñanza: procedimientos que el agente de enseñanza utiliza en forma reflexiva y flexible para promover el logro de aprendizajes significativos en los alumnos, por lo que son medios o recursos para prestar la ayuda pedagógica. (Díaz-Barriga, Hernández, 2002).

Estrategia de aprendizaje: Son los procedimientos que el alumno usa en forma deliberada y flexible para mejorar sus procesos de aprendizaje significativo de la información (Almaguer, en prensa)

Física: Ciencia que estudia las propiedades de la materia y de la energía, considerando tan solo los atributos capaces de medida (Real Academia Española, 2001). Es la ciencia básica. Es acerca de la naturaleza de cosas básicas como el movimiento, las fuerzas, la energía, la materia, el calor, el sonido, la luz y el interior de los átomos. (Hewitt, 2004)

Física general: Programa de la asignatura de física que comprende las propiedades de los fluidos, así como fenómenos térmicos y eléctricos que pueden ser encausados y aprovechados para el desarrollo de la humanidad. (UAEMEX, 2007a)

Formar concepto: (Locución verbal). Determinar algo en la mente después de examinadas las circunstancias (Real Academia Española, 2001).

Razonamiento: Acción y efecto de razonar. Serie de conceptos encaminados a demostrar algo o a persuadir o mover a oyentes o lectores (Real Academia Española, 2001). El razonamiento es una habilidad intelectual al servicio de una gran cantidad de funciones de la conducta humana. (Ayala, 2001).

Razonamiento analógico: Ocurre cuando una persona abstrae la estrategia de solución de un problema resuelto anteriormente y lo intenta aplicar a un problema nuevo. La dinámica del modelo A se transfiere al modelo B para explicarlo o solucionarlo (Ayala, 2001).

Razonamiento científico: Es el que tiende a centrarse en el aislamiento de causas simples y en sus posibles interacciones por lo que la relación central que caracteriza al pensamiento o razonamiento científico es la diferenciación entre teoría y evidencia y la evaluación correcta de las evidencias en relación con la teoría (Voss, Wiley y Carretero, 1996).

Al concluir este capítulo se tiene la ubicación contextual de la investigación, que se realiza en una preparatoria particular del Estado de México incorporada a la UAEMEX, no se cuenta con investigaciones previas relacionadas con el presente estudio en esta institución y tampoco en la UAEMEX de la cual es dependiente. El objetivo de la investigación es determinar los factores que influyen en el aprendizaje analógico y su comparación con el aprendizaje obtenido con la estrategia propuesta en el plan de estudios vigente. Dentro de los factores que se analizan se encuentran el género, la actitud y el nivel de razonamiento por lo que la hipótesis causal que se desea verificar es: Los factores que influyen en el razonamiento analógico como estrategia didáctica generan mayor aprendizaje en la asignatura de Física General comparado con el que se obtiene al emplear la estrategia propuesta en el plan de estudios vigente.

CAPÍTULO 2.

Marco Teórico.

En este capítulo se abordará la aplicación de analogías como estrategia de enseñanza en la materia de física y los factores que inciden en el aprendizaje al utilizar dicha estrategia, para ello se presentan conceptos relacionados como la alfabetización científica y el razonamiento científico que sin duda tienen relación con la enseñanza de la física. Esta asignatura requiere de procedimientos específicos, por lo que se describen las principales estrategias de enseñanza con que cuentan los docentes, dentro de ellas las estrategias de resolución de problemas que incluyen a las analogías de las que se presenta su clasificación, las funciones que realiza, su aplicación como estrategia didáctica, las dificultades en su aplicación así como las limitaciones que tiene este recurso. Se presentan también sus usos más comunes y los resultados que se han obtenido aplicando analogías. Finalmente se presentan las investigaciones relacionadas para conocer los principales hallazgos de los investigadores al aplicar dicha estrategia.

2.1 Definición de variables.

Como paso inicial en el desarrollo del marco teórico de la presente investigación se procede a la definición de las variables que serán utilizadas y a su clasificación en determinante o fenómeno.

La primer variable del estudio es el razonamiento analógico que se considera como determinante uno. Una analogía se compone de dos pares de elementos donde uno es el análogo y el otro es la fuente (Oliva, 2003).

La analogía se apoya en una comparación, es decir que una cosa es como otra, se establece con algún fin determinado y se apoya en las experiencias de las personas por lo que constantemente se establecen relaciones de analogía para ordenar las ideas. Hay autores que consideran que las analogías no sólo son básicas para explicar o resolver problemas, sino que están en el centro del sistema cognitivo y hacen posible el razonamiento además de que

ayudan a romper los preconceptos de los estudiantes y son la única vía rápida que permite que alguien aprenda algo en un tiempo corto (Godoy, 2002).

Las funciones de las analogías en enseñanza-aprendizaje son generalmente de tipo explicativo: se formulan porque ayudan a los estudiantes a comprender mejor un fenómeno o problema. Las estrategias más importantes para llevar las analogías al aula son el uso de analogías preconstruidas y la generación de analogías por el propio estudiante (Oliva, 2003).

El tipo de aprendizaje por analogía permite que el sujeto utilice su estructura de conocimientos previos para extenderla a problemas nuevos (Aragón, 2004).

La segunda variable de la investigación es el aprendizaje de los alumnos, que es el fenómeno en estudio. De acuerdo con Ormrod (2005) el aprendizaje es un cambio relativamente permanente en las asociaciones o representaciones mentales de acuerdo con la experiencia. Esta definición enfatiza los procesos cognitivos, lo que tiene amplia relación con las investigaciones de McDermot y Shaffer (2001) quienes han concluido que la adquisición de la habilidad del razonamiento científico es más importante que el logro de un conocimiento descriptivo. Se desea lograr el aprendizaje conceptual más que el dominio en la resolución de problemas cuantitativos, es decir se desea lograr el aprendizaje significativo.

En la investigación se considera, en particular, el aprendizaje de la física que de acuerdo con Douglas, Bernaza y Corral (2006) se debe producir tomando como base para la apropiación de los conocimientos la estructura cognitiva y la base vivencial del alumno, de otro modo el aprendizaje no resulta significativo.

En este sentido las analogías son una herramienta apropiada, pues la construcción del análogo depende de la experiencia previa de quien la construye, al respecto continúa la investigación (Oliva y Aragón, 2006) ya que se han encontrado disparidad de resultados al emplearlas, lo que sugiere que existen factores que inciden en su correcta utilización (Podolefsky y Finkelstein, 2007b).

Se denota un renovado interés por las analogías como objeto de investigación educativa, al ser consideradas como un recurso útil en la progresión de los modelos explicativos que son procedimientos propios del currículo de ciencias (Oliva, 2004a).

El fenómeno y su determinante se relacionan de forma directa (véase Figura 2.1). El determinante corresponde a la variable independiente que se va a manipular y su efecto se aprecia en el fenómeno que es el aprendizaje de los alumnos.

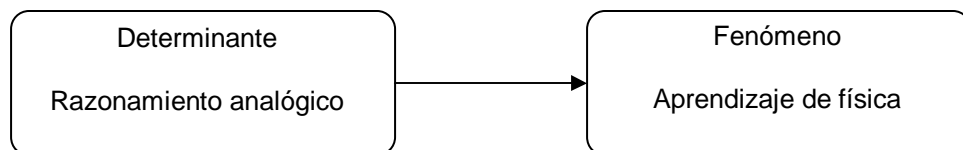


Figura 2.1 Organizador de información de las variables de la investigación.

2.2 Alfabetización científica.

La alfabetización científica en Estados Unidos surgió a raíz del lanzamiento del satélite ruso Sputnik en 1957. De acuerdo con S. J. López (2003) este hecho impactó a los americanos y les hizo ver su vulnerabilidad tecnológica. La conclusión a que llegaron fue que el problema del retraso tecnológico del país se debía a que el ciudadano medio era científicamente analfabeto por lo que emitieron y modificaron leyes para establecer que es imprescindible alcanzar la alfabetización científica de los ciudadanos, con la intención de desarrollar el deseo de adquirir conocimientos científicos a lo largo de la vida.

Actualmente la alfabetización científica y tecnológica es considerada una condición esencial para el desarrollo, un requisito indispensable para la participación de los ciudadanos en la producción material y espiritual y en la toma fundamental de decisiones (UNESCO, 1999). Ante esta situación es necesario que el currículo de física propicie en los estudiantes el

aprendizaje de los conocimientos científicos y tecnológicos de las habilidades, de los métodos de trabajo, de las formas de pensar y actuar necesarios para enfrentar los problemas de la vida diaria relacionados con la ciencia y la tecnología.

La alfabetización científica y tecnológica es el proceso continuo y permanente, orientado a la formación de una cultura general del ser humano, que contribuya a prepararlo para la vida. Dicha alfabetización científica debe de proveerlo de los conocimientos científicos y tecnológicos con una perspectiva global, estrechamente vinculados a problemas del desarrollo social, de métodos útiles para el entorno, de los valores morales y muy particularmente de la capacidad para un aprendizaje permanente e independiente, necesario para desenvolverse en la vida cotidiana (Velásquez, 2006).

A pesar de la importancia de la ciencia y la tecnología y del significado de la alfabetización científica para el progreso de la humanidad, existe poco interés en los estudiantes por las asignaturas relacionadas con ciencias (Velásquez, 2006). Los resultados insuficientes obtenidos mediante la enseñanza tradicional de las ciencias, en particular de física, es otro de los factores principales que determinan la necesidad de perfeccionar la educación científica y tecnológica, razón por la cual desde hace poco más de 20 años se están desarrollando investigaciones en enseñanza de la física en la Universidad de Washington encaminadas a solventar el aprendizaje conceptual que permita disfrutar el conocimiento (McDermot y Shaffer 2001).

Pérez y Vilches (2006), mencionan que no se ha despertado el gusto por el conocimiento uno de los objetivos de la alfabetización científica debe ser despertar el goce generado por las construcciones científicas que han ampliado la visión del universo, hablando de su pasado y su futuro, ayudando a comprender fenómenos que durante milenios espantaron a los seres humanos, contribuyendo a liberarlos de numerosos prejuicios y transmitiendo la emoción de apasionantes desafíos.

Para alfabetizar científicamente a los alumnos se debe plantear el aprendizaje como construcción de conocimientos a través del tratamiento de situaciones problemáticas que los estudiantes consideren de interés. La alfabetización científica debe ser un proceso de investigación canalizado o encausado a permitir que los alumnos se enfrenten a problemas que ellos mismos construyan, para que apliquen su conocimiento científico, que por regla general es confeccionado y transmitido por los profesores, eliminando con ello la apropiación del conocimiento (Manzanares y Sabariego del Castillo, 2007).

Se debe tener en cuenta, sin embargo, que la actitud docente tiene repercusiones en el proceso de alfabetización científica debido a que las concepciones docentes pueden ser tan relevantes o más que las preconcepciones de los alumnos en el aprendizaje de la ciencia (Pérez y Vilches, 2001).

Como parte de la alfabetización científica se hace necesario analizar el razonamiento científico, para ello se presenta la diferencia entre pensamiento y razonamiento.

En psicología cognitiva algunos autores definen el pensamiento como una habilidad compleja y de alto nivel mientras que hay quien considera que el pensamiento implica una actividad global del sistema cognitivo, con intervención de los mecanismos de memoria, la atención, las representaciones o los procesos de comprensión (Ayala, 2001). Se trata de un proceso mental de alto nivel que se asienta en procesos más básicos, pero incluye elementos funcionales adicionales, como estrategias, reglas y heurísticos, por lo que conviene saber como está integrado.

Esta integración se manifiesta a partir de tres grandes campos: el pensamiento como conocimiento, el pensamiento como actitud y el pensamiento como habilidad. Ayala (2001) menciona que las habilidades se traducen en el conocimiento y pericia del buen uso de estrategias cognitivas para desarrollar este pensamiento de mejor manera.

Una de las habilidades centrales del pensamiento es el razonamiento, que Ayala (2001) describe como un conjunto de procesos cognitivos a partir de los cuales las personas procesan información inicial (de un objeto o situación) para luego generar inferencias aplicables a la fuente original, de tal forma que las expectativas que la gente realiza al interpretar hechos son resultado de su propio razonamiento.

El razonamiento es una habilidad intelectual al servicio de una gran cantidad de funciones de la conducta humana. Es un elemento omnipresente y fundamental de la cognición humana del quehacer individual y colectivo, tanto para la solución de problemas complejos, como en las actividades cotidianas (Ayala, 2001).

Existen técnicas para desarrollar las habilidades del pensamiento, pueden ser técnicas generales que son procesos cognitivos genéricos que se pueden aplicar en diversos temas o situaciones, como comparar o diferenciar y técnicas específicas que son procesos cognitivos que se usan en temas o situaciones particulares, como algoritmos matemáticos (Johnson, 2003).

En referencia al razonamiento como habilidad del pensamiento Ayala (2001) menciona que en general las personas tienden a razonar basándose en experiencias previas más que en el uso de reglas normativas de razonamiento.

El razonamiento puede adoptar diferentes tipos desde el inductivo y deductivo hasta el hipotético y analógico, cabe mencionar que el ser humano emplea y combina todos estos tipos en función de la situación particular a que se enfrente (Ayala, 2001).

En este sentido, el razonamiento científico tiende a centrarse en el aislamiento de causas simples y en sus posibles interacciones (Voss, Wiley y Carretero, 1996), por lo que la relación central que caracteriza al pensamiento o razonamiento científico es la diferenciación entre

teoría y evidencia y la evaluación correcta de las evidencias en relación con la teoría, el hombre ha empleado este tipo de razonamiento aún sin saber su nombre para darle sentido al mundo.

Buscar sentido al mundo que lo rodea es uno de los instintos básicos del hombre. Ésta es la esencia de la ciencia un proceso que se ha llevado a cabo de diversas formas desde mucho tiempo antes que existiera el lenguaje escrito. La ciencia no es solamente un cuerpo de conocimientos o un área temática determinada sino una forma de ver, un proceso que se usa para analizar y organizar el medio que nos rodea. La ciencia es observar, plantear preguntas, poner las preguntas a prueba, crear orden en el caos, encontrar respuestas y desarrollar conceptos (Johnson, 2003).

El prestigio y eficacia de la ciencia ha provocado que cierto tipo de filosofías traten de asemejarse al razonamiento científico diferenciando entre teoría y evidencia, la ciencia ha avanzado de tal modo apoyándose en el razonamiento científico que los ciudadanos discuten mucho menos los resultados obtenidos por las ciencias naturales que los resultados de otras ciencias o conocimientos (Terricabras, 1999).

El prestigio de las explicaciones causales coincide con el prestigio del razonamiento deductivo. El razonamiento deductivo es un pensamiento de conclusiones fuertes y estrictas, sin embargo, la ciencia también está construida a partir de conclusiones obtenidas por vía inductiva. Las leyes de la naturaleza no son más que generalizaciones obtenidas por inducción y al no dar garantías absolutas, sólo tienen un carácter de altísima probabilidad, abierto siempre a la posibilidad de hechos imprevisibles o excepcionales. La construcción de la ciencia se apoya en el razonamiento deductivo e inductivo (Terricabras, 1999).

En los últimos años se ha llevado a cabo una notable cantidad de investigación sobre el razonamiento científico. El principal foco de interés ha sido la interacción entre hipótesis y evidencia así como la cuestión, íntimamente relacionada con ésta, de cómo las evidencias producen cambio conceptual. (Voss, Wiley, Carretero, 1996), sin embargo, no se debe olvidar

que la racionalidad no sólo incluye el razonamiento correcto, sino también su evaluación adecuada atendiendo los códigos éticos imperantes (Rescher, 1999).

Cabe mencionar que no existe una sola forma de razonar, el razonamiento científico se puede comprender a través de los distintos tipos de razonamiento que se han utilizado históricamente para construir el conocimiento.

Entre los principales tipos de razonamiento según Ayala (2001) se pueden encontrar: a) razonamiento deductivo en el que se aplican principios a situaciones específicas bajo ciertas condiciones y se presentan consecuencias; b) razonamiento inductivo que utiliza la observación de hechos se infiere a partir de ellos y se generaliza; c) razonamiento hipotético en el que se redactan las inferencias a modo de hipótesis para ser comprobadas por métodos formales de investigación; d) razonamiento analógico que transfiere la dinámica de modelo A al modelo B para explicarlo o solucionarlo.

2.2.1 Estrategias de enseñanza - aprendizaje de la física.

De acuerdo con Díaz-Barriga y Hernández (2002), las estrategias de enseñanza son los procedimientos que el agente de enseñanza utiliza en forma reflexiva y flexible para promover el logro de aprendizajes significativos en los alumnos, por lo que son medios o recursos para prestar ayuda pedagógica.

Las estrategias son una especie de reglas que permiten tomar las decisiones adecuadas en un determinado momento del proceso y sirven como el plan general que se formula para tratar una tarea de aprendizaje, su carácter es propositivo e intencional por lo que sirven como un plan de acción. Promueven un aprendizaje autónomo e independiente, de manera que las riendas y el control del aprendizaje vayan pasando de las manos del profesor a las manos de los alumnos.

Se ha demostrado que las estrategias de enseñanza con mayor efectividad para facilitar el aprendizaje significativo de los alumnos (Díaz-Barriga y Hernández, 2002) son: objetivos, resúmenes, mapas conceptuales, organizadores previos, ilustraciones, organizadores gráficos, analogías, preguntas intercaladas, señalizaciones y organizadores textuales.

Por el momento de uso y aplicación, las estrategias se pueden clasificar en: a) preinstruccionales que preparan y alertan al estudiante en relación con qué y cómo va a aprender; b) coinstruccionales sirven de apoyo a los contenidos curriculares durante el proceso mismo de enseñanza aprendizaje; c) postinstruccionales estas se presentan al término del episodio de enseñanza y permiten al alumno formar una visión sintética, integradora e incluso crítica del material (Díaz-Barriga y Hernández, 2002).

Las estrategias también se pueden clasificar por los procesos cognitivos que activan. Si bien es cierto que cada una de las estrategias activa varios procesos cognitivos, se pueden clasificar por el proceso al que predominantemente se asocian. La relación que existe entre las estrategias de enseñanza y los procesos cognitivos ha sido investigada como parte de las distintas representaciones que requiere un alumno para afianzar un concepto físico (Kohl, Rosengrant y Finkelstein, 2007). Entre las representaciones que un alumno puede utilizar se encuentran las analogías que permiten potenciar y explicitar el enlace de los conocimientos previos con la información nueva, lo que asegura una mayor significatividad de los aprendizajes logrados.

La física forma parte de las llamadas ciencias básicas, ya que en mayor o menor grado sirve de base a muchas otras ciencias e ingenierías (A. González, 2005).

Las ciencias naturales, en particular la física y la tecnología han ido incorporándose progresivamente a la vida social, convirtiéndose su dominio en un importante elemento de la cultura, por sus contribuciones a la satisfacción de las necesidades humanas, debido a la gran influencia en asuntos como la salud, los recursos alimenticios, energéticos, la conservación del

medio ambiente, el transporte y los medios de comunicación, entre otros (Velásquez, 2006). Es tal la importancia de estas ciencias que no pueden quedar fuera de los sistemas escolares.

Es necesario que la educación científica y tecnológica, y en particular aspectos básicos de la física, lleguen a los distintos niveles de la sociedad y que su enseñanza considere no sólo conocimientos y habilidades específicos, como ha sido hasta ahora. De hecho, A. González (2005) considera el aprendizaje significativo como una alternativa para este cambio, ya que este aprendizaje se caracteriza por crear estructuras de conocimiento mediante la relación entre la nueva información y las ideas previas de los estudiantes.

Para lograr el aprendizaje significativo se requiere de un docente bien preparado, pues se sabe que enseñar los procedimientos propios de ciencias o fomentar las capacidades procedimentales del alumno es más difícil que enseñar contenidos conceptuales, puesto que requiere mayor implicación cognitiva del aprendiz, más tiempo de aprendizaje y en consonancia, unas condiciones de enseñanza específicas (Arrieta, Marín y Mansoor, 2005).

Mencionan Douglas, Bernaza y Corral (2006), que el aprendizaje de la física tendrá significado y sentido para el educando si se produce tomando como base o referencia para la apropiación de los conocimientos los que ya forman parte de la estructura cognitiva del que aprende y tiene una base vivencial afectiva que encamina al sujeto al logro del objetivo.

Para un alumno que no se dedicará a las ciencias, la física es muy interesante y básica para lograr una educación amplia. Pero cuando se acopla con la resolución de problemas, el precio de la admisión es simplemente demasiado elevado. De aquí las bajas inscripciones tradicionales en los cursos de física en comparación con otros cursos de ciencias, lo que resulta inadmisibles porque la física es de acuerdo con Hewitt (2004), la espina dorsal de todas las demás disciplinas científicas y agrega que si una persona instruida sólo tuviera que aprender una disciplina científica, la física sería la elección lógica.

Se entiende por física el estudio de las relaciones de la naturaleza. ¿No es cierto que toda persona instruida debería conocer la relación entre el movimiento rectilíneo y el movimiento de los satélites? ¿No deberían conocer la relación entre los átomos radioactivos y el poder de los volcanes? ¿No deberían saber cómo se relacionan la electricidad y el magnetismo con la luz? Pero cuando el enfoque de un curso es aprender las técnicas de resolución de problemas algebraicos, se degrada la fascinación de la física (Hewitt, 2004).

Recientemente han surgido investigaciones que buscan modificar el enfoque tradicional de enseñanza en física, pues los docentes han encontrado la preferencia del conocimiento popular que se evidencia cuando el alumno no puede acudir al lenguaje matemático para resolver una situación, sin embargo, gran cantidad de currículos conservan esta orientación tal es el caso del que emplea la universidad de la que depende la preparatoria en estudio.

El hecho de que conceptos básicos y leyes enseñados por docentes con formación y condiciones didácticas excelentes no consigan desplazar a las visiones intuitivas, ha promovido la aparición de nuevos modelos de enseñanza aprendizaje, entre los que tienen un gran auge el del conflicto cognitivo (véase sección 1.8), sin embargo, no se han obtenido los resultados esperados probablemente por la organización de los contenidos curriculares que continúan con la orientación de enseñanza tradicional expositiva y también a la carencia de textos acordes con los objetivos (McDermott y Shaffer, 2001).

La ausencia de material instruccional que emplee el conflicto cognitivo ha sentado la base para el desarrollo del texto "Tutoriales para Física Introdutoria" que está enfocado a la adquisición de la habilidad del razonamiento científico más que al logro del conocimiento descriptivo. Este enfoque implica la relevancia del cómo se aprende sobre el qué se aprende y se enfoca a que el estudiante adquiera la capacidad de distinguir entre evidencias científicas y aquellas que no lo son (McDermott y Shaffer, 2001), lo cual es evaluado en la prueba PISA (OCDE, 2007) como una de las habilidades fundamentales del saber científico.

Los Tutoriales para Física Introdutoria están sustentados en investigaciones de las dificultades conceptuales que presentan los alumnos y proveen un andamiaje eficaz para guiar la apropiación conceptual de los tópicos que se abordan en el currículum de esta asignatura (UAEMEX, 2007a). Los Tutoriales son considerados como un material instruccional probado cuya base es la formulación de preguntas que ayudan a los estudiantes a desarrollar la comprensión conceptual y a incrementar las habilidades de razonamiento (Koenig, Endorf y Braun, 2007).

La estrategia para emplear los tutoriales es formar equipos de trabajo dentro de los que los alumnos discutan y construyan sus respuestas, los docentes no dan clases, sino que formulan preguntas para ayudar a los estudiantes a encontrar sus propias respuestas (McDermott y Shaffer, 2001). Los autores indican que para que los tutoriales sean efectivos se deben adecuar los exámenes de evaluación para que contengan preguntas cualitativas que pongan énfasis en los aspectos conceptuales y en las habilidades de razonamiento. De acuerdo con Koenig, Endorf y Braun (2007) los tutoriales constituyen un método de enseñanza eficaz al fomentar el trabajo en equipo y el diálogo Socrático que es necesario para incrementar la capacidad de razonamiento.

McDermott (1993), determinó que el incremento de la capacidad de razonamiento no suele resultar de la instrucción tradicional, las habilidades de razonamiento científico se deben cultivar expresamente pues observó que un factor importante en las dificultades que tienen los estudiantes con algunos conceptos es la imposibilidad de hacer el razonamiento cualitativo que pudiera ser necesario para aplicar el concepto. A menudo es imposible separar las dificultades con los conceptos de las dificultades con el razonamiento. También comprobó que la enseñanza expositiva es ineficaz para la mayoría de los estudiantes, ya que estos requieren ser intelectualmente activos para desarrollar una comprensión funcional por lo que el aprendizaje significativo no se llevará a cabo a menos que los estudiantes se impliquen activamente.

Redish y Steinberg (1999) consideran que la contribución más significativa en la investigación en educación física, y que por lo tanto puede contribuir a la mejora de la instrucción, es poner de relieve la importancia de centrar más la atención en el estudiante.

La alfabetización científica requiere del razonamiento científico y de adecuadas estrategias en la enseñanza de la física (véase Figura 2.2).

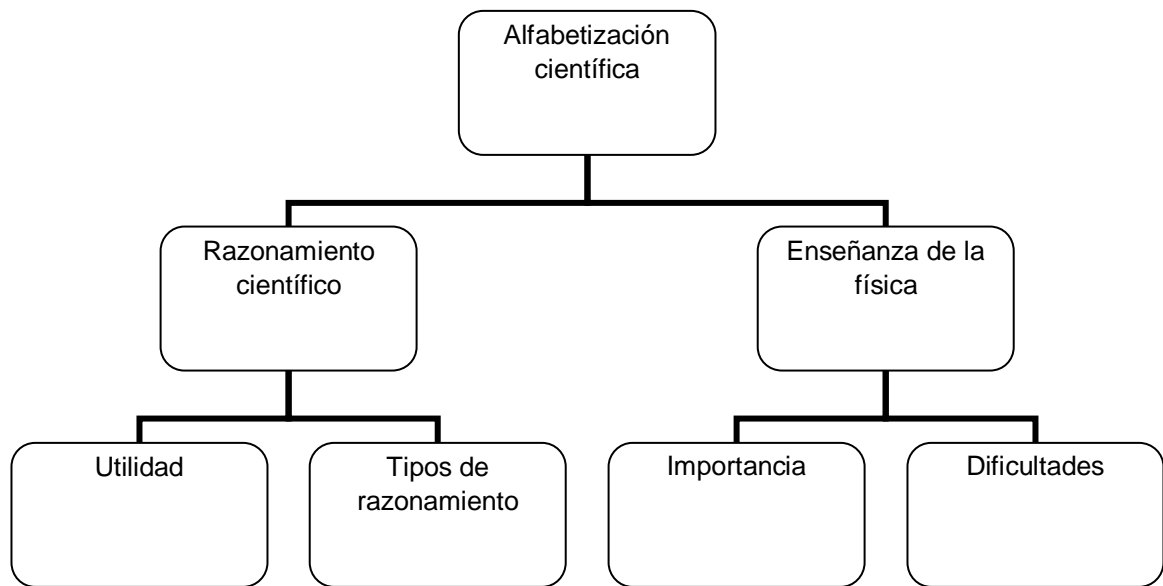


Figura 2.2 Organizador de información de la alfabetización científica y sus elementos.

La alfabetización científica ha provocado modificaciones en los currículos de ciencias, sin embargo, la física sigue mostrando deficientes resultados al continuar utilizando enseñanza tradicional que tiene un enfoque cuantitativo que ahuyenta a los pocos interesados. Contrario a esto, se debe despertar el goce por la ciencia y buscar que sea el alumno quien construya su conocimiento científico, venciendo las percepciones negativas que docentes y alumnos puedan tener al respecto. La ciencia se ha construido a partir del razonamiento inductivo y del razonamiento hipotético -deductivo conocer los distintos tipos de razonamiento permitirá aplicarlos estratégicamente en el aula para favorecer la habilidad de razonamiento más que el conocimiento descriptivo.

2.3 Analogías.

Los físicos recurren a diferentes modelos analógicos a través del uso de la gramática y la metáfora conceptual con el fin de simplificar conceptos abstractos (Brookes, 2007). Se ha observado que los organizadores previos y las analogías (de inspiración ausubeliana) son las estrategias típicas de enlace entre lo nuevo y lo previo.

El efecto esperado en el aprendizaje de los alumnos empleando analogías es que puedan comprender la información abstracta y que trasladen lo aprendido a otros ámbitos.

El pensamiento analógico es un método heurístico en el que se limita la búsqueda de soluciones a las situaciones similares a la que se maneja (Woolfok, 1999). Se puede decir que el razonamiento analógico ocurre cuando una persona abstrae la estrategia de solución de un problema resuelto anteriormente y lo intenta aplicar a un problema nuevo. (Ayala, 2001).

Una analogía, es decir, que una cosa es como otra, se establece con algún fin determinado como explicar o comprender y se apoya en las experiencias de las personas que constantemente establecen relaciones de analogía para ordenar sus ideas (Godoy, 2002), por ejemplo, si un individuo trata de definir lo que es un programa computacional y no encuentra las palabras para hacerlo, probablemente lo haga tomando como base el cerebro humano y sus procesos de pensamiento (Ayala, 2001).

Cuando se dice que alguien tiene experiencia en algo, es porque ya ha solucionado un cierto tipo de problemas con anterioridad y es capaz de resolver otros nuevos por analogía. El sistema jurídico basado en la jurisprudencia utiliza la analogía entre casos como base para decidir sobre los derechos de las partes en un caso nuevo. Se conceptualiza usando lo que ya se sabe. Las revistas de divulgación usan analogías para explicar conceptos difíciles en términos que sus lectores puedan entender (Godoy, 2002).

Hay autores que consideran que las analogías no sólo son básicas para explicar o resolver problemas, sino que están en el centro del sistema cognitivo y hacen posible el

razonamiento. Su valor es apreciado por educadores, científicos sociales y por la sociedad en general. El aumento de la interdisciplina como forma de trabajo en la ciencia hace que las analogías desempeñen un papel más importante. Como campo de estudio es claramente de tipo interdisciplinario, interesa a filósofos, epistemólogos, científicos de la computación, educadores, psicólogos, ingenieros, etc. (Godoy, 2002).

El estudio de las analogías, las metáforas y los modelos nos provee de las herramientas para la exploración de la continuidad del progreso científico. Su función gnoseológica les da un valor heurístico facilitando la formulación de hipótesis.

Los modelos didácticos analógicos son recursos para facilitar el aprendizaje cuando un modelo teórico posee un grado de abstracción que impide la comprensión del alumno. Las analogías representan puentes entre lo conocido y lo desconocido (Zamorano, Gibbs y Viau, 2006). Es justamente en ciencias donde su utilidad resulta fundamental.

Aprender ciencias requiere, por tanto, reconstruir los conceptos científicos. El modelo analógico o analogía puede posibilitar esta construcción, ya que favorece la visualización de los conceptos científicos que en la mayoría de los casos son abstractos.

El desarrollo del mundo conceptual en el que se mueve la ciencia hace cada vez más necesario que los conceptos estén adecuadamente enlazados a una vivencia observacional o experimental previa pues el aprendizaje debe surgir de lo cotidiano (Aragón, 2004a). Por tal razón con frecuencia el profesor de ciencias recurre al uso de las comparaciones, a través de las cuales pretende relacionar los aspectos nuevos o abstractos con estructuras más simples y familiares para el alumno (Fernández, González y Moreno, 2004).

El uso de "técnicas de abstracción" tales como analogías, imaginería, experimentos imaginarios y análisis de casos límite han jugado un papel central en la construcción de nuevas representaciones científicas. Los científicos las emplean frecuentemente a la hora de elaborar y presentar sus teorías y constituyen un recurso habitual del lenguaje científico y cotidiano (Fernández et al., 2004). También son usadas por el profesorado como recurso didáctico en sus

clases. Aparecen en los libros de texto ya que constituyen una ayuda para el desarrollo de destrezas de razonamiento científico, para la comprensión de conceptos teóricos, e incluso para la comprensión de la naturaleza de la ciencia (Fernández et al. 2004).

El estudio de las analogías constituye, por tanto, una de las tareas de investigación más relevantes en la enseñanza de las ciencias. Sin embargo, desde hace poco tiempo esta línea de investigación ha cobrado un nuevo impulso a raíz de las concepciones recientes del aprendizaje como proceso de construcción (Oliva, 2004b).

Limitar la contribución de las analogías exclusivamente a los conceptos puede descuidar un examen de su contribución potencial a la creatividad e imaginación o a la habilidad de hacer nuevas conexiones entre los dominios, porque la enseñanza de la ciencia va más allá de la enseñanza de conceptos y destrezas porque enfocar la investigación al desarrollo conceptual no debe descuidar otros factores motivacionales en el proceso de aprendizaje (Fernández et al., 2004). Las analogías pueden otorgar a los alumnos el nivel de ánimo y seguridad que les facilite conectar su mundo con el mundo de las teorías y abstracciones, facilitándoles ver la ciencia como "un progreso del conocimiento" y reforzando su potencial imaginativo y su "flexibilidad conceptual" (Fernández et al., 2004).

Godoy (2002) indica que una analogía es una propuesta representativa de las estructuras del análogo y del tópico. Mediante una trama de relaciones se comparan, fundamentalmente, los nexos semejantes entre ambos. Su finalidad es la comprensión y el aprendizaje del tópico mediante la transferencia de conocimiento del análogo al tópico. Las comparaciones de atributos semejantes tienen un carácter secundario. Genéricamente se dice que "alfa es como beta". Por ejemplo "el átomo es como el sistema solar", o "la entropía es como canicas". El autor también menciona que los aspectos relevantes en las analogías son: a) comparación de objetos, ya que pone en evidencia los objetos que entran en la analogía. En el caso de ciencias esa "cosa, beta" puede ser un concepto científico, pero también puede ser una metodología, una teoría, el tipo de respuesta de un sistema, la "otra cosa, alfa" puede o no ser del dominio de

la ciencia; b) justificación de la analogía, con base en atributos y relaciones, algunos atributos o propiedades de alfa y de beta se parecen, o se pueden establecer similitudes, puede haber relaciones en alfa y beta que sean similares; c) contextual ya que las analogías son dependientes del contexto; d) funcional, debido a que las analogías se hacen con alguna finalidad, a manera de aprovechar la relación establecida con algún fin determinado; e) subjetivo debido a que el sujeto que construye la analogía es información importante para evaluar la intencionalidad.

2.3.1 Clasificación.

Fernández, González y Moreno (2004) indican que existen distintos criterios para clasificar a las analogías a continuación se mencionan los más relevantes.

La localización de la analogía es el primer criterio de clasificación y describe en qué parte de la unidad didáctica o de la sesión de clase se introduce: en el inicio, en el desarrollo o en las actividades finales de la misma.

Las analogías también se clasifican de acuerdo con su formato de presentación, ya que pueden mostrarse en tres formatos: pictórico, verbal y pictórico-verbal. Una analogía se presenta en formato verbal cuando en el texto o en la explicación del profesor no figura la imagen del análogo, por lo que sólo tiene texto y carece de dibujo o representación del análogo. Se presenta en formato pictórico cuando en el texto, o en la explicación del profesor, la única información disponible del análogo es una imagen; sólo lleva, por lo tanto, un dibujo o representación del análogo. Se presenta en formato pictórico-verbal cuando figura en el texto, o en la explicación del profesor, una imagen con texto. Es decir, está en ambos formatos, pictórico y verbal.

El siguiente criterio es la orientación analógica que se presenta cuando -en el texto o el profesor en clase- explican y describen el análogo, con sus componentes, atributos y nexos más relevantes, o cuando advierte a los alumnos de que la técnica de aprendizaje que se está utilizando es una analogía. La advertencia viene indicada con las palabras analogía, análogo/a,

símil, similar, asemeja o semejante. No presenta orientación analógica cuando no se da ninguna de las dos condiciones anteriores, es decir, ni se explica el análogo ni se advierte.

La posición del análogo respecto al tópico también es un criterio de clasificación. El análogo puede presentarse en cada una de las tres posiciones siguientes: antes de conocer o tener una explicación del tópico (como un organizador avanzado), durante la explicación del tópico (como un activador incrustado) o después de explicar y enseñar el tópico (como un post sintetizador).

Otro criterio de clasificación no menos importante es el nivel de abstracción. Las analogías se clasifican, dependiendo del nivel de abstracción que presenten el análogo y el tópico, en: concreto-concreto (tanto el análogo como el tópico son concretos), concreto-abstracto (cuando el análogo es concreto y el tópico es abstracto) y abstracto-abstracto (tanto el análogo como el tópico son abstractos).

La relación analógica también permite clasificar a las analogías y se dice que es estructural cuando el análogo y el tópico presentan semejanzas en la apariencia física externa o interna. Cuando análogo y tópico presentan semejanzas en la función o en el comportamiento, la relación analógica es funcional. Cuando presentan ambos tipos de semejanza la relación analógica es estructural-funcional.

El nivel de enriquecimiento de una analogía es la extensión con que el profesor o autor del libro de texto describe las comparaciones entre los distintos componentes y nexos del análogo y del tópico. Las analogías se clasifican, según su nivel de enriquecimiento, en simples, enriquecidas, enriquecidas con limitaciones y extendidas.

Por último las analogías se clasifican por su multiplicidad. Las analogías múltiples son aquellas en las que se emplean varios análogos para explicar aspectos distintos de un tópico muy amplio o complejo.

Godoy (2002) menciona que las analogías también se pueden clasificar de acuerdo con su nivel de formalidad en: a) informales que establecen correspondencias pero no similitudes, b)

sentido débil que correlaciona algunas propiedades y establece similitudes, c) sentido fuerte correlacionan y establecen similitud de propiedades y relaciones internas, d) fenomenológico establecen correspondencia y similitud entre comportamientos, e) completas hay similitud entre todas las propiedades y relaciones internas.

2.3.2 Funciones.

De acuerdo con Godoy (2002) las analogías desempeñan diversas funciones que abarcan desde explicaciones hasta formación de estructuras, a continuación se describen brevemente.

La función más básica de la analogía es explicar. La analogía cumple la función de asimilar lo nuevo en términos de cosas conocidas, y evita que las premisas explicatorias nuevas resulten demasiado extrañas. Las analogías también se han identificado al nivel de hacer más aceptable la respuesta investigada en el sistema beta. Dentro de la función de explicar también se encuentra la función de popularizar, ya que se considera como una función de explicar, pero en los últimos años ha adquirido una importancia muy grande.

Otra función de las analogías es generalizar al relacionar cosas diferentes, que sirvan de base a un proceso de generalización. Si uno establece que varios problemas son análogos, se puede usar el proceso de inducción para extraer conclusiones a partir de esos casos análogos.

Las analogías también tiene la función de modelar. En algunos casos, una analogía provee un modelo tentativo para un problema beta. Es una manera de solucionar un problema beta a la espera de que surja una mejor solución en el futuro.

La analogía también funciona para validar conceptos en un campo beta utilizando una transferencia desde el campo alfa mediante el uso de analogías. En general, se transfieren los valores reconocidos de una teoría alfa hacia una teoría beta incipiente.

Las analogías se emplean para predecir comportamientos. Se usan analogías para realizar predicciones en el problema beta utilizando predicciones realizadas en el problema alfa. En las analogías entre campos de la física, si las ecuaciones que gobiernan ambos fenómenos

son las mismas (por ejemplo, las ecuaciones de Laplace) entonces las soluciones son las mismas funciones (por ejemplo, funciones armónicas). Si las ecuaciones son sólo similares, se pueden transferir métodos matemáticos, técnicas numéricas o experimentos, de un campo a otro.

Finalmente las analogías tiene la función de estructurar, lo que permite dar una estructura al problema beta basándose en la estructura del problema alfa.

2.3.3 Estrategia didáctica.

De acuerdo con G. González (2005), conseguir la comprensión y el razonamiento en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias no siempre resulta fácil, ya que se abordan conceptos científicos teóricos abstractos, por lo que se hace necesario recurrir a estrategias que disminuyan la complejidad, en este sentido Zamorano, Gibbs, y Viau (2006) mencionan que la ficción analógica con objetos cotidianos posibilita la elaboración aproximatoria de nociones abstractas y además abre nuevos caminos de pensamiento

Las funciones de las analogías en enseñanza-aprendizaje son generalmente de tipo explicativo: se expresan porque ayudan a los estudiantes a comprender mejor un fenómeno o problema. En el aula se utilizan bajo dos esquemas distintos, usar analogías preconstruidas para enseñar un concepto nuevo o usar la autoconstrucción de analogías.

Las analogías preconstruidas se utilizan con mayor frecuencia. Cuando el profesor opta por las analogías preconstruidas provee la identificación y las correspondencias, que son la parte más creativa del proceso, y el estudiante hace el resto, que es la parte operacional. En realidad, la analogía proviene de algún libro o de un manual y ni siquiera es el profesor quien la construye (Godoy, 2002).

Hacer una analogía es un acto creativo que requiere de una habilidad. No cualquier analogía es adecuada, por eso algunas han tenido gran éxito mientras que otras se desechan rápidamente. Los maestros publican sus experiencias para beneficio de otros maestros, incluyendo modelos como TWA (Teaching with Analogies) (Godoy, 2002); hay talleres sobre

cómo enseñar con analogías, hay laboratorios de analogías, websites, un mundo se mueve alrededor de esto. Se usan para aprender nuevos conceptos, para lograr un cambio conceptual en el estudiante, para romper con concepciones previas que están equivocadas.

Las actividades que lleva a cabo un maestro cuando trabaja con analogías se pueden sintetizar como: a) introducir el concepto beta; b) revisar el concepto análogo alfa; c) identificar los aspectos que se utilizan como base de la analogía; d) establecer las correspondencias entre los elementos que son análogos; e) indicar dónde dejan de valer las analogías; f) establecer conclusiones. Este listado es especialmente importante porque incluye el reconocimiento explícito de las limitaciones de las analogías. El docente puede emplear cuatro tipos de analogías: de base cotidiana o común, de base científica, de base concreta y con múltiples dominios de base (Godoy, 2002).

Las analogías de base cotidiana son aquellas en las que se compara un concepto con una situación real cotidiana, que los estudiantes encuentran con frecuencia. Muchas de estas analogías se hacen con los elementos que ellos tienen a mano. No se espera que perduren en el tiempo. Se usan en un nivel de educación elemental como en los siguientes ejemplos: Equilibrio es como sustituir jugadores en un juego deportivo, el núcleo de una célula es como el funcionamiento de una biblioteca, los estados de la materia son como el movimiento de los estudiantes en la escuela, etc. (Zamorano, Gibbs, y Viau, 2006).

Estos autores mencionan que en el caso de las analogías de base concreta los objetos concretos se utilizan como dominio de base alfa. En general son analogías más estables que las cotidianas mencionadas anteriormente como se aprecia en los ejemplos que se muestran a continuación: La molécula de ADN es como una escalera, el corazón es como una bomba mecánica, el riñón es como un filtro de residuos, el ojo es como una cámara fotográfica.

Las analogías de base científica son aquellas en las que se usan las analogías que se han empleado en la ciencia en el desarrollo del propio concepto o de uno relacionado. Estas analogías han perdurado por siglos. Se usan en un nivel de escuela superior o universidad

como se muestra en los siguientes ejemplos: La fuerza eléctrica es como la fuerza gravitatoria, un circuito eléctrico es como un circuito hidráulico.

El docente también puede recurrir a las analogías con múltiples dominios de base que son aquellas que se apoyan en más de una base, y se espera complementar las ideas que provienen de cada una de esas bases. Por ejemplo: Un circuito eléctrico es como un circuito hidráulico, y también es como un refrigerador y también es como un tren.

Esta forma de aprendizaje requiere de mayor creatividad por parte del estudiante y de un esfuerzo mayor por parte del profesor para apoyar al estudiante y darle elementos que faciliten la comprensión de los conceptos. La analogía constituye ante todo un proceso interno al sujeto, y no sólo el estímulo externo que se presenta como recurso a través del libro o de la explicación del profesor. La primera idea a destacar reside en el carácter interno de la analogía, como construcción personal que ha de llevar a cabo el que aprende (Oliva, 2004a).

La utilización de analogías auto construidas es menos frecuente que la utilización de analogías preconstruidas por la facilidad que brindan las preconstruidas (Godoy, 2002).

La investigación educativa ha detectado la necesidad de implicar al alumnado en la construcción de la analogía y, con ello, a concederle un papel activo durante el aprendizaje a través de la misma. Como señalan Clement y Brown (1984), resulta necesario involucrar al estudiante en el proceso de razonamiento analógico en un contexto de enseñanza interactiva en vez de presentar simplemente la analogía.

Comprender la analogía como proceso implica superar la idea de interiorizar un producto externo prefabricado y obliga a profundizar en los mecanismos del razonamiento analógico.

Los resultados de la investigación de Oliva (2004a), que se amplían en la sección 2.4, indican, por el contrario, que construir una analogía no es algo sencillo e inmediato, resultando inevitable que cada cual elabore su propia interpretación personal acerca la misma. Cuando los alumnos son enseñados a crear, aplicar y modificar sus propias analogías -en oposición a la mera aplicación de analogías específicas proporcionadas desde el exterior- se contribuye

positivamente a la autorregulación de sus explicaciones sobre los fenómenos científicos y, en general, se avanza en la comprensión conceptual de los fenómenos científicos (Oliva, 2006). Al respecto, Clement y Brown (1984) han mostrado que tanto expertos como novatos comparten una tendencia natural al uso de analogías ante problemas poco familiares. Por ello, se puede concluir que la participación del alumno es parte de un proceso natural e inevitable, que no sólo no puede ni debe impedirse sino que, por el contrario, debe fomentarse y canalizarse a través de una labor constante de tutorización.

La construcción de analogías por parte del alumnado puede resultar complicado para estudiantes de primaria, secundaria y bachillerato, por lo que se deben desarrollar las habilidades de razonamiento analógico en los estudiantes (Ayala, 2001).

Las actuales corrientes educativas hacen hincapié en que el aprendizaje debe partir de una experiencia propia del alumno para que pueda asimilar el nuevo contenido. Las analogías ofrecen la oportunidad de partir desde la experiencia del alumno, sin embargo, es preciso desarrollar en él las habilidades de razonamiento analógico (Oliva, 2004a).

Para desarrollarlas en primer lugar se deben buscar modelos analógicos y compararlos entre sí, buscando sus semejanzas. La identificación de diferencias entre los elementos también es parte de esta práctica de discernimiento, como un filtro para seleccionar el par más conveniente de la analogía. El estudiante puede desarrollar el razonamiento analógico, considerando semejanzas y diferencias, y luego obtener conclusiones analógicas relevantes. La idea es que a partir de un organizador gráfico el estudiante analice pares de elementos y produzca sus propias analogías en un contexto de razonamiento. En los niveles medios de educación es necesario que la práctica del razonamiento analógico incluya la generación y concientización de variables, desde las más sencillas como: peso, tamaño, color, hasta las más complicadas como grado de calor generado, presencia o ausencia de dilatación del cuerpo, etc. (Ayala, 2001).

Muchos investigadores de la enseñanza de la ciencia defienden el uso de analogías como una manera de romper con los preconceptos de un estudiante. Godoy (2002), afirma que de todos los procesos de aprendizaje, incluyendo generalizaciones, diferenciaciones, aumentos y compilación, las analogías son la única vía rápida que permite que alguien aprenda algo en un tiempo corto. El tipo de aprendizaje por analogía permite que el sujeto utilice su estructura de conocimientos previos para extenderla a problemas nuevos (Aragón, 2004).

Las analogías autogeneradas deben ser discutidas en pequeños grupos de trabajo para que a través del trabajo colaborativo y empleando los pasos de la oposición crítica y co-construcción los aprendices negocien y renegocien significados e ideas para compartir un nuevo conocimiento común (Clement, 1978).

2.3.4 Dificultades en su aplicación y limitaciones.

Usar las analogías para resolver problemas también tiene desventajas, por una parte es probable que el individuo haga una analogía incorrecta y resuelva mal el problema (Godoy, 2002). Incluso, cuando identifican una situación verdaderamente análoga, pueden ver paralelismo que no son apropiados. Pero el mayor problema de usar analogías es que las personas rara vez recuperan situaciones análogas cuando se enfrentan a una situación problemática particular. En este sentido coinciden Ormrod (2005) y Aragón (2004) quien menciona que el hecho es que las personas rara vez emplean analogías para solucionar los problemas, a menos que un problema y su análogo sean muy parecidos en términos de sus características superficiales.

Las analogías pueden ser facilitadoras en un primer momento y posteriormente convertirse en un obstáculo. La analogía es un tipo de conceptualización que se genera con una función determinada, pero una vez que cumplió esa función posiblemente debe ser abandonada. Cuando las personas utilizan analogías, puede ser porque alguien (un profesor o investigador) señala los paralelismos entre las dos situaciones o porque se encuentra con el problema y la situación análoga al mismo tiempo. En cierto sentido, usar analogías para

resolver un problema puede ser cuestión de suerte o, simplemente de pensar (es decir, recordar) la idea correcta en el momento apropiado (Godoy, 2002).

Las analogías se utilizan de forma generalizada pero a pesar de esto, su oportunidad como recurso en el aula ha llegado a ser cuestionada, polarizándose la opinión entre defensores y detractores de esta estrategia didáctica. Dicha controversia ha sido el detonante de un gran número de estudios realizados con objeto de evaluar su incidencia en la práctica docente y con vistas a superar las dificultades que presenta su utilización en el aula (Oliva, 2003).

Se observa desde mediados de los noventa un interés creciente por abordar estudios que evalúen cómo se usan las analogías en las clases y bajo qué supuestos metodológicos. La mayor parte de trabajos en este sentido parecen concluir que el uso que se hace de las analogías en los libros de texto y en las clases de ciencias suele ser poco adecuado (Fernández, González y Moreno, 2004; Oliva, 2003; Oliva, 2004a; Oliva, Aragón, Mateo y Bonat, 2003).

Oliva (2003), menciona que habitualmente se presentan inconvenientes en la aplicación de las analogías en el aula, algunas dependen del proceso de selección, otras del enfoque como se expone a continuación.

El proceso de selección de situaciones análogas resulta habitualmente poco crítico y escasamente cuidadoso. A veces las que se utilizan son confusas y, en ocasiones, resultan tan complejas o más que el propio objeto que se quiere ilustrar. La mayoría de las analogías incluidas se presentan bajo un enfoque transmisivo que está muy lejos de un aprendizaje concebido como proceso de construcción. Una vez que se introduce la analogía se fomenta escasamente su uso en el alumnado y raras veces se explota más de un punto de similitud entre el objeto y el análogo. No suele recurrirse a varios análogos para ilustrar el significado

físico que encierra un mismo objeto. Es decir, no se desarrollan varias analogías para explicar un mismo fenómeno.

Otro inconveniente es que no suelen proponerse límites de validez a las analogías a las que se alude, lo cual contribuye a que el alumno las adopte “al pie de la letra” y las lleve más lejos de lo deseado.

En resumen, puede decirse que el uso que se hace de las analogías no resulta el más adecuado, o al menos así lo juzgan las investigaciones realizadas hasta el momento en otros países (Oliva, 2003).

2.3.5 Usos comunes.

En el estudio realizado por Oliva (2003), se encontró que el profesorado de física y química a nivel secundaria emplea en mayor medida las analogías en los temas relacionados con la estructura atómica y el enlace químico, la electricidad y la corriente eléctrica, los estados de la materia y las disoluciones, la teoría atómica y la estequiometría. Todos estos temas tienen como denominador común la exigencia de algún tipo de razonamiento a nivel microscópico a la hora de acceder a su comprensión.

En cuanto a la fase de la secuencia didáctica en la que aparecen se observa una cierta preferencia por las analogías intercaladas o insertas en la explicación o también por aquellas que se utilizan de forma continuada a lo largo de la misma. Más escasas, sin embargo, son las analogías empleadas como organizador previo o introducción, y mucho menos aquéllas que se utilizan como instrumento de recapitulación.

El razonamiento analógico puede y debe tener un papel relevante dentro de los procesos de aprendizaje de las ciencias en los alumnos, no sólo a través de la construcción y uso de analogías funcionales o comunicativas, que suelen ser las más frecuentes dentro del panorama de las analogías que se ofrecen en los textos y en las explicaciones del profesor, sino incluso

también a través de analogías explicativas que sirvan para ayudar a los alumnos a relacionar nociones que para ellos están muy distantes pero que, desde el punto de vista científico, tienen una misma explicación (Oliva, 2004a).

Al igual que las revistas de divulgación científica, la enseñanza formal debería también otorgar un valor a este tipo de puentes analógicos ya que en ello podría estar la clave de los procesos de generalización inductiva que están en la base de muchos de los aprendizajes que han de construir los estudiantes (Bryce y MacMillan, 2005; Oliva, 2004b; Podolefsky y Finkelstein, 2007a).

2.3.6 Medición de resultados aplicando analogías.

Una manera de medir la efectividad de la aplicación didáctica de las analogías, es a través de la aplicación de cuestionarios, inmediatamente al terminar la unidad didáctica donde se emplearon analogías y al final del curso, donde se mide el razonamiento científico y la retención del nuevo aprendizaje (Clement, 1978).

Durante algunos años, particularmente durante la década de los ochentas y principios de la de los noventas, se realizaron investigaciones dirigidas a evaluar la efectividad de las analogías como estrategia de enseñanza. Solían aplicarse diseños de tipo experimental que evaluaban los progresos y aprendizajes alcanzados por los alumnos gracias a su empleo. Como muestra la revisión llevada a cabo por Oliva (2004a), este tipo de trabajos no ha llegado a conducir a resultados claros e inequívocos al respecto, de manera que mientras algunos trabajos apuntaban hacia una influencia positiva de las analogías en el aprendizaje, otros no lograban hacerlo.

El panorama parece haber cambiado en los últimos tiempos, observándose un desplazamiento hacia estudios que abordan aspectos relacionados con qué analogías se utilizan, cómo se suelen emplear, y qué rasgos didácticos comparten aquellas analogías que parecen obtener cierto éxito con respecto a aquellas que no lo obtienen. Estos estudios de corte

más cualitativo han sido útiles para ofrecer una visión crítica sobre algunas formas de usar las analogías, así como para delimitar algunas dificultades y limitaciones aparejadas a su uso, pero sobre todo, han servido para caracterizar cuáles son algunos de los cambios que pueden introducirse para mejorar su validez didáctica (Oliva, 2003).

Las analogías han sido ampliamente estudiadas, razón por la cual se cuenta con información referente a diversos aspectos que las atañen (véase figura 2.3) y que ha sido abordada a lo largo de esta sección.

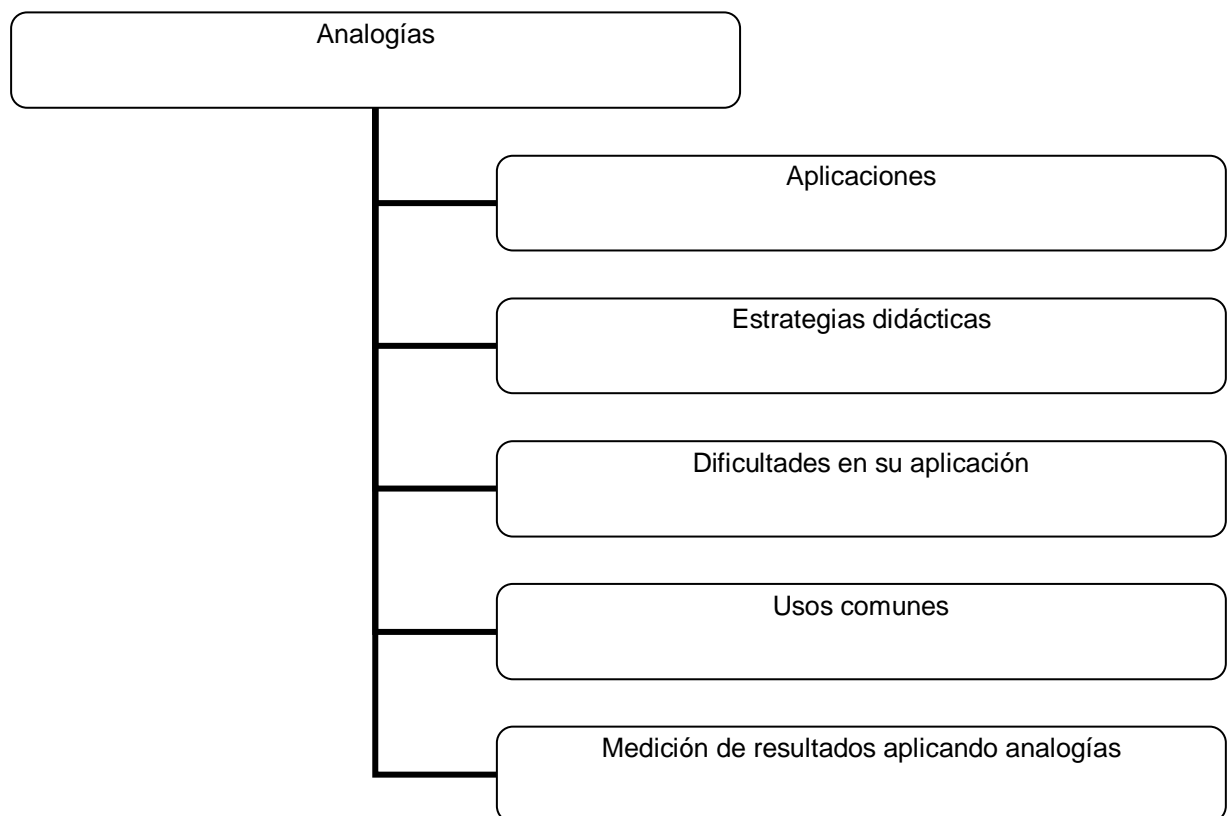


Figura 2.3 Organizador de información de las analogías.

Para contribuir a la alfabetización científica se debe recurrir a estrategias de enseñanza aprendizaje, en particular a aquellas estrategias que favorezcan la solución de problemas entre las que destacan las analogías por partir de la experiencia previa del educando. Las

investigaciones de Oliva (2003), demuestran que se debe avanzar hacia un modelo en el que se inicie con analogías prefabricadas, posteriormente se desarrolle el razonamiento analógico para finalizar con la generación de analogías por los propios alumnos.

2.4 Investigaciones previas.

Se han realizado numerosas investigaciones en torno a la aplicación de analogías en el aula, ya como estrategia ya como razonamiento analógico. A continuación se presentan algunas de ellas.

Collaborative Reasoning on Self-Generated Analogies: Conceptual Growth in Understanding Scientific Phenomena. Esta investigación fue realizada por Lucia Mason (1995).

El objetivo de la investigación fue observar el empleo de analogías autogeneradas por 18 alumnos del cuarto grado de educación básica y los efectos en el razonamiento colaborativo para la comprensión individual de tres fenómenos científicos acerca de la presión atmosférica. Se observaron las analogías autogeneradas en contra de las analogías proporcionadas por los docentes.

El estudio fue mixto, en el aspecto cualitativo se incluyeron entrevistas sobre su comprensión del fenómeno en estudio, posteriormente se formaron grupos pequeños con alumnos que tenían posiciones iniciales distintas, posteriormente se analizaron las discusiones en grupo observando principalmente la oposición crítica y la co construcción en el razonamiento colaborativo. Tanto las entrevistas como las sesiones de trabajo colaborativo fueron grabadas y analizadas bajo los enfoques cualitativo y cuantitativo. En el estudio cualitativo apreciaron evidencia de desarrollo metacognitivo.

En el análisis cuantitativo se empleó el test de McNemar que permitió determinar si existía evidencia estadística significativa de las diferencias entre las concepciones iniciales y las obtenidas después del trabajo colaborativo.

En los resultados se aprecia que el empleo de analogías autogeneradas en niños pequeños y su posterior refinamiento con trabajo colaborativo permite que los estudiantes

empleen procedimientos heurísticos en la solución de problemas. El estudio también permitió observar que la construcción social del conocimiento es necesaria dentro del estudio de las ciencias. La argumentación permitió una mayor apropiación de los conocimientos.

La segunda investigación que se presenta fue elaborada por Aragón, Oliva, y Mateo, (2005) su título es: *Un estudio sobre las relaciones entre pensamiento analógico y modelos mentales de los alumnos sobre la materia*. El objetivo del estudio fue analizar las relaciones existentes entre la comprensión de los alumnos sobre las analogías trabajadas en clase a lo largo de una unidad didáctica que adoptaba las analogías como núcleo vertebrador sobre el comportamiento de la materia (Oliva, 2003) y los modelos mentales desarrollados al final para interpretar fenómenos de ese ámbito.

La investigación fue cuantitativa y se observó la correlación entre los resultados de dos cuestionarios aplicados, el primero fue un cuestionario abierto (A) destinado a investigar los modelos activados por los alumnos durante la interpretación y predicción de fenómenos físicos (estados de la materia, difusión, etc.). El cuestionario se aplicó tiempo después de concluir el tema, posteriormente se aplicó un segundo cuestionario (B) orientado a evaluar el nivel de comprensión de los alumnos de dos analogías desarrolladas por el docente y empleadas en clase.

La evaluación se llevó a cabo a partir de una muestra de 65 estudiantes de tercer grado de educación media básica provenientes de tres grupos de clase de dos institutos públicos de secundaria de una población rural.

El análisis de correlación les permitió concluir que la comprensión de analogías influyó positivamente en la resolución de tareas en torno al modelo cinético-molecular. Esto podría sugerir que, cuando las analogías empleadas son adecuadamente interpretadas por los alumnos, pueden contribuir a que los modelos mentales evocados como respuesta a las tareas que se les plantea, sean más adecuados desde el punto de vista científico.

Estos resultados sugieren que la analogía no acaba con la impronta que el sujeto adquiere a partir de una primera comparación, sino que el primer modelo desarrollado se convierte en una especie de hipótesis de trabajo que puede cambiar y/o evolucionar con el tiempo. A través de posibles regulaciones sucesivas, algunos de los rasgos y relaciones sobre los que se ha fijado la atención pueden ir desapareciendo entrando en su lugar otros nuevos. Debido a esta recursividad del proceso, surge la conveniencia de adoptar más de una analogía para propiciar que el modelo mental que se construya sea próximo al modelo deseable desde el punto de vista de la ciencia escolar, así mismo, parece aconsejable el uso de la misma analogía a lo largo de distintos momentos de la secuencia didáctica, con objeto de mostrar la utilidad de la misma.

De los autores antes mencionados, Oliva y Aragón, (2006) profundizaron su investigación y posteriormente publicaron: *Pensamiento analógico y construcción de un modelo molecular para la materia* en el que estudiaron la comprensión en los alumnos de las analogías utilizadas en clase y de cómo dicha comprensión afectó al nivel de adecuación de los modelos contruidos sobre la estructura interna de la materia. No sólo se pretendía analizar el grado de recuerdo que tenían los alumnos de la analogía en sí, sino también si mostraban una comprensión profunda de la misma en los términos esperados desde el punto de vista de la ciencia escolar. Para ello, se pidió que explicaran la analogía y que señalaran las similitudes y diferencias entre el objeto y el análogo puestos en juego en la comparación. Se aplicó un análisis OBLIMIN y VARIMAX que permitió complementar los resultados del estudio anterior y llegar a concluir que el nivel de comprensión alcanzado por los alumnos sobre las analogías fue moderado, lo que implica que se deben revisar los materiales empleados y su gestión didáctica. Esto también lleva a que se debe fomentar que los alumnos generen e inventen su propias analogías. Los investigadores concluyen que se debe continuar evaluando la enseñanza apoyada en analogías a través de materiales que las incluyan de un modo más sistemático,

también se hace evidente que se debe profundizar en las dificultades que los alumnos presentan con el razonamiento analógico.

El estudio también permitió determinar que la metodología de comparar los niveles de comprensión alcanzados sobre diferentes analogías y correlacionarlos con los modelos mentales construidos sobre los tópicos del currículo es una adecuada secuencia para emplear analogías en clase. Sugieren continuar estudiando este fenómeno a través del método cualitativo para observar la evolución de los modelos mentales a lo largo de un diseño longitudinal.

Como se pudo apreciar en los dos estudios anteriores la manera en que se hace uso de las analogías en clase debe continuar en estudio, un elemento que incide en la utilización de analogías es la disponibilidad de material didáctico con esta orientación, al respecto en *Consideraciones acerca de la investigación en analogías* realizado por Fernández, González y Moreno (2004) se puede apreciar que su objetivo fue indagar sobre la existencia de libros de texto de enseñanza secundaria que utilizaran analogías, una vez detectados procedieron a clasificar y a analizar el tipo de analogías que emplean.

Utilizaron una muestra de 84 libros de texto que tratan sobre las siguientes materias: Ciencias de la Naturaleza, Física y Química, Biología y Geología, Física, Química, Biología, Geología y Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. En los que pudieron identificar, censar, clasificar y analizar, un total de 399 analogías.

Realizaron un análisis numérico al obtener el promedio de analogías por libro observando que los promedios de analogías por cada libro de texto (4.75 analogías por cada libro de texto en el total de la muestra y 4.67 analogías por cada libro de texto en los textos de química) son bajos si se comparan con los obtenidos en otras investigaciones que se han llevado a cabo con libros de texto en otros países (8.3 analogías por cada libro de texto en textos de ciencias norteamericanos y 9.3 analogías por cada libro de texto en textos de química australianos).

Se incluyó un análisis por materia en donde destaca que los libros que incluyen temas más abstractos de química y electricidad incrementaron la cantidad de analogías que emplearon, lo que indica que se emplea la analogía para clarificar conceptos.

Por otra parte, en el análisis por tipo de analogía detectaron que se dedica poco espacio a las analogías pictóricas y que se prefiere en los libros de física la analogía del tipo abstracto-abstracto. Los investigadores concluyen que en los libros de texto españoles se utilizan menos analogías que en los libros de texto de otros países, lo que indica que en general se está subestimando el potencial de la estrategia didáctica basada en analogías, también perciben una carencia de reflexión didáctica acerca del diseño de la analogía y de sus limitaciones, por lo que recomiendan la construcción de un catálogo de analogías como apoyo docente y continuar investigando de qué forma el alumnado genera sus propias analogías.

En la misma línea del docente se encuentra la investigación *Rutinas y guiones del profesorado de ciencias ante el uso de analogías como recurso de aula* realizada por Oliva (2003). El objetivo de esta investigación fue analizar los guiones y rutinas que caracterizan la metodología de trabajo del profesorado en su aula al usar analogías. Emplearon un cuestionario integrado por diversos ítems, algunos de ellos presentados en formato abierto, y otros en formato Likert.

Este modelo de cuestionario permitió realizar un análisis estadístico de los resultados. El cuestionario fue administrado a una muestra de 37 profesores en activo de educación secundaria. La muestra estudiada tenía una media de 10.2 años de experiencia en la enseñanza, con una desviación típica de 2.5 años. El investigador concluye que el profesorado participante en la investigación valora las analogías como un recurso útil. En el caso del profesorado de física y química, los temas que más parecen prestarse al uso de analogías son los relacionados con la estructura atómica, el enlace químico, la electricidad y corriente eléctrica. El uso de analogías por los docentes continúa reforzando el modelo educativo

transmisionista y avanza hacia el modelo tecnológico en el que el alumno tiene un papel más protagónico.

Las concepciones erróneas también pueden ser superadas empleando analogías, al respecto Clement y Brown (1984) realizaron el estudio *Using Analogical Reasoning to Deal with "Deep" Misconceptions in Physics*, en el que su objetivo fue observar el uso de analogías en el razonamiento experto de un problema como elemento que permitió que el alumno cambiara sus concepciones erróneas. En el estudio sólo se observó a un sujeto y se fue acompañando la transformación de sus concepciones en física a través de observar el razonamiento analógico de un experto. Grabaron las sesiones y a partir de sus grabaciones emitieron el resultado de que los estudiantes requieren un acompañamiento socrático en el que a través de preguntas desarrollen conocimiento, también concluyen que se deben emplear ejemplos clave que activen la intuición del alumno y que esa intuición se debe encaminar al razonamiento analógico, del mismo modo que lo realizan los expertos.

Finalmente se puede observar que desde muchos años atrás se ha estado estudiando el rol de las analogías en el pensamiento científico tal como se puede apreciar en el estudio *The Role of Analogy in Scientific Thinking: Examples from a Problem-Solving Interview* realizado por Clement (1978) en el que su objetivo fue investigar el papel de la instrucción analógica y el nivel de razonamiento como medida dependiente en la adquisición de un concepto en un curso introductorio de genética en la universidad. Empleó el enfoque cuantitativo y realizó la comparación de resultados de exámenes semanales y de fin de curso en los que se detectó que obtuvieron mejores resultados los alumnos que recibieron instrucción analógica. En cuanto al enfoque cualitativo se estudió la actitud de los alumnos con respecto a la instrucción analógica, encontrándose que la consideran benéfica. Las analogías fueron provistas por el docente y trabajadas en clase. El autor sugiere continuar investigando de qué manera construye el alumno sus propias analogías y cómo confirma la validez de una analogía al comprender el concepto.

De las investigaciones mostradas se desprende que todavía existen ausencias en la investigación de las analogías, hay diversos aspectos que aún no brindan la contundencia necesaria para afirmar que las analogías son una estrategia didáctica eficiente, mientras algunos autores aseguran la utilidad de las analogías (Fernández, González y Moreno, 2004; Godoy, 2002), otros consideran que se debe continuar estudiando que factores afectan los resultados de aprendizaje obtenidos con su aplicación (Podolefsky y Finkelstein, 2006; Podolefsky y Finkelstein, 2007a), por lo que se suscitan varios problemas de investigación como: ¿las representaciones mentales formadas por el alumno juegan un papel clave en el uso de las analogías?, ¿el ambiente de instrucción afecta el resultado en el aprendizaje al emplear analogías?, ¿qué recursos cognitivos debe tener el alumno para poder emplear eficientemente las analogías?, ¿qué formación debe tener el docente para apoyar el razonamiento analógico en sus alumnos?, ¿qué actitud demuestran los alumnos en su aprendizaje al emplear modelos analógicos?, ¿en que momento de la instrucción es más conveniente emplear la analogías?, ¿cómo construye el alumno las analogías?, estas preguntas deberán investigarse con más detalle debido a que los investigadores aún no cuentan con la evidencia suficiente para emitir conclusiones al respecto.

La presente investigación pretende continuar con esta línea de trabajo comparando el aprendizaje obtenido con la estrategia didáctica apoyada en modelos matemáticos para predecir el comportamiento de un fenómeno y el que se puede adquirir utilizando el razonamiento analógico, a través de dar respuesta a la pregunta ¿Qué factores influyen en el aprendizaje empleando analogías como estrategia didáctica comparado con el aprendizaje obtenido al emplear la estrategia didáctica apoyada en modelos matemáticos para predecir el comportamiento de un fenómeno?.

Las investigaciones descritas a lo largo de ésta sección son sólo una muestra del espectro tan amplio que cubren las analogías como estrategia didáctica (véase Figura 2.4).

Organizador de información.

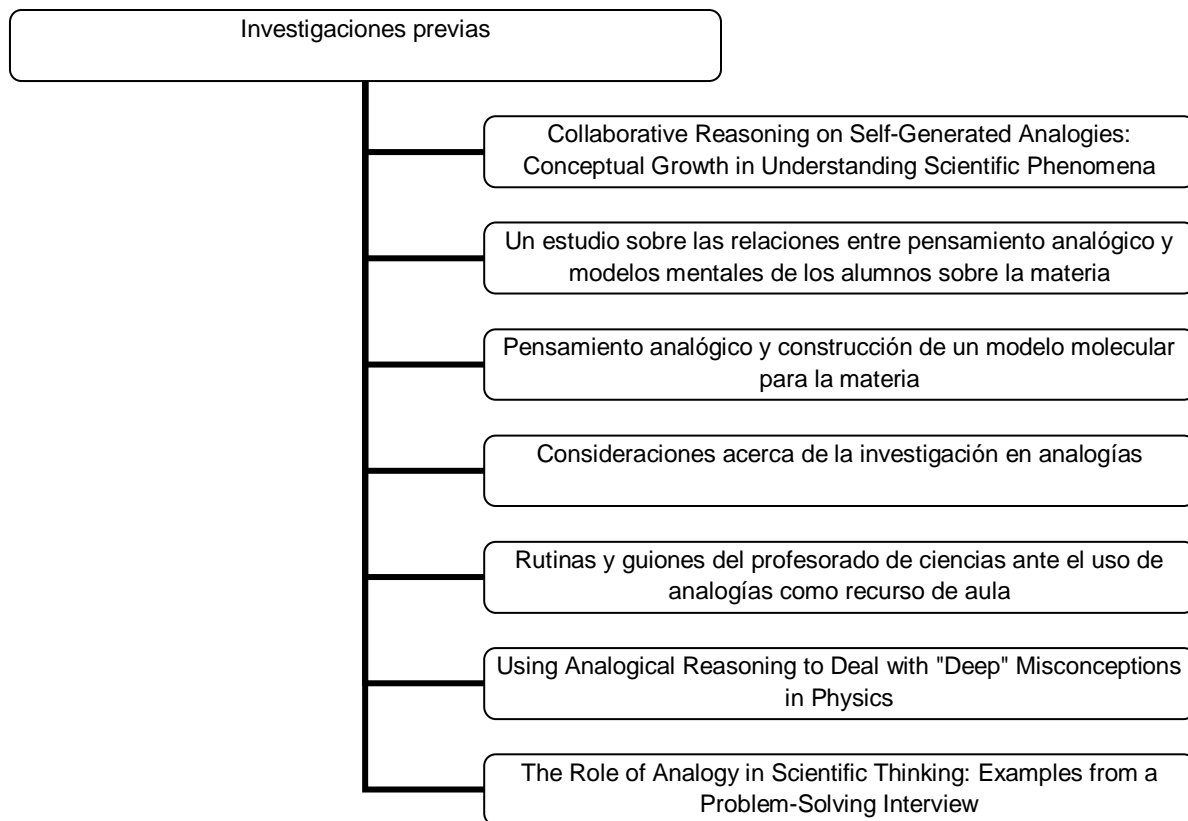


Figura 2.4 Organizador de información de las investigaciones previas consultadas sobre analogías.

En las investigaciones descritas se aprecia el empleo de analogías como recurso didáctico. Se cubre un amplio abanico de posibilidades desde las analogías proporcionadas por el profesor a las analogías autogeneradas por los alumnos. De igual modo se analiza la percepción del docente con respecto a esta estrategia y la existencia de recursos analógicos en libros de texto. Las investigaciones permiten determinar que el razonamiento analógico no está agotado, por el contrario ante la necesidad de que el conocimiento en ciencias sea significativo resurge la utilidad de este razonamiento que enlaza los nuevos conocimientos con los que el alumno conserva en su acervo.

Al concluir este capítulo se cuenta con la perspectiva teórica del tema de investigación, se ha podido apreciar que la alfabetización científica y tecnológica ha provocado modificaciones en los currículos de ciencias, ante esta situación es necesario que el currículo de física propicie en los estudiantes el aprendizaje de los conocimientos científicos así como de las habilidades para enfrentar los problemas de la vida diaria relacionados con la ciencia y la tecnología. Dentro de ellas, las habilidades de razonamiento se han convertido en una prioridad sobre el logro del conocimiento descriptivo, por lo que en los últimos 20 años se han efectuado múltiples investigaciones en la enseñanza de la física cuyo objetivo ha sido promover la aparición de nuevos modelos de enseñanza aprendizaje, entre los que tiene un gran auge el del conflicto cognitivo.

Por otra parte la aplicación de estrategias de enseñanza aprendizaje impacta en los procesos cognitivos del alumno. Se ha detectado que entre las representaciones que un alumno puede utilizar para afianzar un concepto físico se encuentran las analogías que permiten potenciar y explicitar el enlace de los conocimientos previos con la información nueva, lo que asegura una mayor significatividad de los aprendizajes logrados. Como estrategia didáctica las investigaciones demuestran que se debe avanzar hacia un modelo en el que se inicie con analogías prefabricadas, posteriormente se desarrolle el razonamiento analógico para finalizar con la generación de analogías por los propios alumnos. Investigaciones recientes indican que el tema de las analogías no está agotado y que se deben investigar los factores que influyen en el aprendizaje analógico.

CAPÍTULO 3

Metodología General.

En este capítulo se presenta la metodología seleccionada para la investigación, para ello en primer lugar se presenta la justificación del paradigma, método y técnica elegida con base en el análisis de la documentación obtenida en la construcción del marco teórico y de acuerdo al objetivo del proyecto. Se decidió obtener información primaria y actualizada mediante el método experimental, aplicando la técnica de pre test y post test a un grupo experimental y uno de control, posteriormente, tomando en cuenta que la investigación está dentro del paradigma cuantitativo se presenta el diseño experimental describiendo las actividades para cada grupo.

Enseguida se presentan las características sociodemográficas de la población de estudio y la elección de la muestra a trabajar, así como la asignación de los individuos a los grupos – experimental y de control – que se realizó por medio de la asignación al azar, utilizando el programa computacional STATS®.

Con la intención de brindar claridad sobre el qué se estudia, se presenta el desglose de tema, categorías e indicadores del estudio, así como el quién a través de las fuentes de información para concluir con el cómo al describir la técnica de recolección de datos.

Posteriormente, se describe la aplicación de la prueba piloto que brindó información valiosa para la aplicación de los instrumentos, por último, se describe la aplicación de los instrumentos, y los criterios de objetividad, validez y confiabilidad que los sustentan.

3.1 Método de investigación.

La presente investigación se realiza bajo el paradigma cuantitativo, que permite medir fenómenos, utilizar estadísticas, realizar experimentos y análisis causa – efecto; a través de un proceso secuencial y deductivo (Hernández, Fernández y Baptista, 2006).

El paradigma cuantitativo se justifica en virtud de que la hipótesis busca establecer la diferencia de grupos atribuyendo causalidad. Una vez que se selecciona el paradigma se procede a la elección de un método de investigación congruente con el enfoque cuantitativo, en este caso, se ha seleccionado el método experimental como resultado de la revisión de la literatura ya que los investigadores comparan grupos que reciben instrucción analógica con aquellos que reciben otro tipo de instrucción (Aragón, Oliva, Bonat y Mateo, 2005; Moro, Viau, Zamorano y Gibbs, 2007; Oliva y Aragón, 2006; Podolefsky y Finkelstein, 2007a; Podolefsky y Finkelstein, 2007b). Esto coincide con la definición de Giroux y Tremblay (2004), en relación al método experimental que consiste en comparar las reacciones de dos o más grupos de participantes expuestos a situaciones idénticas salvo por un factor, cuyo papel se puede evaluar como causa del comportamiento o de los pensamientos.

Derivado del método de investigación se elige una técnica de recolección de datos que permita dar respuesta a las preguntas de investigación por lo que se ha elegido la técnica del cuestionario que consiste en que el investigador plantea de la misma manera una serie idéntica de preguntas a todos los participantes de una investigación, la técnica de recolección requiere de un instrumento, que para esta investigación es el cuestionario autoadministrado en el que cada participante lee por sí mismo las preguntas elegida (Giroux y Tremblay, 2004), esta forma de cuestionario fue elegida porque se podía aplicar a una muestra fácilmente accesible que consta de individuos con educación escolar.

3.1.1 Fases de la investigación.

Las grandes fases que se contemplan para responder a la pregunta de investigación de acuerdo con el paradigma elegido son: Generación de la idea, planteamiento del problema, revisión de la literatura y construcción del marco teórico, visualización del alcance del estudio, elaboración de hipótesis y definición de variables, diseño de la investigación, recolección de datos, análisis de datos y elaboración del reporte de resultados.

Las fases indican que en la investigación cuantitativa se aplica la lógica deductiva, que va de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2006) de la teoría generada por investigaciones antecedentes (marco teórico) a la recolección de los datos en casos particulares de una muestra.

Las primeras fases, hasta elaboración de hipótesis y definición de variables, han sido abordadas en los capítulos antecedentes, a continuación se presenta el diseño de la investigación elegido que coincide con los diseños de investigación encontrados en la literatura (Aragón, Oliva, Bonat y Mateo, 2005; Moro, Viau, Zamorano y Gibbs, 2007; Oliva y Aragón, 2006; Podolefsky y Finkelstein, 2007a; Podolefsky y Finkelstein, 2007b).

De acuerdo con las investigaciones consultadas, se eligió la experimentación empleando pre test y pos test, como se describe en la sección 3.1.2.

3.1.2 Diseño de la investigación.

El diseño de la investigación es de acuerdo con Hernández et al. (2006) el plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere para la investigación. Bajo el paradigma cuantitativo se encuentran los diseños experimentales y no experimentales, debido a que el estudio es explicativo y se tiene una hipótesis causal se ha elegido un diseño experimental. Hernández et al. (2006) definen a un experimento como una situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos). Las variables que se han definido en el apartado 2.1 para esta investigación son primera variable determinante uno (causa) razonamiento analógico y segunda variable fenómeno (efecto) aprendizaje.

Para aplicar un diseño experimental se deben cumplir tres requisitos; el primero es la manipulación de una variable independiente que para esta investigación es el razonamiento analógico para observar sus efectos en la variable dependiente aprendizaje; el segundo

requisito es medir el efecto que la variable independiente tiene en la variable dependiente, para esta investigación la medición se realiza por medio de cuestionarios; como tercer requisito se tiene la validez interna que se alcanza con al menos dos grupos de comparación y la equivalencia entre estos grupos (Hernández et al. 2006).

Una vez cubiertos los requisitos, se establece que el diseño consiste en pre test-post test y grupo de control, el diagrama propuesto por Hernández et al. (2006) que se aprecia en la Figura 3.1 ilustra este diseño.

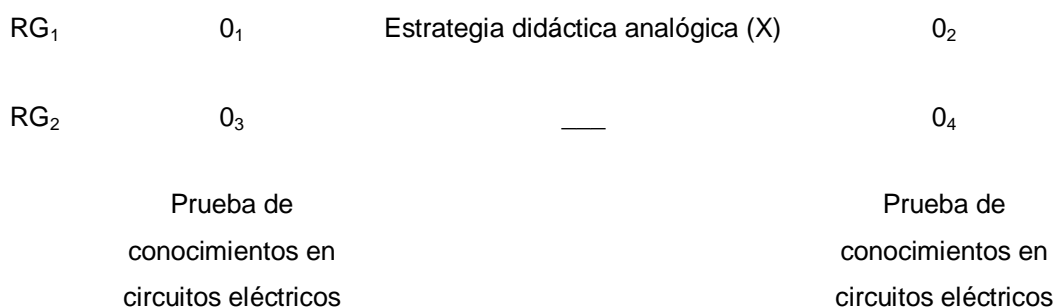


Figura 3.1 Diagrama del diseño de investigación.

RG₁ es el grupo experimental, X es el tratamiento experimental, RG₂ es el grupo control, que como se aprecia en el diagrama, no es expuesto al tratamiento experimental, finalmente O₁ y O₃ corresponden al pre test, mientras que O₂ y O₄ corresponden al post test.

El diseño expuesto, permite plantear la hipótesis estadística que permite probar la hipótesis de investigación (véase sección 1.5). La diferencia de medias en muestras dependientes brinda la posibilidad de comparar el comportamiento de un grupo antes y después de ser sometidos a un tratamiento, en este caso la instrucción sobre circuitos eléctricos, de igual modo permite comparar un parámetro en dos grupos homogéneos distintos, por lo que la hipótesis estadística adopta la forma: Ho: $\bar{X}_1 > \bar{X}_2$. Donde \bar{X} es el promedio de la calificación de aprendizaje obtenido en cada grupo después de recibir instrucción con dos estrategias didácticas distintas. Se establece que el promedio de aprendizaje en el grupo uno

(experimental) que recibe instrucción analógica es mayor que el obtenido en el grupo dos (control) instruido con exposición discursiva y modelos matemáticos.

A partir de estas hipótesis se describe el diseño comenzando con la asignación de los alumnos a los grupos experimental y de control. Los alumnos de los grupos 4°5 y 4°6 fueron establecidos en dos grupos 34 en cada uno a través de la asignación aleatoria, los alumnos seleccionados en el 4°5 forman el grupo uno que es el experimental, mientras que los alumnos seleccionados en el grupo 4°6 forman el grupo dos que es el grupo de control.

El grupo control recibe instrucción sobre circuitos eléctricos durante cuatro sesiones de 50 minutos a través de la estrategia apoyada en exposición discursiva y modelos matemáticos que consiste en la presentación de un mapa cuya finalidad es visualizar la interrelación de unos conceptos con otros, exponer por parte del docente los conceptos y con el manejo de herramientas matemáticas generar modelos (fórmulas) que expresen de manera cuantitativa los conocimientos adquiridos para predecir el comportamiento de los fenómenos. La instrucción expositiva se basa en los textos de Hewitt (2004), Mileaf (1974), Pérez (2000), y Gussow (1985), los ejercicios cuantitativos fueron seleccionados de los libros Mileaf (1984) y Gussow (1985). La planeación de las clases del grupo control sigue el formato propuesto por Johnson (2003) (véase Apéndice A).

A partir de la quinta reunión ambos grupos realizaron las mismas actividades. Resuelven el Test Lawson de razonamiento (véase Apéndice B), reciben instrucción sobre las conexiones de circuitos en serie y paralelo durante dos sesiones. En la novena sesión, contestaron el test de actitud (véase Apéndice C), que es la traducción y adaptación para el nivel de la preparatoria del Adams-New instrument for measuring student beliefs about physics and learning physics – class (Adams, Perkins, Podolefsky, Dubson, Finkelstein y Wieman, 2005).

El grupo experimental recibe instrucción sobre circuitos eléctricos durante cuatro clases de 50 minutos empleando instrucción analógica como estrategia didáctica. Al principio se

presenta un mapa mental cuya finalidad es visualizar la interrelación de unos conceptos con otros y se introduce a la instrucción analógica, para la segunda y tercera sesión se exponen por parte del docente dos modelos analógicos: el del circuito hidráulico (Torrens, 2007) y el del pasillo con alumnos (Zamorano, Gibbs y Viau, 2006), ambos modelos se analizan con el organizador gráfico propuesto por Ayala (2001). Posteriormente los alumnos resuelven ejercicios cuantitativos que fueron seleccionados de los libros Mileaf (1984) y Gussow (1985). La planeación de las sesiones del grupo experimental siguen el formato (véase Apéndice D) propuesto por Johnson (2003).

Antes del inicio del tratamiento experimental, a todos los grupos se les aplicó una prueba referente al conocimiento conceptual de circuitos eléctricos especialmente diseñada para adolescentes, del mismo modo se aplicó una vez que recibieron la instrucción por la estrategia que les correspondió. La prueba fue diseñada con base en el cuestionario propuesto por Hewitt (2004) en su página electrónica y los ejercicios complementarios de los tutoriales de McDermott y Shaffer (2001). Para consultar la prueba completa (véase Apéndice E).

3.2 Población y muestra.

La población es el conjunto de todos los elementos a los cuales el investigador se propone aplicar las conclusiones del estudio (Giroux y Tremblay, 2004). Para esta investigación la población son los 228 alumnos que cursan la asignatura de Física General en el periodo escolar febrero julio 2008, en la preparatoria de estudio. La unidad de análisis está constituida por los 137 alumnos hombres y las 91 mujeres inscritos en la institución en los grupos de cuarto semestre de los cuales 105 se ubican en el turno matutino y 123 en el turno vespertino. Esta población fue elegida para responder la pregunta de investigación.

Como se aprecia en la pregunta, la comparación de estrategias didácticas sólo se realizó en la asignatura de Física General. La población es accesible al investigador debido a que es

profesor de asignatura de cinco de los seis grupos que actualmente cursan la materia. Por economía de tiempo y recursos se recurre a una muestra.

La muestra es de acuerdo con Hernández et al. (2006), el subgrupo de la población del cual se recolectan los datos y debe ser representativo de dicha población. El tamaño de la muestra fue determinado con el software estadístico STATS®.

Al considerar a la población de los dos grupos factibles a compararse que son 71 alumnos, un error estimado aceptable del 5% y el nivel de confianza al 95% se generó una muestra de 60 alumnos. La asignación a cada grupo se realizó con la generación de números aleatorios empleando el mismo software. Este procedimiento se realizó listando a los alumnos de los dos grupos y asignándoles un número progresivo, posteriormente se revisó la lista de números aleatorios y se fueron formando los grupos, en el de control se asignaron los alumnos que pertenecen al grupo 4°5 y que aparecieron en la lista de números aleatorios, al grupo control se asignaron los alumnos del 4°6 que aparecieron listados.

En el diseño de investigación considerado se confrontan dos grupos el experimental y el de control, lo esencial en este diseño es que los grupos sean equivalentes, es decir son similares en todo, menos en la manipulación de la variable independiente (Hernández et al. 2006).

Para lograr la equivalencia inicial se utilizó la asignación aleatoria que asegura probabilísticamente que dos o más grupos son equivalentes entre sí (Hernández et al. 2006).

Antes de proceder a la asignación aleatoria se verificaron las fuentes de invalidación tanto interna como externa para los seis grupos en que actualmente se imparte la asignatura y se obtuvo lo siguiente:

El 4°3 no puede formar parte de la muestra por ser atendido por otro docente y no poder manipular la variable independiente, de este modo en el turno matutino sólo quedan los grupos

4°1 y 4°2 para ser comparados, sin embargo, como la asignatura se imparte en el 4°1 en el horario de las 7:00 a.m., se ha observado que constantemente falta el 28% del alumnado, lo que impediría contar siempre con los mismos alumnos en ambos grupos (control y experimental) por lo que se desecha el turno matutino.

Para el turno vespertino el 4°4 cursa la asignatura en el horario de las 7:40 p.m. que es la última hora del turno por lo que constantemente están cansados e indisciplinados y se dificultaría asegurar que los resultados del experimento se deban únicamente a la variable en estudio, además de que es un grupo más pequeño con 39 alumnos y están inscritos los alumnos con mejor promedio del turno vespertino, lo que implica que no es equivalente con los otros dos, por lo anterior se seleccionó la muestra con los alumnos de los grupos 4°5 y 4°6 que inicialmente comparten más características como el número de alumnos y el promedio obtenido en el primer examen parcial de la asignatura 6.8 y 6.5, respectivamente. El rango de edades es similar entre 16 y 18 años, la proporción de mujeres es equivalente con menor número de mujeres por grupo, así como también el nivel socioeconómico que es medio bajo.

3.3 Tema, categoría e indicadores de estudio.

Para definir tema, categorías e indicadores es necesario recordar que en el capítulo dos se estableció al razonamiento analógico como determinante y al aprendizaje como fenómeno, que es afectado por varios factores, por lo que son los grandes temas que se abordan en la investigación. Cabe recordar que el determinante o variable independiente es la variable que va a determinar lo que ocurra con la variable dependiente que en este caso es el fenómeno, al respecto Giroux y Tremblay (2004) mencionan que esta variable es la que se evalúa de manera operativa; es la variable de interés, ya que sobre ella se pueden generar los cambios en la investigación que se desarrolla.

Adicional a estas dos variables se contemplan otros factores que acuerdo con Giroux y Tremblay (2004), aun cuando no se encuentran en el centro de la problemática, se pueden

revelar como variables independientes de importancia menor, en este sentido, se contempló indagar sobre actitud, género, nivel de razonamiento y edad.

Debido a que se desea indagar sobre los factores que influyen en el aprendizaje empleando razonamiento analógico como estrategia didáctica, no se incluyen preguntas sobre razonamiento analógico, ya que se desea medir el aprendizaje, en particular en el tema de circuitos eléctricos.

El aprendizaje a través de analogías se ve afectado por distintos factores que deben ser investigados para determinar su influencia (Podolefsky. y Finkelstein, 2007a), entre ellos se tiene la actitud y creencias ante la física, el nivel de razonamiento que puede ir desde inductivo hasta hipotético deductivo, el género y la edad.

Se compara la influencia de estos factores en el aprendizaje de circuitos eléctricos empleando dos estrategias didácticas distintas, la analógica y la basada en modelos matemáticos.

Los temas que contempla la investigación son el aprendizaje de circuitos eléctricos, los alumnos, la actitud y el razonamiento. Estos temas resultaron de sumo interés pues el aprendizaje se ve afectado por factores como género, actitudes y creencias del alumnado, así como por el nivel de razonamiento con que actualmente cuentan.

Para desglosar la temática se recurre a las categorías que contemplan los conceptos que debe aprender el alumno en los circuitos eléctricos, las condiciones objetivas de existencia como género y edad, las manifestaciones de las actitudes de los alumnos y el tipo de razonamiento que utilizan.

Por último, los indicadores permiten generar las preguntas que son plasmadas en los instrumentos.

En la Tabla 3.1 se puede observar cada tema con sus categorías e indicadores, así como también la pregunta de cada instrumento utilizada para la medición.

Tabla. 3.1

Relación de temas, categorías, indicadores e instrumento con que es medido.

Tema	Categoría	Indicador	Instrumento y preguntas que contempla.
Aprendizaje de circuitos eléctricos	Corriente y resistencia eléctrica	Aprendizaje del comportamiento los circuitos eléctricos.	Prueba de circuitos eléctricos Preguntas 1,2,3,5,6,10,11
	Conexión en serie o conexión en paralelo		Prueba de circuitos eléctricos Preguntas 4,7,8,12,13,14
	Conexiones mixtas		Prueba de circuitos eléctricos Pregunta 14,15
Alumnos	Condiciones objetivas de existencia	Genero	Prueba de circuitos eléctricos Datos de identificación
		Edad	Prueba de circuitos eléctricos Datos de identificación
Actitud	Conexión con el mundo real	Actitud manifestada a través de la escala Likert	Test de Adams et al. (2005) Preguntas 28, 30,35,37
	Interés personal		Test de Adams et al. (2005) Preguntas 3,11,14,25,28,30
	Sentido de fabricación / esfuerzo		Test de Adams et al. (2005) 11,23,24,32,36,39,42
	Conexiones conceptuales		Test de Adams et al. (2005) 1,5,6,13,21,32
	Comprensión conceptual aplicada		Test de Adams et al. (2005) 1,5,6,8,21,22,40
	Problemas que resuelve de forma general		Test de Adams et al. (2005) 13,15,16,25,26,34,40,42
	Problemas que resuelve por confianza		Test de Adams et al. (2005) 15,16,34,40
	Problema que resuelve de forma sofisticada		Test de Adams et al. (2005) 5,21,22,25,34,40
Razonamiento	Conceptos físicos	Nivel de razonamiento empírico-inductivo, transitorio, hipotético-deductivo	Test Lawson Preguntas 1,2,3,4
	Proporciones		Test Lawson Preguntas 5,6,7,8
	Comprensión de variables		Test Lawson Preguntas 9,10,11,12,13,14
	Probabilidad		Test Lawson Preguntas 15,16,17,18
	Capacidad de observación e hipótesis deductivas		Test Lawson Preguntas 19,20,21,22,23,24

La tabla 3.1 muestra el tema con las categorías e indicadores con que es medido, también se observa el apéndice para su consulta.

3.4 Fuentes de información.

Para indagar sobre los temas contemplados en la investigación se recurrió a consultar diversas fuentes de información que permitieron responder al quién proporciona los datos.

En las fuentes primarias de información que Hernández et al. 2006 mencionan que aportan datos de primera mano, se consultaron investigaciones recientes sobre el empleo de analogías en la asignatura de física siendo las más relevantes las elaboradas por investigadores norteamericanos y españoles (Aragón, Mateo y Bonant, 2003; Bryce y MacMillan, 2005; Moro, Viau, Zamoranoy Gibbs, 2007; Oliva, 2003; Oliva, 2004a; Oliva, 2004b; Oliva y Aragón, 2006; Podolefsky y Finkelstein, 2006; Podolefsky y Finkelstein, 2007a; Podolefsky y Finkelstein, 2007b).

Las investigaciones consultadas dan cuenta de que la fuente de primera mano se encuentra en los alumnos, debido a que se está midiendo su aprendizaje, por tal razón los alumnos de la institución que cursan la materia de Física General constituyen la fuente de información de primera mano. La investigación no contempla por el momento la actuación docente ni la influencia de la institución por lo que no se incluyeron dentro de las fuentes de información a los docentes, directivos o personal administrativo de la preparatoria.

Con respecto a los alumnos se mide su aprendizaje en el tema de circuitos eléctricos a través del empleo de dos estrategias didácticas distintas por lo que no se recurrió a indagar archivos o documentos de su trayectoria académica previa. También se evalúa su nivel de razonamiento, la influencia del género en el aprendizaje y la actitud que presentan al aprendizaje de la física.

3.5 Técnicas de recolección de datos.

Para responder al cómo y al con qué se recopilan los datos se describe a continuación la técnica de recopilación elegida. La experimentación se puede apoyar del cuestionario, que es

congruente con los objetivos y la hipótesis, así como también su viabilidad. Se eligió el cuestionario autoadministrado, valorando las ventajas y los inconvenientes que presenta (Giroux y Tremblay, 2004).

El cuestionario se utilizó como técnica de recolección y cómo instrumento que es un documento en el que están inscritas preguntas y se registran las respuestas de quienes participan en el experimento (Giroux y Tremblay, 2004). Para recopilar datos sobre los tres temas que aborda la investigación - aprendizaje en circuitos eléctricos, actitud y razonamiento – se eligió el cuestionario. Los tres cuestionarios son de opción múltiple, con respuestas cerradas, únicamente el cuestionario de actitud, por su naturaleza, está diseñado para ser contestado por medio de la escala Likert (Hernández et al. 2006). En las investigaciones consultadas se encontró que en gran medida emplean el cuestionario, en ocasiones combinado con otras técnicas como la entrevista y la observación, por lo que se considera válido para este diseño experimental (Aragón, Mateo y Bonant, 2003; Bryce y MacMillan, 2005; Moro, Viau, Zamorano y Gibbs, 2007; Oliva, 2003; Oliva, 2004a; Oliva, 2004b; Oliva y Aragón, 2006; Podolefsky y Finkelstein, 2006; Podolefsky y Finkelstein, 2007a; Podolefsky y Finkelstein, 2007b).

Para seleccionar los instrumentos aplicados se consideraron las observaciones de Hernández et al. (2006). Se utilizaron instrumentos de medición ya elaborados que cumplen el requisito de ser recientes. Cumplen también con evaluaciones de expertos tanto el test de actitudes como el test de razonamiento han sido aceptados por revistas arbitradas lo que coincide con este criterio. Han demostrado confiabilidad, validez y objetividad, nuevamente el test de actitudes y el test de razonamiento cumplen con este criterio, por su parte la prueba de circuitos eléctricos fue elaborada bajo un enfoque conceptual, que es lo que se desea medir, lo que le confiere validez.

Para poder emplear los instrumentos de elaboración previa, es necesario que se adecuen a la muestra y al contexto así como a las aptitudes para aplicarlo, en este tenor los tres instrumentos son adecuados para la muestra y contexto.

A continuación se describe el cuestionario elegido para cada tema describiendo el tema, objetivo, categorías, indicadores que incluye, cantidad y tipo de reactivos que lo integran.

El aprendizaje de circuitos eléctricos y las condiciones objetivas de existencia de los alumnos constituyen los primeros temas de investigación. El objetivo es detectar los conceptos de circuitos eléctricos que manejan los alumnos, para ello las categorías que se investigan son: a) corriente y resistencia eléctrica, b) conexiones en serie, c) conexiones en paralelo y conexiones mixtas. El instrumento también permite registrar las características de los alumnos por lo que se incluyeron las categorías de género y edad. El indicador es el aprendizaje del comportamiento de la corriente y de la resistencia eléctrica en circuitos serie, paralelos y mixtos. La prueba está integrada por 15 reactivos de opción múltiple.

El objetivo es detectar el aprendizaje conceptual por lo que se recurrió a un cuestionario con este enfoque, para ello, se consultó el examen propuesto por Hewitt (2004) en su página de Internet, se revisaron las preguntas y respuestas propuestas y se determinó eliminar la relativa a potencia debido a que el tema se aborda posteriormente, por lo demás el cuestionario mantiene un enfoque conceptual pues sólo cuenta con una pregunta numérica a diferencia de la mayoría de evaluaciones a que se somete al alumnado que tienen principalmente un enfoque cuantitativo. El cuestionario fue complementado con reactivos de los ejercicios adicionales de los tutoriales para física introductoria (McDermott y Shaffer, 2001), que también tienen un enfoque conceptual. En este instrumento se indagaron también las condiciones objetivas de existencia a través de los datos de identificación del alumno (Véase apéndice E y F para consulta del cuestionario y su manual de codificación respectivamente).

El siguiente tema a investigar es la actitud y tiene como objetivo conocer las creencias del estudiante sobre la física y el aprendizaje de la física, las categorías que analiza son: a) las conexiones de la física con el mundo real, b) interés personal, c) sentido de fabricación y esfuerzo, d) conexiones conceptuales, e) aplicación de la comprensión conceptual, f) problemas que resuelve de forma general, g) problemas que resuelve por confianza y h) problemas que resuelve de forma sofisticada. El indicador es la actitud manifestada a través de la escala Likert, por lo que el instrumento está integrado de 40 reactivos con cinco categorías de respuesta en escala Likert.

El instrumento fue diseñado para medir las creencias del estudiante sobre la física y el aprendizaje de la física y recibe el nombre de Adams-New instrument for measuring student beliefs about physics and learning physics – class (Adams et al. 2005) fue diseñado para estudiantes de nivel preuniversitario en Estados Unidos por lo que se tradujo y adaptó para los estudiantes de la preparatoria.

La escala Likert es el conjunto de ítems que se presentan en forma de afirmaciones para medir la reacción del sujeto en tres, cinco o siete categorías (Hernández et al. 2006). Para esta investigación se eligieron cinco que son: Definitivamente sí, probablemente sí, indeciso, probablemente no, definitivamente no.

Las puntuaciones de la escala Likert se obtienen sumando los valores alcanzados respecto de cada afirmación, por lo que se le denomina escala aditiva. Este instrumento también fue autoadministrado (Hernández et al. 2006).

Se eligió este instrumento porque cuenta con un soporte que le brinda validez, y confiabilidad, al ser aprobado para su publicación en la *Physical Review Special Topic. Physics Education Research* que es una publicación arbitrada (2005). Para consultar el instrumento y su manual de codificación véanse Apéndice C y Apéndice G respectivamente.

El razonamiento es un tema relevante para la investigación por lo que el objetivo del instrumento es detectar la habilidad del alumnado para aplicar aspectos de razonamiento científico y matemático al analizar una situación para resolver un problema. Se analizan las categorías: a) conceptos físicos, b) proporciones, c) comprensión de variables, d) probabilidad, e) capacidad de observación e hipótesis deductivas. El indicador es el nivel de razonamiento empírico-inductivo, transitorio o hipotético-deductivo que manifiestan los alumnos al responder 24 reactivos de opción múltiple, agrupados en doce pares.

El instrumento fue diseñado para determinar el nivel de razonamiento que manifiesta un alumno, se propone que si un alumno tiene entre 0 y 4 pares correctos está clasificado como un nivel de razonamiento empírico-inductivo, si los pares correctos se encuentran entre 5 y 8, el nivel es transitorio entre inductivo e hipotético deductivo y si alcanza entre 9 y 12, el nivel es hipotético-deductivo. Es decir la prueba se califica en pares, sólo si ambas respuestas son correctas se tiene un par correcto (Benfor y Lawson, 2001).

Las conclusiones del estudio con que fue diseñado este instrumento indican que una meta de la enseñanza en ciencias es desarrollar las habilidades de razonamiento científico, la asistencia por parte de los profesores para desarrollar estas habilidades puede cambiar el nivel en que se encuentran los alumnos (Benfor y Lawson, 2001). De ahí la importancia de proporcionarles estrategias didácticas que desarrollen dichas habilidades.

El instrumento fue elegido para la investigación porque cuenta con soporte que le brinda validez, y confiabilidad, al ser aprobado para su publicación en el *Journal of Research in Science Teaching* (2001) que es una publicación arbitrada, además que Lawson (2003), continuó su investigación y realizó otra publicación en *Science & Technology Education Library: The neurological basis of learning, development, and discovery: implications for science and mathematics instruction* (2003). Para consultar el instrumento y su manual de codificación véanse Apéndice B y Apéndice H respectivamente.

3.6 Prueba piloto.

La presente investigación se apoyó con tres cuestionarios como instrumento de recolección de datos. Fue necesario hacer una prueba piloto para cada uno. A continuación se describe el objetivo, la forma en que se realizó, los resultados obtenidos y las acciones tomadas a partir de los resultados.

La prueba piloto consiste en administrar el instrumento a una pequeña muestra, se recomienda para la prueba piloto de instrumentos escritos que se simulen las condiciones reales de administración de la mejor manera posible, así como considerar patrones tendenciosos en preguntas o respuestas, y observar atentamente las ambigüedades y redacción confusa (Hernández et al. 2006).

Con base en estas recomendaciones, (véase Tabla 3.2) se enuncian los aspectos más relevantes de la aplicación de la prueba piloto para los tres instrumentos empleados.

Tabla 3.2

Características de la aplicación de la prueba piloto a tres instrumentos.

Objetivo	Someter a prueba el instrumento y las condiciones de aplicación		
Característica	Instrumento		
	Examen de circuitos eléctricos	Test de actitud ante el aprendizaje de la física	Test Lawson de razonamiento
Tamaño de la muestra	8 alumnos	4 alumnos	8 alumnos
Forma en que se llevó a cabo	En el turno matutino a 4 alumnos de dos grupos distintos En su horario de clase.	En el turno matutino los 4 alumnos de un grupo durante una clase sin maestro	En el turno matutino a 4 alumnos de dos grupos distintos. En su horario de clase.
Resultados obtenidos	Lo consideran sencillo Modificaciones mínimas	Lo consideran largo. Modificaciones mínimas	Lo consideran sumamente complicado y largo. Modificaciones mínimas en la hoja de respuestas.
Acciones realizadas a partir de los resultados.	Modificación de la hoja de respuestas. Corrección a la redacción de dos reactivos. Modificación al orden de dos reactivos.	Cambio de las categorías de la escala Likert por unas más accesibles para los alumnos	Considerar los 50 minutos de la sesión mínimo, para contestarlo. Colocar separaciones cada 5 números en la hoja de respuestas.

La tabla 3.2 muestra las características de la aplicación de la prueba piloto a los tres instrumentos seleccionados. La tabla incluye las acciones realizadas a partir de los resultados.

3.7 Aplicación de instrumentos.

Se aplicaron tres instrumentos de recolección de datos a continuación se describe el proceso de aplicación para cada uno.

3.7.1 Pre test-post test de circuitos eléctricos.

El primer instrumento que se aplicó fue el pre test para detectar el nivel de conocimientos en circuitos eléctricos.

La aplicación de todos los instrumentos fue dentro del aula de clase y en el horario establecido para la misma, es decir no se retiraron los alumnos de la muestra a otra instalación, la prueba se aplicó al total de los alumnos de cada grupo y por medio de un folio se detectó a los alumnos incluidos en la muestra.

Antes de aplicar la prueba se verificó que las bancas se encontraran alineadas, que los alumnos contaran con lápices para responder, a los que no tenían se les proporcionó uno, de igual modo se verificó que se contara con el número suficiente de ejemplares del cuestionario para todos los integrantes del grupo.

La aplicación inició solicitando el apoyo a los alumnos para contestar la prueba de circuitos eléctricos. La investigadora expuso las instrucciones de leer las preguntas y contestar en la hoja de respuestas, en seguida con el apoyo de dos alumnos seleccionados al azar, repitieron cada uno las instrucciones de acuerdo a como las habían comprendido. Fue importante mencionarle al grupo que la prueba no forma parte de la calificación del curso pero que si resulta de suma importancia la calidad de las respuestas para poder sugerir mejoras a la forma en que reciben la clase.

En ambos grupos la prueba fue aplicada por la investigadora, por tal razón la aplicación se realizó en dos horarios distintos para el grupo 4°6 se aplicó de 18:00 a 18:50 horas, al terminar se aplicó en el 4°5 de 18:50 a 17:40 horas. Debido a que en este horario los alumnos

ya no cuentan con descanso no les es posible comunicarse unos a otros sobre la prueba aplicada.

La aplicación de la prueba duró aproximadamente 35 minutos por lo que al terminar, continuó la clase.

Al finalizar el proceso de instrucción se aplicó esta misma prueba, como los alumnos ya la conocían la resolvieron en menor tiempo por lo que la aplicación duró en promedio 25 minutos, las condiciones de aplicación fueron similares.

3.7.2 Test de razonamiento.

Las condiciones de aplicación fueron similares, en cuanto a horario y ubicación, la prueba también se aplicó al total de alumnos de los dos grupos y por medio de una numeración se detectó a los que sí formaban parte de la muestra.

Al proporcionar las instrucciones y el objetivo del instrumento los alumnos de antemano se desanimaron pues su autopercepción es que su razonamiento es bajo. Al tener en las manos la prueba expresaron molestia y desagrado pues les pareció que era muy larga, algunos expresaron que durante su estancia en la preparatoria nunca les habían aplicado un examen tan extenso y difícil.

La aplicación duró los 50 minutos de la sesión, sólo algunos comenzaron a entregar a los 35 minutos.

La prueba de razonamiento se aplicó al quinto día de iniciar con la instrucción para cada grupo (experimental y control).

3.7.3 Test de actitudes y creencias ante el aprendizaje de la física.

El instrumento se aplicó en condiciones similares de horario y espacio. La prueba está integrada de aseveraciones que se contestan con cinco categorías de respuesta, para facilitar la

comprensión en la forma de responder la prueba, la instructora planteó dos ejemplos ajenos al instrumento.

No les implicó esfuerzo comprender las instrucciones y la aplicación duró en promedio 30 minutos, por lo que posteriormente fue posible continuar con la clase normal.

3.8 Captura y análisis de datos.

Después de haber recabado todos los datos, es necesario proceder a una depuración. Para facilitar esta operación y realizar un tratamiento satisfactorio de los datos Giroux y Tremblay (2004), recomiendan atribuir a cada medida un código preciso, cuyo significado se indica en un manual de codificación. Cada instrumento aplicado cuenta con su manual de codificación (véanse Apéndices G, H, e I).

La intención de codificar las respuestas es poder trasladar los datos a una matriz que permita hacer un análisis cuantitativo (Giroux y Tremblay, 2004), en dicha matriz se sintetizan todos los datos recopilados por el investigador, para este fin se ha elegido el software Excel®.

En el primer renglón se especifica el número de cada variable medida, mientras que en la primera columna se especifica el número de cada uno de los participantes. A partir del segundo renglón de la matriz, se encuentran los valores específicos de cada una de las variables medidas para cada uno de los elementos estudiados, en el caso de las columnas a partir de la segunda, toda la información corresponde a los valores de una sola y misma variable para cada uno de los elementos (Giroux y Tremblay, 2004).

La validez es la característica de una medida que realmente evalúa lo que debe medir (Giroux y Tremblay, 2004). Los tres instrumentos seleccionados son válidos, en el caso de la prueba de circuitos eléctricos fue realizada para medir aprendizaje conceptual y cuenta con el respaldo de una casa editorial, por su parte, tanto el test de razonamiento como el test de actitudes han sido publicados en revistas arbitradas lo que garantiza que han sido sometidos a

análisis y cuestionamientos además de contar con protocolos formales de investigación en su construcción.

Complementando a la validez, la confiabilidad es el grado en el que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes (Hernández et al. 2006). Es decir que al aplicarse en forma repetida produzca resultados iguales, en este sentido los tres instrumentos se han aplicado a muestras de gran tamaño y han proporcionado resultados consistentes por lo que cumplen el criterio de confiabilidad.

Los datos se interpretan en una primera etapa con estadística descriptiva a través de tablas y gráficas, posteriormente se recurre a la estadística inferencial empleando diversas pruebas.

El aprendizaje en el pre test y en el pos test se compara en los grupos experimental y control a través de tres pruebas distintas: ganancia, prueba *t* de Student, y prueba de Wilcoxon.

Una medida para evaluar la eficacia de un curso en la promoción de la comprensión conceptual es el promedio de ganancia normalizada. La ganancia normalizada se define como la proporción de la ganancia promedio real que se obtiene al restarle la media obtenida en el pos test la media del pre test ($\% \text{ <post> } - \% \text{ <pre>}$) y dividirlo entre el máximo posible de ganancia promedio ($100 - \% \text{ <pre>}$) en el que el 100 representa el máximo puntaje de la prueba (Hake, 1998).

$$\text{Es decir: } g = \frac{(\% \text{ post} - \% \text{ pre})}{(100 - \% \text{ pre})}$$

De acuerdo con Hake (1998), los cursos con ganancia alta son aquellos que obtienen valores iguales o superiores a 0.7 ($g \geq 0.7$), mientras que los cursos con ganancia media oscilan entre 0.7 y 0.3 ($0.3 \leq g < 0.7$), por último los cursos con baja ganancia son los que se encuentran por debajo de 0.3 ($g < 0.3$).

Por medio de la prueba *t* de Student se compara si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias. Para corroborar los resultados se emplea la prueba

de Wilcoxon que analiza el efecto en una variable antes y después de recibir un tratamiento, por lo que también permite comparar el aprendizaje antes y después de los distintos tipos de instrucción.

Para analizar el efecto del género, la edad y las actitudes en el aprendizaje se recurrió a la prueba chi cuadrada que mide la relación entre dos variables categóricas.

Finalmente, para conocer el efecto de la variable estrategia didáctica respecto al aprendizaje, tanto para el grupo control como para el grupo experimental, se utilizó la regresión lineal y la regresión múltiple que evalúan el efecto de una variable o más sobre otra, lo que permite probar hipótesis causales.

Al terminar este capítulo se ha descrito el paradigma cuantitativo bajo el cual se desarrolló la investigación, que concuerda con el diseño experimental que consta de pre test y pos test en un grupo experimental y uno de control. La selección de la muestra fue determinada por las fuentes de invalidación tanto interna como externa.

En función de la pregunta de investigación, los objetivos y la hipótesis planteada se presentaron los temas, categorías e indicadores que se desglosan en los instrumentos de recolección de datos que fueron cuestionarios autoadministrados, por lo que se describieron los objetivos perseguidos por cada uno, así mismo, se presentaron los resultados de la prueba piloto, se describió la aplicación de los instrumentos y finaliza el capítulo con la descripción de la forma en que se llevó a cabo la captura de los datos y la descripción de los análisis estadísticos realizados.

CAPÍTULO 4

Resultados obtenidos.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos al aplicar los tres instrumentos descritos en la metodología a la muestra seleccionada, para ello se divide el capítulo en dos secciones, que son: a) la presentación de los resultados a través de gráficas y tablas de estadística descriptiva; b) el análisis por medio de estadística inferencial con las técnicas que han sido aplicadas en investigaciones previas y se confrontan los resultados con la teoría presentada en el capítulo dos, al mismo tiempo, se propone una interpretación con base en la evidencia empírica.

4.1 Presentación de resultados.

Hernández, Fernández y Baptista (2006) recomiendan presentar en primer término el análisis descriptivo de los datos y posteriormente el análisis inferencial con el que se van contestando las preguntas de investigación, con base en esta sugerencia se presentan en primer término las características de la muestra.

Todos los resultados se han procesado con el software estadístico Data Análisis Plus® versión 4, a excepción del tamaño de la muestra y la generación de números aleatorios que fueron obtenidos con el software estadístico Statstm® versión 2.

4.1.1 Características de la muestra.

La muestra seleccionada está formada por 30 alumnos tanto en el grupo experimental como en el de control. La edad tiene una media para el grupo experimental de 17.23 años con rango de nueve y desviación estándar de 1.63, por su parte el grupo control presenta una media de 17.03, con rango de 4 y desviación estándar de 0.91, la moda para ambos grupos es de 17 años.

Se analizó la actitud, razonamiento y nivel de aprendizaje en ambos géneros. El grupo experimental y el grupo control cuentan, respectivamente, con el mismo porcentaje de hombres 53% y mujeres 47% (véase Figura 4.1). Los porcentajes de hombres y mujeres en la muestra corresponden con la proporción de hombres y mujeres que exhibe la población.

Los aspectos socioeconómicos no se consideran relevantes para este estudio por lo que no fueron indagados. En primer término porque las investigaciones previas (véase sección 2.4) no los consideran relevantes en el aprendizaje por analogías y en segundo término porque el nivel socioeconómico de los alumnos de la preparatoria es medio bajo sin posibilidad de modificarlo.

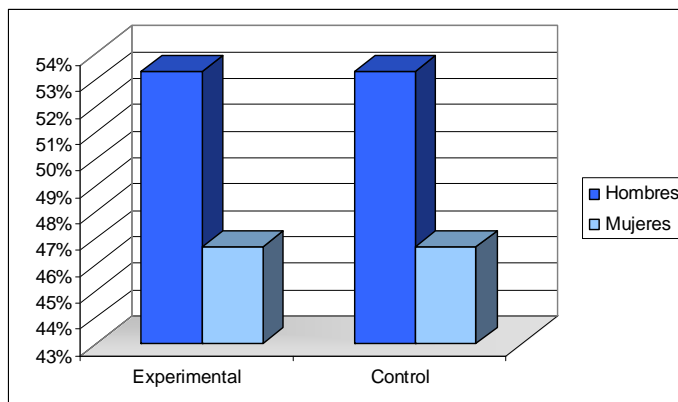


Figura 4.1 Proporción de hombres y mujeres en los grupos experimental y control.

4.1.2 Pre test-pos test de circuitos eléctricos

Con el cuestionario de circuitos eléctricos se recabaron datos de la variable dependiente aprendizaje, antes y después de recibir instrucción por medio de dos estrategias distintas. El valor mínimo posible para la prueba es cero, mientras que el máximo es 15. En la Tabla 4.1 se muestra la estadística descriptiva de esta variable para el grupo experimental, en la que se observa que la media de las mujeres fue de 5.57 en el pre test y de 8.71 en el pos test. Por su parte los hombres presentaron una media de 5.44 en el pre test y de 7.69 en el pos test. El valor

mínimo de aciertos que obtuvo el grupo en el pre test fue de 3 que se incrementó a 5 en el pos test, mientras que el valor máximo pasó de 8 en el pre test a 11 en el pos test.

Tabla 4.1

Estadística descriptiva del aprendizaje de circuitos eléctricos en el grupo experimental.

Parámetro	Pre test			Pos test		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
Media	5.5	5.44	5.57	8.1	7.69	8.71
Moda	5	5.00	4.00	7	8.00	9.00
Desviación estándar	1.48	1.46	1.55	1.44	1.14	1.59
Rango	5	5.00	4.00	6	5.00	5.00
Mínimo	3	3.00	4.00	5	5.00	6.00
Máximo	8	8.00	8.00	11	10.00	11.00
Nivel de confianza (95.0%)	0.55	0.78	0.90	0.53	0.61	0.92

La tabla 4.1 muestra el resumen de estadística descriptiva del aprendizaje obtenido por todo el grupo, hombres y mujeres en el pre test y en el pos test para el grupo experimental.

En cuanto al grupo control, su estadística descriptiva muestra que las mujeres presentaron una media de cinco en el pre test, que es inferior a la de los hombres que fue de 5.56, sin embargo, en el pos test las mujeres rebasaron la media de los hombres que fue de 6.69, obteniendo un valor de 8.21. La desviación estándar del grupo en el pos test fue la más alta con un valor de 1.88, mientras que la más baja fue la de las mujeres en el pre test que se situó en 1.22. El valor mínimo de aciertos se mantuvo constante tanto en el pre test como en el pos test con un valor de 3, mientras que el máximo sí mostró variación al pasar de 9 aciertos en el pre test a 11 en el pos test (véase Tabla 4.2).

Tabla 4.2

Estadística descriptiva del aprendizaje de circuitos eléctricos en el grupo control.

Parámetro	Pre test			Pos test		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
Media	5.33	5.56	5.00	7.4	6.69	8.21
Moda	4	6.00	5.00	7	7.00	8.00
Desviación estándar	1.49	1.71	1.22	1.88	1.78	1.72
Rango	6	6.00	4.00	8	6.00	6.00
Mínimo	3	3.00	3.00	3	3.00	5.00
Máximo	9	9.00	7.00	11	9.00	11.00
Nivel de confianza (95.0%)	0.56	0.91	0.74	0.70	0.95	0.99

La tabla 4.2 muestra el resumen de estadística descriptiva del aprendizaje obtenido por todo el grupo, hombres y mujeres en el pre test y en el pos test para el grupo control.

Los alumnos de la muestra manifestaron un incremento en su aprendizaje. En el pos test, del grupo experimental la media pasó de 5.5 a 8.1, mientras que en el grupo control la media pasó de 5.3 a 7.4. El porcentaje de respuestas correctas en ambos grupos se incrementó del pre test al pos test, si bien el grupo experimental tuvo un incremento del 17%, su porcentaje de aciertos se encuentra en un nivel reprobatorio, lo mismo que el grupo control que tuvo un menor incremento con un valor de 13% (véase Tabla 4.3).

Tabla 4.3

Porcentaje de respuestas correctas en pre test y pos test.

Grupo	Pre test	Pos test	Incremento
Experimental	37%	54%	17%
Control	36%	49%	13%

La tabla 4.3 muestra el porcentaje de incremento de respuestas correctas en el pre test y en el pos test para el grupo control y para el grupo experimental.

Los resultados obtenidos con el pre test y pos test de la prueba de circuitos eléctricos indican que la ganancia que se obtuvo tanto en el grupo experimental como en el grupo control es baja, debido a que su valor es inferior a 0.3, sin embargo, el grupo experimental obtuvo mayor ganancia ($g=0.27$), comparada con la que obtuvo el grupo control ($g=0.22$). Dentro del grupo experimental las mujeres lograron mayor ganancia ($g=0.33$) que los hombres ($g=0.23$), lo que las sitúa en un nivel de ganancia media (véase Apéndice I).

4.1.3 Test de razonamiento.

Con el Test Lawson de razonamiento científico se recabaron datos para dar respuesta a las preguntas de investigación: ¿Qué nivel de razonamiento manifiestan actualmente los estudiantes que cursan Física General?, ¿Difiere el nivel de razonamiento que actualmente manifiestan los estudiantes entre alumnas y alumnos?

El razonamiento analógico es el determinante del estudio, ya que se empleó instrucción analógica que se apoya en este tipo de razonamiento. Se aplicó el Test Lawson de razonamiento científico para determinar el nivel en que se encuentran los alumnos. El mínimo para el test es cero, al no acertar ningún par de respuestas y el máximo es 12 al acertar a todos los pares. La media para el grupo experimental se encuentra en 1.5 lo que indica que los alumnos se encuentran en un nivel de razonamiento empírico inductivo, pues de acuerdo con Benfor y Lawson (2001) este nivel abarca de cero a cuatro pares correctos. La moda indica que lo más común fue sólo un par correcto. En cuanto al grupo control la media fue de 1.03, con la

misma moda. El nivel de razonamiento de los alumnos que participaron en el grupo control también los sitúa en el nivel empírico inductivo. Al observar el rango se aprecia que los máximos pares correctos obtenidos en el grupo control fueron tres contra los cinco del grupo experimental. La desviación estándar más alta se presentó en los hombres del grupo experimental con un valor de 1.31 y la más baja en las mujeres del grupo control que obtuvieron 0.66 (véase Tabla 4.4).

Tabla 4.4.

Estadística descriptiva del nivel de razonamiento de hombres y mujeres.

Parámetro	Experimental		Control	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Media	1.38	1.64	0.94	1.14
Moda	1.00	1.00	1.00	1.00
Desviación estándar	1.31	0.93	0.85	0.66
Rango	5.00	3.00	3.00	2.00
Mínimo	0.00	1.00	0.00	0.00
Máximo	5.00	4.00	3.00	2.00
Nivel de confianza (95.0%)	0.70	0.54	0.46	0.38

La tabla 4.4 muestra el resumen de estadística descriptiva del nivel de razonamiento obtenido por hombres y mujeres en el grupo experimental y en el grupo control.

El Test Lawson permite determinar los grupos conceptuales de conceptos físicos, proporciones, comprensión de variables, probabilidad y capacidades hipotético-deductivas. Se pudo apreciar que el 61% de los alumnos que participaron en el grupo experimental identifican conceptos, pero sólo el 6% identifica variables. En tanto, en el grupo control el 52% identifica conceptos pero hay una mejor identificación de variables con un 14% (véase Figura 4.2).

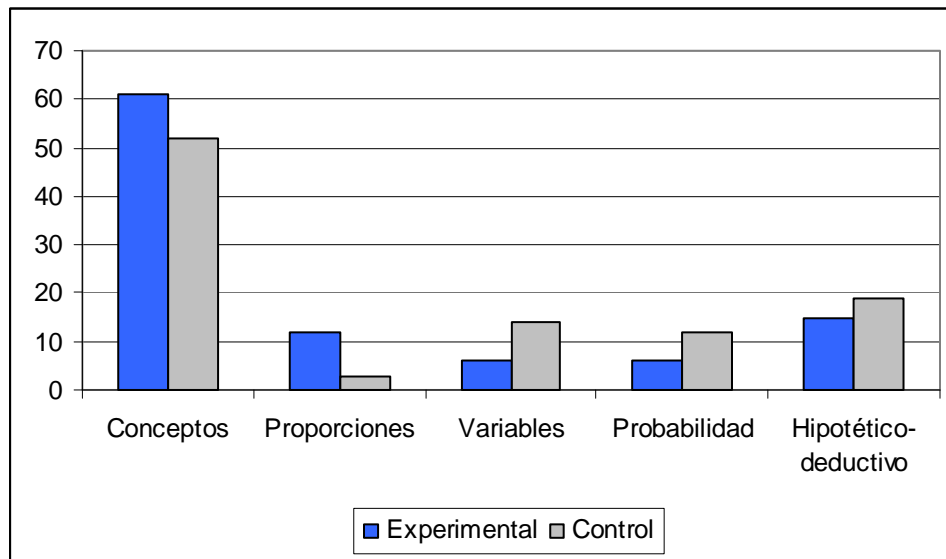


Figura 4.2 Distribución de porcentajes de grupos conceptuales en el grupo experimental y en el grupo control.

4.1.4 Test de actitudes y creencias ante el aprendizaje de la física.

La aplicación del Test Adams permitió obtener la información necesaria para dar respuesta a las preguntas de investigación: ¿Qué nivel de actitud manifiestan los alumnos ante el aprendizaje de la física?, ¿Difiere el nivel de actitud ante el aprendizaje de la física que manifiestan alumnas y alumnos?

La información sobre la actitud se recopiló con una adaptación al español del Adams-New instrument for measuring student beliefs about physics and learning physics – class (Adams et al. 2005) que utiliza una escala en la que 0 representa actitud muy desfavorable y 5 actitud muy favorable.

Desglosando los resultados en hombres y mujeres, se observa que los hombres muestran medias de 3.58 y 3.40 en los grupos experimental y control respectivamente, que son mayores que las que obtuvieron las mujeres de 3.29 y 3.30. Considerando la desviación estándar y la moda se observa que el valor que más se repitió fue tres, que en el instrumento

corresponde a indeciso. En el caso de las mujeres del grupo experimental no se presentó moda, sin embargo, los valores mínimo y máximo se encuentran entre 3.03 y 3.80, lo que indica que sus valores fluctúan igualmente alrededor de tres, es el grupo que presenta la menor desviación con respecto a la media con un valor de 0.24. Con respecto a los valores mínimo y máximo se aprecia que no hay valores inferiores a dos, así como tampoco valores superiores a 4.3 (véase Tabla 4.5).

Tabla 4.5.

Estadística descriptiva de la actitud hacia la física de hombres y mujeres.

Parámetro	Experimental		Control	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Media	3.58	3.29	3.40	3.30
Mediana	3.55	3.20	3.36	3.28
Moda	3.15	#N/A	3.13	3.30
Desviación estándar	0.33	0.24	0.33	0.30
Rango	0.98	0.78	1.30	0.93
Mínimo	3.15	3.03	2.98	2.85
Máximo	4.13	3.80	4.28	3.78
Nivel de confianza (95.0%)	0.17	0.14	0.46	0.38

La tabla 4.5 muestra el resumen de estadística descriptiva de la actitud manifestada por hombres y mujeres en el grupo experimental y en el grupo control.

La presentación de los datos descriptivos permite contar con el referente para proseguir con las técnicas de estadística inferencial que facilitan su análisis.

4.2 Análisis e interpretación de los resultados.

En esta sección se presentan las técnicas de estadística inferencial que han sido aplicadas en investigaciones previas y se confrontan los resultados con la teoría presentada en el capítulo dos, al mismo tiempo que se propone una interpretación con base en la evidencia empírica.

4.2.1 Ganancia.

Una medida para evaluar la eficacia de un curso en la promoción de la comprensión conceptual es el promedio de ganancia normalizada. La fórmula considera cómo se encuentran los estudiantes antes de la prueba y descuenta su efecto en el resultado final (Hake, 1998). La ganancia que se obtuvo tanto en el grupo experimental como en el grupo control es baja, debido a que su valor es inferior a 0.3, sin embargo, el grupo experimental obtuvo mayor ganancia ($g=0.27$) comparada con la que obtuvo el grupo control ($g=0.22$).

Estos resultados indican que las analogías promovieron más la comprensión conceptual que la estrategia basada en modelos matemáticos. El bajo valor de ganancia que obtuvo el grupo experimental se puede explicar porque de acuerdo con Godoy (2002) la instrucción analógica requiere de mayor creatividad por parte del estudiante y de un esfuerzo mayor por parte del profesor para apoyar al estudiante y darle elementos que faciliten la comprensión de los conceptos.

La diferencia en el promedio de aprendizaje de ambos grupos se corroboró con la prueba de Wilcoxon y la prueba t de Student.

4.2.2 Prueba de Wilcoxon para comparar el aprendizaje con el pre test y pos test en el grupo experimental y en el grupo control.

La prueba de Wilcoxon permite analizar el efecto de una variable, que en este caso es el aprendizaje, antes y después de recibir un tratamiento. El tratamiento para el grupo

experimental fue instrucción empleando analogías, mientras que para el grupo control, instrucción empleando modelos matemáticos.

La hipótesis estadística que se probó es que la mediana de las diferencias en el aprendizaje manifestado por los alumnos del grupo experimental en el pre test y pos test es menor que cero ($H_0: md \leq 0$, $H_1: md > 0$), es decir los valores registrados al inicio son menores que los obtenidos después de la instrucción didáctica. La mediana de las diferencias se obtiene después de restar a cada valor del pre test la calificación del pos test de cada individuo. La prueba es de cola derecha por lo que el valor del estadístico z calculado debe ser menor al valor de z crítica para que se acepte la hipótesis. El valor de z calculada para el grupo experimental es menor que el valor de z crítica. Para el grupo control se probó la misma hipótesis que para el grupo experimental. Para dicho grupo la z calculada es menor que la z crítica. El valor de z crítica (véase Tabla 4.6) se obtuvo con $\alpha = 0.05$ y $n=30$ para los grupos experimental y control (véase Apéndice J para prueba completa).

Tabla 4.6

Resultados de la prueba de Wilcoxon para el grupo experimental y control.

<i>Grupo</i>	<i>Z Calculada</i>	<i>n</i>	<i>α</i>	<i>Z Crítica</i>
<i>Experimental</i>	<i>-4.44</i>	<i>30</i>	<i>0.05</i>	<i>-1.64</i>
<i>Control</i>	<i>-3.54</i>			

La tabla 4.6 muestra los valores de Z calculada y Z crítica en los grupos experimental y control al aplicar la prueba de Wilcoxon.

Una vez que se detectó con la prueba de Wilcoxon, que hubo un incremento en el aprendizaje en los dos grupos, se utilizaron los resultados para comparar las medias del grupo experimental y del grupo control utilizando la prueba t .

4.2.3 Comparación de medias de muestras dependientes.

Esta prueba permite comparar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a su media, por lo que resulta de gran utilidad para comparar la media del aprendizaje obtenido al final de la instrucción, con las dos estrategias didácticas empleadas. La hipótesis estadística que se probó fue que no existe diferencia entre el promedio de aprendizaje del grupo experimental (uno) y el grupo control (dos) ($H_0: \bar{X}_1 = \bar{X}_2$, $H_1: \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$).

Para aceptar la hipótesis nula el estadístico t debe ser mayor que el valor crítico de t . Con 29 grados de libertad y un nivel de confianza del 0.05 t de Student = 1.99 que es menor que el valor crítico de $t=2.05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula (véase Tabla 4.7) y se confirma la hipótesis de que existen diferencias significativas del grupo experimental con respecto al grupo control (véase Apéndice K para prueba completa).

Tabla 4.7

Resultados de la aplicación de la t de Student al pos test.

Grupo	\bar{X}	" t " de Student	Grados de libertad	p
Experimental	8.17			
		1.99	29	0.03
Control	7.40			

La tabla 4.7 muestra los valores de las medias de nivel de aprendizaje del grupo experimental y control al aplicar la prueba t .

Estos resultados indican que los alumnos que recibieron instrucción didáctica con analogías, obtuvieron mayor porcentaje de respuestas correctas en la evaluación de circuitos eléctricos, lo que coincide con los resultados obtenidos en investigaciones previas (Moro, et al. 2007; Zamorano, et al. 2006) que utilizaron instrucción analógica, sin embargo, el incremento de aprendizaje sitúa a los alumnos en niveles reprobatorios, es decir, aún cuando se incrementó el

porcentaje de respuestas correctas en el pos test comparado con el pre test (véase Tabla 4.3), los alumnos no acceden a niveles de suficiencia académica.

El bajo índice de ganancia coincide con los resultados de Hake (1998) quién determinó que los cursos con bajo compromiso interactivo por parte del alumno no promueven la comprensión conceptual. Al recibir las analogías por enfoque transmisivo los alumnos tuvieron bajo compromiso interactivo.

Tanto la prueba de Wilcoxon como la comparación de medias de muestras dependientes indican que los alumnos que recibieron instrucción analógica manifestaron un promedio de aprendizaje mayor en el pos test que aquellos que recibieron instrucción en base a modelos matemáticos (véase Tabla 4.7) este resultado coincide con la investigación realizada por Aragón et al. (2005) que indica que la comprensión de analogías influye positivamente en la resolución de tareas, de igual modo, coincide con los resultados presentados por Moro et al. (2007) que manifiestan que un grupo instruido a través del modelo didáctico analógico conceptualiza mejor ya que la analogía brinda al alumno la posibilidad de establecer una relación causal de los conceptos involucrados y con ello se presenta una mejor comprensión del formalismo matemático involucrado.

El grupo experimental manifestó un incremento de aprendizaje pero aún así, lo sitúa en un nivel reprobatorio (véase Tabla 4.3), este resultado puede apreciarse desde la perspectiva de la investigación realizada por Oliva (2003), que determinó que la mayoría de las analogías incluidas como estrategia didáctica se presentan bajo un enfoque transmisivo que está muy lejos de un aprendizaje concebido como proceso de construcción y una vez que se introduce la analogía se fomenta escasamente su uso en el alumnado por lo que raras veces se explota más de un punto de similitud entre el objeto y el análogo. Debido a la escasez de tiempo, no fue posible que los alumnos construyeran sus propias analogías, sólo recibieron el modelo

analógico propuesto por la docente que aparece en el plan de clase para el grupo experimental (véase Apéndice D).

De acuerdo con McDermott (1993) los estudiantes necesitan participar en el proceso de construcción de modelos cualitativos que pueden ayudar a comprender las diferencias y relaciones entre conceptos, por lo que la analogía preconstruida que se expone de modo transmisivo no involucra al alumno y provoca que a falta de un modelo conceptual que sirva de base a las predicciones los alumnos recurran a la intuición o a las formulas. También menciona que aproximadamente el 40% de los estudiantes utiliza el álgebra para encontrar el equivalente de las resistencias en circuitos serie y paralelo, también para sustituir los valores en la fórmula para la potencia disipada en una resistencia, y los resultados asociados con el brillo de cada uno de los focos en serie y paralelo. Tales errores revelan el fracaso para diferenciar entre dos conceptos relacionados: la resistencia de un elemento y la resistencia equivalente de una red que contengan ese elemento.

A pesar de que McDermott (1993) determinó la preferencia de los alumnos por utilizar álgebra los alumnos del grupo control que recibieron instrucción basada en modelos matemáticos lograron un menor incremento en su aprendizaje (véase Tabla 4.3), este resultado coincide con su investigación que indica que sólo el 15% de los estudiantes de un curso típico de cálculo impartido con una estrategia tradicional es capaz de obtener respuestas correctas después de la instrucción. Lo que confirma que el enfoque transmisivo y la instrucción basada en modelos matemáticos no involucra significativamente al alumno en su aprendizaje, lo que coincide con la investigación de Redish y Steinberg (1999) quienes mencionan que para solucionar adecuadamente los problemas físicos hace falta más que la agilidad con manipulaciones matemáticas y un buen conocimiento de conceptos.

McDermott (1993), ha comprobado que la estrategia basada en modelos cualitativos de circuitos eléctricos ayuda a los estudiantes a distinguir conceptos y a relacionarlos. La

utilización de los tutoriales para física introductoria fue con la intención de ayudar a los alumnos en la construcción de dicho modelo, sin embargo, al no concluir con todo el material instruccional de la unidad de circuitos eléctricos propuesto en los tutoriales, no es posible determinar su influencia. Por otra parte, la instrucción analógica permitió aplazar la utilización de formulas matemáticas hasta que se produjo una comprensión cualitativa, lo que explica el incremento de aprendizaje del grupo experimental y coincide con la apreciación de la autora mencionada de que resulta eficaz aplazar el uso de formulas hasta lograr la comprensión del concepto, sin que por ello se vea afectada la manipulación cuantitativa de la solución de problemas.

Los resultados obtenidos en el incremento de aprendizaje empleando la estrategia didáctica basada en analogías están afectados por factores tales como el género del estudiante, la edad, el nivel de razonamiento y su actitud para aprender la asignatura por lo que a continuación se analiza cada uno.

4.2.4 Chi cuadrada pruebas de independencia.

Los factores que se considera que pueden influir en el aprendizaje son la edad, el género, la actitud y el nivel de razonamiento, por tal razón se realizó la prueba de independencia con cada uno de ellos y el nivel de aprendizaje manifestado por los alumnos tanto en el grupo experimental como en el grupo control en el pos test.

La hipótesis estadística que se verifica con esta prueba es que las variables son independientes, si la hipótesis es rechazada se tiene evidencia estadística de que las variables son dependientes y que por lo tanto el comportamiento del factor elegido sí influye en el aprendizaje.

La prueba se apoya en tablas de contingencia donde se relacionan los factores a probar. El nivel de confianza elegido para la prueba fue de 5%, con una muestra de 30 estudiantes.

La primera relación que se analiza es aprendizaje y género. De acuerdo con los resultados obtenidos (véase Tabla 4.8) se acepta la hipótesis estadística, ya que χ^2 calculada es menor que χ^2 (6, N=30)=12.59, $p < .23$, por lo que se puede concluir que el género y el aprendizaje son variables independientes. Las mujeres del grupo experimental mostraron en promedio mayor aprendizaje que los hombres en el pos test (véase Tabla 4.1) pero el resultado estadístico indica que no hay dependencia entre género y aprendizaje.

Tabla 4.8

Tabla de contingencia entre el aprendizaje y el género.

Genero	Aprendizaje							Total
	5	6	7	8	9	10	11	
Masculino	1	0	6	6	2	1	0	16
Femenino	0	1	3	2	3	3	2	14
Total	1	1	9	8	5	4	2	30

La tabla 4.8 muestra (en el aprendizaje) los aciertos obtenidos en los 15 reactivos de la prueba de circuitos eléctricos por alumnos y alumnas del grupo experimental en el pos test.

A continuación se analiza la relación entre aprendizaje y razonamiento. Los resultados obtenidos (véase Tabla 4.9) indican que se rechaza la hipótesis estadística, ya que χ^2 calculada es mayor que χ^2 (30, N=30) = 43.77, $p < .01$ por lo que se puede concluir que el aprendizaje depende del nivel de razonamiento del alumno.

De acuerdo con McDermott (1993) el desarrollo de la habilidad de razonamiento no es el resultado de la instrucción tradicional, en particular, las habilidades de razonamiento científico se deben cultivar de forma específica. Esto explica que el bajo nivel de aprendizaje está relacionado con que el 97% de la muestra presenta un nivel de razonamiento empírico inductivo (véase Tabla 4.4). Ayala (2001) también coincide en que el razonamiento, requiere

entrenamiento. McDermott (1993), determinó que un factor importante en las dificultades que tienen los estudiantes con algunos conceptos es la imposibilidad de hacer el razonamiento cualitativo necesario para aplicar el concepto. A menudo es imposible separar las dificultades con los conceptos de las dificultades con el razonamiento. Un error puede ser un síntoma subyacente de un razonamiento conceptual o dificultad, o una combinación de ambos.

Los errores que los alumnos mostraron en la prueba de circuitos eléctricos en el post test (véase Tabla 4.3) se pueden explicar por que predecir el efecto de un cambio en un circuito requiere un nivel más sofisticado de razonamiento holístico, que hasta el momento no han desarrollado (McDermott, 1993).

Tabla 4.9

Tabla de contingencia entre el aprendizaje y el razonamiento.

Razonamiento	Aprendizaje							Total
	5	6	7	8	9	10	11	
0	1		3					4
1		1	6	5	2			14
2				3	2	3		8
3					1		1	2
4							1	1
5						1		1
Total	1	1	9	8	5	4	2	30

La tabla 4.9 muestra (en el aprendizaje) los aciertos obtenidos en los 15 reactivos de la prueba de circuitos eléctricos y la cantidad de pares correctos en el test de razonamiento del grupo experimental en el pos test.

Según Piaget los procesos mentales cambian desde el nacimiento hasta la madurez, a esto se le conoce como desarrollo cognoscitivo (Woolfolk, 2000). Los contenidos de la ciencia se logran entender con las características que Inhelder y Piaget (1955, citado por Villarreal y Grajales, 2005) atribuyen al pensamiento formal. Entre los 14 a 17 años, de acuerdo con la teoría de Piaget, se desarrollan las estructuras lógico – formales, por lo que la siguiente relación que se analiza es aprendizaje y edad.

De acuerdo con los resultados obtenidos (véase Tabla 4.10) se acepta la hipótesis estadística, ya que χ^2 calculada es menor que χ^2 (18, N=30)=28.87, $p < .86$, y se puede concluir que la edad y el aprendizaje son variables independientes. Al respecto Onrubia (2003) comenta que en investigaciones posteriores a Piaget se muestra que el pensamiento formal está formado por un conjunto relativamente heterogéneo de estrategias o esquemas cuya adquisición y puesta en marcha dependen del conocimiento y experiencia previa de las personas en ámbitos específicos, así como de su implicación en determinados contextos y actividades por lo que no todos los individuos alcanzan el nivel de pensamiento formal incluso en la edad adulta.

Tabla 4.10

Tabla de contingencia entre el aprendizaje y la edad.

Edad	Aprendizaje							Total
	5	6	7	8	9	10	11	
16			2	3	2		1	8
17	1		5	3	2	2	1	14
18		1	2	1	1	2		7
25				1				1
Total	1	1	9	8	5	4	2	30

La tabla 4.10 muestra (en el aprendizaje) los aciertos obtenidos en los 15 reactivos de la prueba de circuitos eléctricos y la edad de los alumnos del grupo experimental en el pos test.

McDermott, (1993) confirmó la creencia de que la física es demasiado difícil para la mayoría de la gente, por lo que a continuación se analiza la relación entre el aprendizaje y la actitud ante la física.

La hipótesis estadística se acepta, en función de los resultados obtenidos (véase Tabla 4.11), ya que χ^2 calculada es menor que χ^2 (6, N=30)=12.59, $p < .43$, y se puede concluir que la actitud y el aprendizaje son variables independientes.

Se sabe que el interés personal para aprender física difiere sustancialmente entre hombres y mujeres (Adams et al., 2005), de igual modo, se tiene conocimiento de que la opinión por la física se deteriora después de un curso impartido bajo un enfoque discursivo (McDermott, 1993) y que la probabilidad de que un alumno logre acceder a un curso superior de física está fuertemente correlacionado con su interés personal (Adams et al., 2005), pero no se tiene evidencia de la relación entre aprendizaje y actitud.

Resulta relevante que el interés y las creencias del estudiante sobre el aprendizaje de la física se deterioran con las prácticas pedagógicas tradicionales (Adams et al., 2005), por ello se debe centrar más la atención en el estudiante y buscar estrategias de enseñanza que demanden su participación activa en la construcción del conocimiento (McDermott, 1993). Al respecto Redish y Steinberg (1999) mencionan que se debe escuchar a los estudiantes para comprender la manera en que piensan, solo así se podrá entender cómo es que los estudiantes aprenden física para mejorar los cursos de manera significativa.

El test de actitud se aplicó después de recibir la instrucción analógica por lo que no es posible comparar la actitud que manifestaban los alumnos antes y después, además de que el periodo de instrucción fue muy corto como para causar un impacto en las creencias del alumnado. En futuras investigaciones será conveniente indagarlo.

Tabla 4.11

Tabla de contingencia entre el aprendizaje y la actitud.

Actitud	Aprendizaje							Total
	5	6	7	8	9	10	11	
3		1	3	5	4	3	1	17
4	1	0	6	3	1	1	1	13
Total	1	1	9	8	5	4	2	30

La tabla 4.11 muestra (en el aprendizaje) los aciertos obtenidos en los 15 reactivos de la prueba de circuitos eléctricos y la actitud de los alumnos registrada en el Test Adams del grupo experimental en el pos test.

A diferencia de los resultados obtenidos con el grupo experimental, en el grupo control todas las variables se comportan de manera independiente al aprendizaje (véase Tabla 4.12), es decir, que aún cuando se modifique alguna de ellas no se tendrán cambios en el aprendizaje. La evidencia estadística indica que no existe dependencia entre el género, edad, razonamiento

y actitud con el aprendizaje que mostraron los alumnos del grupo control (véase Apéndice L para prueba completa).

Tabla 4.12

Valor crítico y calculado para X^2 en pruebas de independencia con el nivel de aprendizaje para el grupo control en el pos test.

X^2	Edad	Género	Razonamiento	Actitud
Crítica	28.8	12.5	28.8	12.59
Calculada	15.2	8.1	20.8	9.7

La tabla 4.12 muestra los valores crítico y calculado de X^2 para las pruebas de independencia entre aprendizaje y las variables edad, género, razonamiento, actitud.

Para corroborar los resultados de las pruebas de independencia se realizó un análisis de correlación con todas las variables y con cada una.

4.2.5 Regresión.

Las pruebas de independencia estadística indican que no existe dependencia entre el nivel de aprendizaje que manifiestan los alumnos del grupo experimental con la edad, el género y la actitud, por lo que sólo se tiene evidencia de que el aprendizaje depende del nivel de razonamiento.

Para corroborar estos datos se realizó una prueba de correlación múltiple en la que se considero al aprendizaje como variable dependiente, mientras que actitud, edad, género y nivel de razonamiento se consideraron como variables independientes.

El coeficiente de correlación múltiple indica que la correlación es fuerte y positiva pues su valor se acerca a uno, los valores crítico y calculado de F en el análisis de varianza indican que

la regresión es significativa lo que implica que las variables elegidas si permiten estimar el comportamiento de la variable dependiente.

En cuanto a los valores del estadístico “t”, todos son mayores a dos por lo que se puede inferir que los coeficientes obtenidos para generar la ecuación son significativos. Con los coeficientes obtenidos se plantea la ecuación: $y = 11.55 - 1.15x_1 - 0.06x_2 + 0.67x_3 + 0.87x_4$ que permite estimar el nivel de aprendizaje que obtendrá un alumno si se conocen los valores de las cuatro variables consideradas.

La interpretación de la ecuación indica que por cada punto que se incremente la actitud, el aprendizaje disminuirá en 1.15 mientras las otras variables se mantengan constantes; por cada año extra en la edad el aprendizaje disminuye en 0.06 cuando las otras variables son constantes. Debido a que las mujeres obtuvieron mayores puntajes en el aprendizaje la ecuación indica que el género incrementa el aprendizaje en 0.67, de igual modo, por cada punto adicional en el razonamiento el aprendizaje incrementa en 0.87 manteniendo constantes a las otras variables (véase Apéndice M para prueba completa). Los resultados que se obtuvieron corresponden a los datos que se recabaron en la muestra. El aprendizaje disminuye cuando la actitud aumenta porque las mujeres obtuvieron mejor puntuación en la prueba de aprendizaje pero fueron las que obtuvieron menores niveles de actitud por lo que esto explica su relación inversa, por otra parte, los alumnos de mayor edad fueron los que tuvieron menor puntuación en la prueba de aprendizaje lo que también explica la relación inversa.

La regresión múltiple aporta información de la relación entre una variable dependiente y múltiples variables independientes en forma combinada, sin embargo, es pertinente aislar el efecto de cada variable con la variable dependiente por medio de análisis de regresión lineal.

Los resultados (véase Tabla 4.13) confirman que sólo la relación de aprendizaje y razonamiento alcanza un coeficiente de correlación lineal fuerte, posteriormente el género, la

actitud y finalmente la edad. Debido a que la correlación se considera fuerte entre más cercana sea a uno se aprecia que la edad es la variable con menor relación.

Tabla 4.13

Coefficientes de correlación entre aprendizaje y cuatro variables del grupo experimental en el pos test

	Actitud	Edad	Género	Razonamiento
Aprendizaje	0.46	.046	0.78	0.89

La tabla 4.13 muestra los coeficientes de correlación lineal entre aprendizaje y las variables edad, género, razonamiento, actitud en el grupo experimental en el pos test.

En el grupo control el coeficiente de correlación múltiple es cercano a cero e indica que la correlación es débil, lo que significa que las variables independientes no explican el aprendizaje de los alumnos. A pesar de que en el análisis de varianza de la regresión el valor de F es mayor que el valor de F crítica, lo que sugiere que la regresión es significativa, los valores del estadístico "t" para los coeficientes indican que sólo el género es significativo pues su valor es superior a dos, mientras que los otros no rebasan dicho valor.

La ecuación que se obtiene es: $y = -0.05 + 1.23x_1 - 0.05x_2 + 0.2x_3 + 1.07x_4$. En virtud de que la correlación es débil la ecuación no permite estimar el nivel de aprendizaje que obtendrá un alumno del grupo control al conocer los valores de las cuatro variables consideradas.

Los resultados de la regresión múltiple son prácticamente opuestos a los del grupo experimental, los alumnos con mejor razonamiento fueron los que tuvieron menor aprendizaje lo que puede sugerir que a pesar del buen razonamiento no se implicaron con el aprendizaje del tema, por otra parte, los alumnos de mayor edad sí obtuvieron mayor aprendizaje y finalmente la diferencia de actitud entre hombres y mujeres en este grupo es mínima por lo que a mejor

actitud que manifiestan los hombres el aprendizaje aumenta aunque no en la misma medida que en las mujeres que tuvieron mayor aprendizaje (véase Apéndice N).

Los coeficientes de correlación lineal son débiles (véase Tabla 4.14), ya que su valor es cercano a cero, por lo que se puede indicar que en el grupo control no se detectan correlaciones entre las variables seleccionadas y el aprendizaje.

Tabla 4.14

Coeficientes de correlación entre aprendizaje y cuatro variables del grupo control en el pos test.

	Actitud	Edad	Género	Razonamiento
Aprendizaje	0.16	.07	0.36	0.05

La tabla 4.14 muestra los coeficientes de correlación lineal entre aprendizaje y las variables edad, género, razonamiento, actitud en el grupo control en el pos test.

Los resultados obtenidos en la regresión múltiple corroboran los resultados de Oliva y Aragón (2006), en el sentido de que se debe continuar investigando la instrucción basada en analogías ya que existe disparidad de resultados al emplearlas, si bien los alumnos mostraron un mayor incremento en su aprendizaje comparado con el grupo control, la estrategia no produjo niveles de aprendizaje aprobatorios.

Oliva (2003), menciona que habitualmente se presentan inconvenientes en la aplicación de las analogías en el aula, algunas dependen del proceso de selección, otras del enfoque. En este caso la analogía empleada para los circuitos eléctricos fue el circuito hidráulico propuesto por Torrens (2007), que aunque es clásica tiene, de acuerdo con Zamorano et al. (2006), inconvenientes para representar la diferencia de potencial como una diferencia de presión porque no resulta un concepto intuitivo para los alumnos. Otro inconveniente que pudo impactar en los resultados obtenidos fue el enfoque transmisivo. Debido a la escasez de tiempo la analogía fue expuesta por la investigadora y con ayuda del grupo se elaboró el organizador de

información propuesto por Ayala (2001), sin embargo, no fue posible que los alumnos construyeran sus propias analogías con su respectivo organizador de información, lo que provocó que hubiera menor compromiso intelectual en la construcción del aprendizaje.

Aunque también se utilizó el modelo analógico propuesto por Zamorano et al. (2006) para reforzar la comprensión del comportamiento de la corriente y la resistencia eléctrica, los alumnos continuaron sin comprender la relación inversa entre ellas.

Podolefsky y Finkelstein (2007b), mencionan que el uso de analogías en la enseñanza de la física es muy común, pero es necesario comprender claramente cómo funcionan las analogías, así como cuando y por qué las analogías son productivas para aprender física. La enseñanza con analogías ha demostrado ser útil para aprender, pero no siempre, y las razones para esta inconsistencia no se comprenden claramente, sin embargo, detectaron que la comprensión de la analogía y el aprendizaje que se obtiene con su uso depende de factores inherentes al razonamiento del estudiante.

Un resultado relevante relacionado con el género es que aunque las mujeres tuvieron mayor aprendizaje y mayor razonamiento, tanto en el grupo experimental como en el grupo control en el pos test, su actitud es más cercana a la indiferencia, es decir que a pesar de que la física no se les dificulta, no les interesa, tal como lo mencionan Hazar et al. (2007) al indicar que son menos las mujeres que se interesan por estudiar física como opción profesional y sin embargo el 50% de la población en edad de cursar el nivel medio superior son mujeres (INEGI, 2005) lo que implica que se puede perder mucho talento de no revertir la tendencia actual.

Al concluir con el análisis e interpretación de los resultados se puede mencionar que se cumplieron los objetivos propuestos. El razonamiento de los alumnos que cursan Física General es inductivo, sí existen diferencias en el razonamiento de hombres y mujeres, teniendo éstas últimas mejores resultados.

Con respecto a la actitud, se encuentran en valores cercanos a la indiferencia, presentando las mujeres una actitud con mayor tendencia a desfavorable.

Al comparar el aprendizaje que obtuvieron los alumnos que recibieron instrucción analógica con el aprendizaje que mostraron los alumnos que recibieron instrucción basada en modelos matemáticos se comprobó que fue mayor el del grupo que recibió instrucción analógica, aun cuando su nivel de aprendizaje es reprobatorio.

Las pruebas de independencia estadística permitieron identificar que el único factor que influye en el aprendizaje empleando analogías como estrategia didáctica es el nivel de razonamiento, mientras que el grupo que recibió instrucción con la estrategia apoyada en modelos matemáticos demostró independencia de todas las variables por lo que no se tiene ningún factor que influya en el aprendizaje de manera individual.

Finalmente, se puede afirmar que se aprobó la hipótesis de investigación, por lo que se puede asegurar que los factores que influyen en el razonamiento analógico como estrategia didáctica generan mayor aprendizaje en la asignatura de Física General comparado con el que se obtiene al emplear la estrategia basada en modelos matemáticos.

Al término de este capítulo se dieron a conocer los principales resultados obtenidos con la aplicación de instrumentos a través de estadística descriptiva, posteriormente con las técnicas de estadística inferencial se analizaron los datos y se interpretaron al confrontarlos con la teoría. Con esta información fue posible demostrar que se cumplieron los objetivos, por lo que la hipótesis de investigación fue aprobada y se puede asegurar que el razonamiento es el único factor que influye en el aprendizaje utilizando analogías y que éste, es mayor que el obtenido con los modelos matemáticos propuestos por el plan de estudios vigente.

Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones

En este capítulo se presentan las respuestas a las preguntas de investigación a partir de los hallazgos detectados en el análisis de resultados y las implicaciones que éstos tienen. Con esta información se describe como se cumplieron los objetivos y se detalla la comprobación de la hipótesis. Finalmente se emiten recomendaciones para la aplicación de los resultados y futuras investigaciones.

5.1 Conclusiones.

Los hallazgos detectados en el análisis de resultados permiten responder las preguntas de investigación. La pregunta general de investigación fue: ¿Qué factores influyen en el aprendizaje empleando analogías como estrategia didáctica comparado con el aprendizaje obtenido al emplear la estrategia didáctica basada en modelos matemáticos? Para la cual se detectó, a través de pruebas de independencia estadística, que el único factor que influye en el aprendizaje empleando analogías como estrategia didáctica es el nivel de razonamiento ya que X^2 calculada es mayor que X^2 (30, N=30) = 43.77, $p < .01$ (véase Tabla 4.9), lo que se corroboró con pruebas de correlación que arrojaron una correlación fuerte y positiva entre aprendizaje y razonamiento con un valor de 0.89 (véase Tabla 4.13).

El resultado implica que el nivel de aprendizaje manifestado después de recibir instrucción analógica está relacionado con que el 97% de la muestra presenta un nivel de razonamiento empírico inductivo con media de 1.5 (véase Tabla 4.4) y coincide con el resultado de McDermott (1993), quien determinó que un factor importante en las dificultades que tienen los estudiantes con algunos conceptos es la imposibilidad de hacer el razonamiento cualitativo necesario para aplicar el concepto. El 64% de respuestas erróneas que los alumnos mostraron en la prueba de circuitos eléctricos en el post test (véase Tabla 4.3) se puede explicar porque predecir el efecto de un cambio en un circuito requiere un nivel más sofisticado de razonamiento holístico, que hasta el momento no han desarrollado (McDermott, 1993). El resultado también

implica que la comprensión de la analogía y el aprendizaje que se obtiene con su uso, depende de factores inherentes al razonamiento del estudiante (Podolefsky y Finkelstein, 2007b).

La primera pregunta de investigación fue: ¿Qué nivel de razonamiento manifiestan actualmente los estudiantes que cursan Física General? Los resultados demuestran que el nivel de razonamiento de los alumnos tanto del grupo experimental como del grupo control es empírico inductivo, con una moda de un solo par correcto en el Test Lawson de razonamiento que cuenta con 12 pares posibles (véase Tabla 4.4).

El nivel empírico inductivo implica que la posibilidad del alumnado de aprender los conceptos físicos y de lograr aprendizaje conceptual es mínima. De acuerdo con McDermott (1993), la instrucción tradicional no favorece el desarrollo de la habilidad de razonamiento. Por otra parte, Ayala (2001) indica que el razonamiento es una habilidad que debe desarrollarse por medio de entrenamiento. Los resultados indican que los alumnos no han recibido dicho entrenamiento. Las dificultades conceptuales que los alumnos mostraron para comprender el funcionamiento de los circuitos eléctricos tienen como base la imposibilidad de hacer el razonamiento cualitativo necesario (McDermott, 1993).

Podolefsky y Finkelstein, (2006) detectaron que el aprendizaje con analogías no siempre es exitoso debido a que no todos los alumnos son capaces de hacer las representaciones mentales adecuadas de los conceptos por dificultades de razonamiento. Lo que coincide con los resultados obtenidos en este estudio que demuestran que el grupo experimental logró incrementar su aprendizaje pero se mantiene en niveles reprobatorios.

La siguiente pregunta de investigación fue: ¿Difiere el nivel de razonamiento que actualmente manifiestan los estudiantes entre alumnas y alumnos?, para la que se detectó que sí existe diferencia. Las mujeres presentaron un mayor nivel de razonamiento. En el grupo experimental los hombres tuvieron una media de 1.38 mientras las mujeres alcanzaron 1.64, por su parte en el grupo control las medias fueron 0.94 y 1.14 respectivamente (véase Tabla 4.4). El nivel de razonamiento de hombres y mujeres es empírico inductivo, ya que sólo alcanzan en

promedio un par correcto de los 12 posibles del instrumento Test de Razonamiento Lawson. A pesar de que las mujeres tienen medias ligeramente superiores a la de los hombres su nivel no supera el empírico inductivo.

De acuerdo con Benfor y Lawson (2001) tanto el rendimiento en las pruebas de razonamiento científico, como las habilidades de razonamiento analítico permiten predecir que los alumnos tendrán dificultades para la comprensión de conocimientos científicos, ya que manifestaron bajo rendimiento en el Test Lawson.

Otra pregunta de investigación fue: ¿qué nivel de actitud manifiestan los alumnos ante el aprendizaje de la física?, con base en los hallazgos de la investigación se puede indicar que el nivel de actitud que manifiestan los alumnos es cercano a la indiferencia con tendencia a una actitud favorable pues registran una media de 3.45 en el grupo experimental y 3.35 en el grupo control, en una escala en la que 0 representa actitud muy desfavorable y 5 actitud muy favorable. Esta información se recolectó con una adaptación al español del Adams-New instrument for measuring student beliefs about physics and learning physics – class (Adams et al. 2005). El resultado implica que los alumnos no consideran a la física como una materia atractiva pues el valor registrado no alcanza el cuatro que es favorable.

A continuación la pregunta: ¿difiere la actitud ante el aprendizaje de la física que manifiestan alumnas y alumnos?, que de acuerdo con los hallazgos, se puede responder afirmativamente. Sí existe diferencia en el nivel de actitud que manifiestan, con medias de 3.58 para los hombres y 3.29 para las mujeres en el grupo experimental, así como 3.4 en promedio para los hombres del grupo control y 3.3 de las mujeres del mismo grupo (véase Tabla 4.5). Este resultado implica que las mujeres consideran menos atractiva a la física y concuerda con el obtenido por Adams et al. (2005), quienes detectaron que hay diferencias sustanciales entre hombres y mujeres en el estudio de la física, de igual modo Hazar, Tai y Sadler (2007), determinaron que los factores afectivos y la preparación previa determinan que menos mujeres se interesen por la física y muestren menor interés por estudiarla como una opción profesional.

En relación al aprendizaje se planteó la pregunta: ¿es independiente el aprendizaje que manifiestan los alumnos del tipo de instrucción que recibieron?, a lo que se puede responder que no. No es independiente el aprendizaje que manifiestan los alumnos del tipo de instrucción que recibieron. Los resultados derivados del pre test y pos test de la prueba de circuitos eléctricos, que constó de 15 reactivos, indican que la ganancia que se obtuvo tanto en el grupo experimental como en el grupo control es inferior a 0.3, sin embargo, el grupo experimental logró mayor ganancia ($g=0.27$), comparada con la que obtuvo el grupo control ($g=0.22$). Lo que deja de manifiesto que se adquirió mayor aprendizaje en el grupo experimental que recibió instrucción analógica durante dos semanas en las que se impartió el tema de circuitos eléctricos. Mientras tanto, los alumnos del grupo control recibieron instrucción con modelos matemáticos sobre el mismo tema por el mismo periodo de tiempo, ambos grupos utilizaron los tutoriales para física introductoria durante dos sesiones para concluir la instrucción. El resultado implica que las analogías promovieron mayor comprensión conceptual que la estrategia basada en modelos matemáticos.

Los resultados obtenidos con la ganancia coinciden con el resultado de aplicar la prueba de Wilcoxon que indica que en el grupo experimental y en el grupo control se registró un incremento de aprendizaje en el pos test (véase Tabla 4.6). Por otra parte, al aplicar la prueba t para comparar la diferencia de medias entre los dos grupos en el pos test, se detectó que los alumnos del grupo experimental registraron mayor aprendizaje (véase Tabla 4.7), sin embargo, se mantienen en un nivel reprobatorio.

Los datos coinciden con la investigación realizada por Aragón et. al (2005) que indica que la comprensión de analogías influye positivamente en la resolución de tareas, de igual modo, coincide con los resultados presentados por Moro et. al (2007) que manifiestan que un grupo instruido a través del modelo didáctico analógico conceptualiza mejor ya que la analogía brinda al alumno la posibilidad de establecer una relación causal de los conceptos involucrados y con ello se presenta una mejor comprensión del formalismo matemático involucrado. Esto

implica que sí existe modificación en el aprendizaje dependiendo de la estrategia didáctica utilizada, la instrucción analógica logró mejores resultados en el pos test aún cuando los alumnos continúan en un nivel reprobatorio lo que se puede explicar porque los alumnos no participaron en la construcción de las analogías, las recibieron por parte de la investigadora y de acuerdo con McDermott (1993) la analogía preconstruida que se expone de modo transmisivo no involucra al alumno y provoca que a falta de un modelo conceptual que sirva de base a las predicciones los alumnos recurran a la intuición o a las formulas.

El análisis de los resultados permitió determinar que se cumplieron los objetivos de la investigación. El objetivo general fue: Identificar los factores que influyen en el aprendizaje empleando analogías como estrategia didáctica comparado con el aprendizaje obtenido al emplear la estrategia didáctica basada en modelos matemáticos. El objetivo general se cumplió al identificar que el único factor que influye en el aprendizaje empleando analogías como estrategia didáctica es el razonamiento. La actitud, edad y género presentaron independencia estadística con respecto al aprendizaje que fue la variable dependiente de esta investigación (véanse Tablas 4.8, 4.9, 4.10 y 4.11). Por otra parte, al emplear la estrategia didáctica fundamentada en modelos matemáticos se logró menor aprendizaje que con la estrategia didáctica basada en analogías y no se detectó dependencia estadística entre ninguna de las variables (véase Tabla 4.12) por lo que no se puede atribuir la influencia de la edad, género, razonamiento o actitud en el menor aprendizaje obtenido. El resultado indica que el aprendizaje sólo se ve afectado por la estrategia didáctica empleada. Es probable que la utilización de los Tutoriales para Física Introductoria haya contribuido al incremento de aprendizaje de los dos grupos, por lo que será conveniente ampliar la investigación al respecto.

Los objetivos específicos también se cumplieron. El primer objetivo fue: Diagnosticar el nivel de razonamiento que manifiestan los alumnos que cursan Física General a través de un instrumento que permita identificar si el razonamiento es inductivo, transitorio o hipotético deductivo, lo que se cumplió totalmente al detectar que el alumnado se encuentra en un nivel

inductivo (véase Tabla 4.4). El siguiente objetivo está relacionado y fue: Reconocer si existen diferencias en el nivel de razonamiento de acuerdo al género para sugerir la investigación de las causas. Este objetivo también se cumplió y se detectó que sí existe una mínima diferencia. Las mujeres manifiestan mayor nivel de razonamiento que los hombres aunque ambos se encuentran en el nivel inductivo (véase Tabla 4.4). Fue posible observar que el nivel de razonamiento no es atribuible a la actitud por lo que se sugiere investigar a detalle las causas.

Con respecto a la actitud se planteó el objetivo: Detectar las actitudes que manifiestan los alumnos que cursan Física General a través de un instrumento que permita identificar el interés personal, la forma de solucionar problemas, la conexión conceptual y el sentido de esfuerzo. Este objetivo se cumplió al emplear la adaptación al español del Adams-New instrument for measuring student beliefs about physics and learning physics – class (Adams et al. 2005) que identifica las categorías mencionadas. Los resultados indican que los alumnos manifestaron un nivel de actitud ligeramente superior a la indiferencia con medias cercanas a tres (véase Tabla 4.5).

Aunado a lo anterior, se planteó el objetivo: Analizar si existen diferencias entre las actitudes para aprender física que presentan alumnas y alumnos para sugerir la investigación de las causas. Este objetivo se alcanzó, ya que se pudo detectar que sí existe diferencia entre la actitud de hombres y mujeres, presentando las mujeres un menor nivel de actitud hacia la física. El resultado coincide con el de Hazar, Tai y Sadler (2007) quienes detectaron la influencia de los factores afectivos y la preparación previa en el bajo interés de las mujeres por la física, sin embargo, es necesario profundizar en la investigación para detectar si sólo se debe a estos factores.

En cuanto al aprendizaje se planteó el objetivo: Comparar el aprendizaje que obtuvieron los alumnos que recibieron instrucción analógica con el aprendizaje que muestran los alumnos que recibieron instrucción con modelos matemáticos para apoyar la que brinde mejores resultados. El objetivo se alcanzó y se verificó al aplicar la fórmula de ganancia. Los resultados

indican que se obtuvo mayor nivel de aprendizaje en el grupo que recibió instrucción analógica, por lo que se debe promover el uso de esta estrategia didáctica, sin embargo, se debe recurrir a la auto construcción de las analogías por parte del alumno pues de acuerdo con Oliva (2003) el enfoque transmisivo está muy lejos de un aprendizaje concebido como proceso de construcción. En el mismo sentido, Redish y Steinberg (1999) mencionan que se debe escuchar a los estudiantes para comprender la manera en que piensan, sólo así se podrá entender cómo es que los estudiantes aprenden física para mejorar los cursos de manera significativa.

La hipótesis de la investigación fue: Los factores que influyen en el razonamiento analógico como estrategia didáctica generan mayor aprendizaje en la asignatura de Física General comparado con el que se obtiene al emplear la estrategia basada en modelos matemáticos. Que se pudo comprobar al emplear la fórmula de ganancia y reforzarla con los resultados de la prueba de Wilcoxon, la prueba t y las pruebas X^2 de independencia estadística (véanse Tablas 4.6 a 4.11). Por lo que se puede concluir que se acepta la hipótesis.

El grupo experimental que recibió instrucción analógica obtuvo mayor aprendizaje. El factor que presentó dependencia estadística y que influye en este resultado es el nivel de razonamiento. Por su parte el grupo control que recibió instrucción apoyada en modelos matemáticos logró menor aprendizaje que el grupo experimental y no se detectó dependencia estadística del aprendizaje con la edad, género, nivel de razonamiento o actitud. Por lo tanto el razonamiento no influyó en los resultados del aprendizaje del grupo control a diferencia de lo registrado en el grupo experimental.

La hipótesis nula para esta investigación fue: Los factores que influyen en el razonamiento analógico como estrategia didáctica **no** generan mayor aprendizaje en la asignatura de Física General comparado con el que se obtiene al emplear la estrategia basada en modelos matemáticos. Esta hipótesis fue rechazada.

5.2 Implicaciones.

Los resultados implican que las analogías son una vía rápida que permite que alguien aprenda algo en un tiempo corto Godoy (2002). Los alumnos que recibieron instrucción analógica mostraron mayor aprendizaje de los circuitos eléctricos, que aquellos alumnos que recibieron instrucción con modelos matemáticos, ya que de acuerdo con Redish y Steinberg (1999), para solucionar adecuadamente los problemas físicos hace falta más que la agilidad con manipulaciones matemáticas y un buen conocimiento de conceptos.

Otra implicación es que las analogías son productivas para aprender física, en particular circuitos eléctricos, pero la comprensión de la analogía y el aprendizaje que se obtiene con su uso depende de factores inherentes al razonamiento del estudiante (Podolefsky y Finkelstein, 2007b).

La ganancia en aprendizaje que obtuvo el grupo experimental que recibió instrucción analógica se podría incrementar modificando el enfoque transmisivo con que se presentaron las analogías, lo que implica que los estudiantes necesitan participar en el proceso de construcción de sus propias analogías, ya que de otro modo no se involucra al alumno y no ocurre la comprensión cualitativa (McDermott, 1993).

La aplicación de la estrategia didáctica basada en analogías generó mayor aprendizaje en los alumnos del grupo experimental aún cuando su nivel de razonamiento es empírico inductivo, lo que implica que se desplazaron las visiones intuitivas de los alumnos y que el nuevo modelo de enseñanza favorece el aprendizaje conceptual (McDermott y Shaffer, 2001).

El menor índice de ganancia en aprendizaje que mostró el grupo control que recibió instrucción con modelos matemáticos implica que resulta eficaz aplazar el uso de formulas hasta lograr la comprensión del concepto pues de lo contrario no se involucra significativamente al alumno en su aprendizaje (McDermott, 1993).

Los hallazgos más significativos de la investigación son:

- El aprendizaje con analogías es estadísticamente independiente de los factores género, edad y actitud sólo depende del nivel de razonamiento. Por lo que el menor nivel de

actitud de las mujeres, así como mayor edad de algunos alumnos no fueron determinantes para lograr mayor aprendizaje, por lo que se debe desarrollar la comprensión conceptual y las habilidades de razonamiento (Koenig, Endorf y Braun, 2007). Este resultado aporta la preeminencia del razonamiento en la enseñanza de la física.

- El aprendizaje con instrucción analógica depende del nivel de razonamiento del alumno para comprender la analogía, por lo que se debe incrementar la habilidad de razonamiento, para que el alumno logre percibir los conceptos físicos. El enfoque transmisivo de las analogías pudo ser la causa de que el aprendizaje del grupo experimental fuera sólo ligeramente mayor que el del grupo control que también recibió instrucción con enfoque transmisivo pero empleando modelos matemáticos. La aportación de este hallazgo en la enseñanza de la física es que se debe suscitar la implicación activa de los estudiantes para lograr el aprendizaje significativo (McDermott, 1993), además, resalta la importancia de centrar más la atención en el estudiante (Redish y Steinberg, 1999) y la necesidad de promover el compromiso interactivo del alumno (Hake, 1998).

5.2 Recomendaciones.

Los resultados obtenidos abren nuevas interrogantes por lo que se emiten las siguientes recomendaciones para continuar con la investigación.

- Realizar un estudio longitudinal que permita observar las modificaciones en el razonamiento a lo largo de un curso completo con la estrategia didáctica analógica.
- Efectuar una investigación con enfoque cualitativo para profundizar en el proceso de construcción de las analogías por parte de los alumnos.
- Ejecutar un experimento que tenga cómo única variable independiente a los Tutoriales para Física Introductoria de McDermott y Shaffer (2001), mientras los alumnos reciben instrucción analógica.

Para las autoridades de la institución, así como para los docentes de la asignatura de Física General se exponen las siguientes recomendaciones.

- Cambiar el enfoque transmisivo para lograr el cambio conceptual y modificar la actitud de los alumnos, las clases deben cambiar su estructura para que el alumno se involucre en su aprendizaje.
- Continuar empleando analogías con el apoyo del organizador gráfico de Ayala (2001) hasta que resulte fácil de usar para los alumnos y logren generar sus propias analogías.
- Desarrollar el nivel de razonamiento recurriendo a modelos didácticos que demanden del alumno mayor implicación conceptual tales como el conflicto cognitivo, auto construcción de analogías o experimentación.
- Capacitar a los docentes en la aplicación de modelos didácticos que favorezcan la adquisición de la habilidad del razonamiento científico sobre el conocimiento descriptivo.
- Promover el aprendizaje conceptual más que el dominio en la resolución de problemas cuantitativos.
- Incentivar a las mujeres en el estudio de la física para incrementar su nivel de actitud y aprovechar su mayor nivel de razonamiento y capacidad de aprendizaje.

Al término de este capítulo se puede afirmar que se respondieron las preguntas de investigación, lo que permitió refrendar el cumplimiento de los objetivos. Con esta información fue posible establecer la aceptación de la hipótesis de investigación, rechazando a su vez a la hipótesis nula.

Se expusieron las implicaciones de los resultados obtenidos así como también los principales hallazgos con su aporte en la enseñanza de la física. Los resultados abren nuevas interrogantes por lo que se emitieron recomendaciones para futuras investigaciones. Para

contribuir en la alfabetización científica de los alumnos el capítulo concluye con recomendaciones para las autoridades y docentes de la asignatura de Física General.

Referencias

- Adams, W.K., Perkins, K.K., Podolefsky, N.S., Dubson, M., Finkelstein, N.D., y Wieman, C.E. (2005). New instrument for measuring student beliefs about physics and learning physics: The Colorado Learning Attitudes about Science Survey. *Physical Review Special Topic. Physics Education Research*. Recuperado el 3 de abril de 2008 de <http://prstper.aps.org/abstract/PRSTPER/v2/i1/e010101>
- Aguilera, A. (2006, 01 de febrero). La producción científica en México, ligada a las universidades públicas. Documento recuperado el 20 de septiembre de 2007 de www.lajornadamichoacan.com.mx/2006/02/01/15n2mun.html.
- Almaguer, T. E. (en prensa). Paradigma, modelo, método, técnica y estrategia. En M.S Ramírez (coord.) *Modelos de enseñanza con la técnica de casos*. Documento inédito
- Alonso, E. (2008, 20 de noviembre). Proyectan abrir siete preparatorias más en 2008. Documento recuperado el 25 de febrero de 2008 de <http://www.eluniversal.com.mx/ciudad/87769.html>
- Aragón, Ma. (2004). La ciencia de lo cotidiano. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 1, 2, 109-121.
- Aragón, Ma., Oliva, J.Ma., Bonat, M. y Mateo, J. (2005). Un estudio sobre las relaciones entre pensamiento analógico y modelos mentales de los alumnos sobre la materia. *Enseñanza de las ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*. Recuperado el 25 de enero del 2008 en http://ensciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/material/Simposios/04_Generar_resolver_sit/Aragon_883.pdf
- Arrieta, X., Marín, M., y Mansoor, N. (2005). Condiciones de enseñanza para el aprendizaje de contenidos procedimentales. *Journal of Science Education*, 6, 1, 28-31.
- Ayala, M. M. (2001) *Tipos de razonamiento y su aplicación estratégica en el aula*. ITESM Universidad Virtual. México: Trillas
- Benfor, R. y Lawson, A. E. (2001). Relationships between effective inquiry use and the development of scientific reasoning skill in college biology labs. (Informe No. TM033220). Arlington, EE.UU. National Science Foundation. (No. de servicio de reproducción de documentos ERIC ED 456 157).
- Bryce, T. y MacMillan, K. (2005). Encouraging conceptual change: the use of bridging analogies in the teaching of action-reaction forces and the 'at rest' condition in physics. *International Journal of Science Education*. Recuperado el 14 de marzo de 2008 de <http://dx.doi.org/10.1080/09500690500038132>

- Brookes, D. (2007). Using conceptual metaphor and functional grammar to explore how language used in physics affects student learning. *Physical Review Special Topic. Physics Education Research*. Recuperado el 14 de marzo de 2008 de <http://prst-per.aps.org/abstract/PRSTPER/v3/i1/e010105>
- Clement, J. (1978). *The Role of Analogy in Scientific Thinking: Examples from a Problem-Solving Interview*. Revised. (Informe No. SER-76-14872). Washington, D.C. EE.UU.: National Science Foundation. (No. de servicio de reproducción de documentos ERIC ED 287 702)
- Clement, J. y Brown, D. (1984). *Using analogical reasoning to deal with "Deep". Misconceptions in Physics*. (Informe No. SE048584). Washington, D.C. EE.UU.: Fund for the improvement of postsecondary education (No. de servicio de reproducción de documentos ERIC ED 28 67 45)
- Coll, C. y Martín, E. (2006, mayo) *Vigencia del debate curricular. Aprendizajes básicos, competencias y estándares*. Ponencia presentada en el contexto de la segunda reunión del comité intergubernamental del proyecto regional de educación para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
- Díaz-Barriga, F. y Hernández, R. (2002). Capítulo 5 Estrategias de enseñanza para la promoción de aprendizajes significativos. *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo una interpretación constructivista*. (2ª. ed.) (pp. 137 - 229) México: McGraw-Hill Interamericana
- Didriksson, A. (2008, 26 de febrero). La reforma del bachillerato. Documento recuperado el 01 de marzo de <http://www.exonline.com.mx/diario/editorial/143350>
- Douglas, D. C, Bernaza, R. G. y Corral, R.R. (2006). Una propuesta didáctica para el aprendizaje de la física. *Revista Iberoamericana de educación*. Recuperado el 25 de enero del 2008 en <http://www.rieoei.org/experiencias110.htm>
- Fernández, G. J., González, G. B. y Moreno J.T. (2004). Consideraciones acerca de la investigación en analogías. *Estudios Fronterizos*, 5, 9, 79-105.
- García, I. (2008, 24 de enero). Crítica OCDE simulación ante fallas en enseñanza. *El Norte*, p.7 Recuperado el 15 de febrero de 2008 de <http://0-proquest.umi.com/millennium.itesm.mx:80/pqdweb?did=1417686211&sid=5&Fmt=3&clientId=23693&RQT=309&VName=PQD>
- Giroux, S. y Tremblay, G. (2004). *Metodología de las Ciencias Humanas*. México, D. F. Fondo de Cultura Económica.
- Godoy, A., (2002). Éxitos y problemas de las analogías en la enseñanza de la mecánica. *Journal of Science Education*. 3, 11-15.

- González, A. A. (2005). La física en 2005 y el aprendizaje significativo. *Revista Iberoamericana de educación*. Recuperado el 25 de enero del 2008 en <http://www.rieoei.org/1101.htm>
- González, G. M. (2005). El modelo analógico como recurso didáctico en ciencias experimentales. *Revista Iberoamericana de educación*. Recuperado el 25 de enero del 2008 en <http://www.rieoei.org/1080.htm>
- Gussow, M. (1985). *Fundamentos de electricidad. Teoría y 640 problemas resueltos*. Serie Schaum. México: McGraw-Hill.
- Hake, R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. Department of Physics, Indiana University, Bloomington, Indiana. (No. de servicio de reproducción de documentos ERIC ED 441 679).
- Hazar, Z. Tai, R. H. y Sadler, P. M. (2007). Gender differences in introductory university physics performance. The influence of high school physics preparation and affective factors. (No. de servicio de reproducción de documentos ERIC EJ 776 684)
- Hernández, S. R., Fernández, C. C. y Baptista, L. P. (2006). *Metodología de la investigación* (4a. ed.). México: Mc Graw Hill.
- Hewitt, P. (2004). Física conceptual. (9ª. ed.) México: Pearson Educación.
- Instituto de Información e Investigación Geográfica Estadística y Catastral del Estado de México, (2006). *Agenda estadística básica del Estado de México*. Recuperado el 22 de febrero de 2008 de <http://www1.edomexico.gob.mx/igecem/media/images/Agenda.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, (2005). *Censo poblacional 2005*. Recuperado el 22 de febrero de 2008 de <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cem06/estatal/mex/m106/index.htm>
- Instituto Técnico Administrativo y Humanístico de Toluca, (2007). Documento recuperado el 20 de febrero del 2008 en <http://itaht.com/principal.htm>
- Johnson, A. (2003). *El desarrollo de las habilidades del pensamiento. Aplicación y planificación para cada disciplina*. Argentina: Troquel
- Koenig, K., Endorf, R. y Braun, G. (2007). Effectiveness of different tutorial recitation teaching methods and its implications for TA training. *Physical Review Special Topic. Physics Education Research*. Recuperado el 14 de marzo de 2008 de <http://prstper.aps.org/abstract/PRSTPER/v3/i1/e010104>

- Kohl, P. Rosengrant, D. y Finkelstein, N. D. (2007). Strongly and weakly directed approaches to teaching multiple representation use in physics. *Physical Review Special Topic. Physics Education Research*. Recuperado el 14 de marzo de 2008 <http://prst-per.aps.org/abstract/PRSTPER/v3/i1/e010108>
- Lawson, A. (2003). *The Neurological Basis of Learning, Development and Discovery: Implications for Science and Mathematics Instruction*. Dordrecht; Boston : Kluwer Academic Publishers.
- Lawson, A. (2005). What is the role of induction and deduction in reasoning and scientific inquiry? *Journal of Research in Science Teaching*. No. de servicio de reproducción de documentos ERIC EJ 760 112)
- López, M. (2008, 15 de febrero). Arranca jornada informativa sobre reforma de bachillerato. Documento recuperado el 22 de febrero de 2008 de <http://www.ehui.com/?c=2&a=89424>
- López, S. J. Ma., (2003). *La naturaleza del conocimiento*. Colección ciudad de las ciencias. Consejo superior de investigaciones científicas. Madrid:CCS
- Manzanares, G. M. y Sabariego del Castillo, J.M. (2007). *Alfabetización científica*. Ponencia del I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación. Recuperado el 25 de enero del 2008 en <http://www.oei.es/noticias/spip.php?article820>
- Marck,C.J. y Sharmann, L. (2007). *Using analogies to improve the teaching performance or preservice teachers*. (Informe No. SER-76-14872). EE.UU.: Journal of Research in Science Teaching (No. de servicio de reproducción de documentos ERIC EJ 760197)
- Mason, L. (1995). *Collaborative Reasoning on Self-Generated Analogies: Conceptual Growth in Understanding Scientific Phenomena* . (Informe No. SER-76-14872). San Francisco C.A. EE.UU.: American Educational Research Association (No. de servicio de reproducción de documentos ERIC ED 392 643)
- McDermott, L. (1993) How we teach and how students learn – A mismatch? *American Journal of Physics*, 61, 4, 295-298.
- McDermott, L. y Shaffer, P. (2001). *Tutoriales para física introductoria*. (1ª. Ed.) Departamento de Física. Universidad de Washington: Pearson Education.
- Mileaf, H. (1974). *Electricidad dos. Serie 1-7*. (1ª.ed.). México: Limusa
- Mondragón, N. y Flores, I. (2006). La importancia de la ciencia para el desarrollo de un país. *Conversus, revista del Instituto Politécnico Nacional*, 51,40-42.

- Moro, L., Viau, J. Zamorano, H. y Gibbs, M. (2007). Aprendizaje de los conceptos de masa, peso y gravedad. Investigación de la efectividad de un modelo analógico. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de la ciencia*. 4, 272-286.
- Oliva, J. Ma. (2003). Rutinas y guiones del profesorado de ciencias ante el uso de analogías como recurso en el aula. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*. Recuperado el 25 de enero del 2008 en <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero1/Art2.pdf>
- Oliva, J. Ma., (2004a) El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor de ciencias. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*. Recuperado el 25 de enero del 2008 en <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1026037>
- Oliva, J. Ma. (2004b). El papel del razonamiento analógico en la construcción histórica de la noción de fuerza gravitatoria y del modelo de sistema solar. (Segunda parte). *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 1, 3,167-186.
- Oliva, J.Ma. (2006). Actividades para la enseñanza/aprendizaje de la química a través de analogías. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de la ciencia*, 3, 1,104-114.
- Oliva, J.Ma. y Aragón Ma. (2006). Pensamiento analógico y construcción de un modelo molecular para la materia. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de la ciencia*, 4, 1, 21-41.
- Oliva, J.Ma., Aragón Ma., Mateo, J. y Bonat, M. (2003). Cambiando las concepciones y creencias del profesorado de ciencias en torno al uso de analogías. *Revista Iberoamericana de educación*. Recuperado el 25 de enero del 2008 en http://www.rieoei.org/did_mat2.htm
- Onrubia, J. (2003).El proyecto adolescente: elementos para una aproximación constructivista, interaccionista y contextual al desarrollo psicológico en la adolescencia. En M. G. Rovira. (coord.). *El constructivismo en la práctica*. (3ªed.). Madrid, España: Laboratorio Educativo y GRAÓ.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (1995). *La educación encierra un tesoro*. Informe a la UNESCO de la comisión internacional sobre la educación para el siglo XXI. Recuperado el 22 de febrero de 2008 de http://www.unesco.org/education/pdf/DELORS_S.PDF
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (1999). *Conferencia Mundial Sobre la Ciencia para el siglo XXI. Declaración de Budapest*. Recuperado el 22 de febrero de 2008 de <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001169/116937s.pdf>

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2007, diciembre). Primer informe Evaluación PISA 2006. Consultado el 25 de febrero de 2008, en:
<http://www.pisa.oecd.org/dataoecd/55/10/39830282.pdf>
- Ormrod, J.E (2005). Capítulo 14 Transferencia y resolución de problemas. *Aprendizaje Humano* (4a Ed) (pp.406 - 448). Madrid: Pearson Educación.
- Pérez, M. H. (2000). *Física general*. (2ª ed.). México: Publicaciones cultural.
- Pérez, D. y Vilches, A. (2001). *Una alfabetización científica para el siglo XXI Obstáculos y propuestas de actuación*. Recuperado el 25 de enero del 2008 en
http://www.oei.es/catmexico/una_alfabetizacion_cientifica%20.pdf
- Pérez, D.y Vilches, A. (2006). Educación ciudadanía y alfabetización científica. Mitos y realidades 1. *Revista Iberoamericana de educación*. Recuperado el 25 de enero del 2008
 Recuperado el 25 de enero del 2008 en <http://www.rieoei.org/rie42a02.htm#>
- Podolefsky, N.S. y Finkelstein, N. D. (2006). Use of analogy in learning physics: The role of representations. *Physical review special topics. Physics education research*. Documento recuperado el 14 de marzo de 2008 de <http://prst-per.aps.org/abstract/PRSTPER/v2/i2/e020101>
- Podolefsky, N.S. y Finkelstein, N. D. (2007a). Analogical scaffolding and the learning of abstract ideas in physics: Empirical studies. *Physical review special topics. Physics education research*. Documento recuperado el 14 de marzo de 2008 de <http://prst-per.aps.org/pdf/PRSTPER/v3/i2/e020104>
- Podolefsky, N.S. y Finkelstein, N. D. (2007b) Analogical scaffolding and the learning of abstract ideas in physics: An example from electromagnetic waves. *Physical review special topics. Physics education research*. Documento recuperado el 14 de marzo de 2008 de <http://prst-per.aps.org/abstract/PRSTPER/v3/i1/e010109>
- Pozo, J. I y Gómez, M. A. (2004). *Aprender y enseñar ciencia*. (4ªed.). Madrid, España: Morata
- Real Academia Española (2001). *Diccionario de la lengua española* (22ª. ed.) [Versión electrónica] Recuperado el 15 de marzo de 2008 de <http://buscon.rae.es/drael/>
- Redish, E. y Steinberg, R. (1999) Teaching Physics: Figuring Out What Works. *Physics Today*, 52, 24-30.
- Rescher, N. (1999). *Razón y valores en la era científico-tecnológica*. I.C.E. de la Universidad Autónoma de Barcelona. España: Paidós.

- Sarukhán, J. (2007, 28 de diciembre). La dimensión de nuestros males. *El Universal*. Recuperado el 15 de febrero de 2008 de <http://0-proquest.umi.com.millennium.itesm.mx:80/pqdweb?did=1404683891&sid=5&Fmt=3&clientd=23693&RQT=309&VName=PQD>
- Stathopoulou, C. y Vosniadou, S. (2007). Exploring the relationship between physics-related epistemological beliefs and physics understanding. (No. de servicio de reproducción de documentos ERIC EJ 768 346)
- Subsecretaría de Educación Media Superior, (2008). Convoca el presidente Felipe Calderón a concretar la reforma integral de la educación media superior. Recuperado el 22 de febrero de 2008 de <http://www.sems.gob.mx/aspnv/DetalleNoticia.asp?nivel1=0&nivel2=0&Crit=0&Cve=0&x4=54&x3=42259&x9=&Usr=0&Ss=>
- Terricabras, J. Ma. (1999). *Atrévete a pensar. La utilidad del pensamiento riguroso en la vida cotidiana*. España: Paidós
- Torrens, R. (2007). 4QD-TEC: Electronics Circuits Reference Archive Understanding Electricity an analogy with water. Documento recuperado el 14 de marzo de 2008 de <http://www.4qdtec.com/water.html>
- Universidad Autónoma del Estado de México. (2007a). Programa de la asignatura: Física general. *Dirección de estudios del nivel medio superior*.
- Universidad Autónoma del Estado de México. (2007b). Estadística 911: Educación media superior 2007-2008. Documento recuperado el 23 de febrero del 2008 en http://www.uaemex.mx/planeacion/docs/Estadistica%20911%20fin%20de%20cursos%202006-2007_EMS.pdf
- Velásquez, M. A. (2006). La alfabetización científica y tecnológica en el proceso de enseñanza aprendizaje de la física. *Revista Iberoamericana de educación*. Recuperado el 25 de enero del 2008 en <http://www.rieoei.org/deloslectores/1197Velasquez.pdf>
- Villarreal, B. y Grajales, T. (2005). El desarrollo cognitivo y los estilos de aprendizaje: su impacto en el rendimiento académico. *Revista Internacional de Estudios en Educación*, 2, 71-79.
- Voss, J., Wiley, J. y Carretero, M. (1996). *Construir y enseñar las ciencias experimentales*. Recuperado el 25 de enero de 2008 en http://www.mariocarretero.net/spanish/entrevista_construir.htm#
- Woolfolk, A. (1999). *Psicología educativa*. (7ª. Ed.) México: Prentice Hall
- Zamorano, R., Gibbs, H. y Viau, J., (2006) Modelización analógica en la enseñanza de circuitos de corriente continua. *Journal of Science Education*, 7,1, 30-33.

Apéndice A. Plan de clase del grupo control.

El formato del plan de lección es el propuesto por Johnson (2003) que consta de datos de identificación, objetivo, introducción, información, actividades y cierre de la lección. Por otra parte la instrucción expositiva se basa en los textos de Hewitt (2004), Mileaf (1974), Pérez (2000), y Gussow (1985), los ejercicios cuantitativos fueron seleccionados de los libros Mileaf (1984) y Gussow (1985).

Maestro: Ing. Silvia Tecpan

Semestre: Febrero – Julio 2008

Tema: Corriente, resistencia, voltaje

Tiempo: Sesión 1 de 50 minutos

Objetivo: Los alumnos conocerán los conceptos de corriente eléctrica, resistencia eléctrica y voltaje.

Introducción: Estas tres magnitudes eléctricas están presentes en circuitos eléctricos de cualquier tamaño, desde muy pequeños hasta industriales.

Información y actividades:

1. Corriente eléctrica

- A. Es el flujo de electrones dentro de un conductor
- B. Necesitan un impulso para comenzar a moverse
- C. La corriente eléctrica viaja a la velocidad de la luz, mientras que los electrones viajan a la velocidad de un caracol lento.
- D. La corriente puede ser continua o alterna dependiendo de los medios con que es generada.
- E. La corriente se mide en Amperes (A)

2. Resistencia eléctrica

- A. Es la oposición al paso de la corriente eléctrica
- B. La resistencia cambia para cada material
- C. Existen conductores, aislantes y semiconductores

- D. La resistencia esta afectada por la longitud y la sección transversal
- E. Se presenta la ecuación y la relación entre las variables, así como los despejes
- F. Se mide en ohms y su símbolo es Ω

3. Voltaje

- A. A. Es el impulso que requieren los electrones para desplazarse dentro del conductor
- B. B. Se puede provocar por medios químicos o electromagnéticos
- C. C. Se mide en volts y su símbolo es (V)

Actividad:

Los alumnos toman nota de lo comentado en clase, van siguiendo un mapa mental con los conceptos del módulo, copian del pizarrón dibujos de conductores con corriente eléctrica, área y longitud de un conductor comparando su resistencia, consiguen imágenes de pilas de distintas formas y tamaños.

Cierre.

Se hace una recapitulación de los temas.

Maestro: Ing. Silvia Tecpan

Semestre: Febrero – Julio 2008

Tema: Circuitos eléctricos y ley de Ohm

Tiempo: Sesión 2 de 50 minutos

Objetivo: Los alumnos conocerán los elementos indispensables para tener un circuito eléctrico y la relación de sus dimensiones con la ley de Ohm

Introducción: Los circuitos eléctricos son la forma en que se puede emplear de forma útil la electricidad, las magnitudes eléctricas: corriente, resistencia y voltaje se relacionan en un circuito con la ley de Ohm.

Información y actividades:

1. Circuitos eléctricos

- A. Los elementos indispensable de un circuito son fuente de energía, conductores, carga y una trayectoria cerrada

- B. Pueden tomar distintas formas
- C. Pueden contar con diversos elementos como interruptores, aislantes, etc.

2. Ley de Ohm

- A. La intensidad de la corriente eléctrica es directamente proporcional al voltaje e inversamente proporcional a la resistencia
- B. Se comenta la historia de la Ley de Ohm y la antigüedad que tiene
- C. Se presenta la ecuación y la relación entre las variables, así como los despejes

Actividad:

Los alumnos copian en sus libretas los dibujos de un circuito eléctrico representado físicamente y su comparación con un diagrama eléctrico, en ambos identifican los elementos mínimos del circuito eléctrico

Realizan ejercicios y despejes de la Ley de Ohm

Se comenta la frase nemotécnica $V=RI$ “Viva la Reina de Inglaterra”

Cierre.

Se hace una recapitulación de los temas.

Las sesiones uno y dos fueron idénticas para el grupo control y para el grupo experimental, las sesiones tres y cuatro fueron específicas para cada grupo. Posteriormente la sesión cinco y seis sólo difiere en el modelo en el que se apoyan para comprender los circuitos en serie y paralelo. Las sesiones siete y ocho son idénticas y sólo difiere en el modelo en el que se apoyan para resolver los tutoriales para física introductoria.

Maestro: Ing. Silvia Tecpan

Semestre: Febrero – Julio 2008

Tema: Circuitos eléctricos y ley de Ohm

Tiempo: Sesiones 3 y 4 de 50 minutos
cada una

Objetivo: Desarrollar el modelo matemático que permita predecir el comportamiento de la resistencia y la corriente al variar sus parámetros.

Introducción: Se conocen las fórmulas matemáticas de resistencia y corriente con la ley de Ohm, se utilizarán para predecir el comportamiento de las variables.

Información y actividades:

Se describe el modelo matemático y se comenta su utilidad, posteriormente se inician las actividades para obtener los correspondientes a resistencia eléctrica y corriente eléctrica.

1. Resistencia eléctrica

- A. Se propone un ejercicio cuantitativo en el que los alumnos calculan la resistencia de un conductor conociendo su longitud y sección transversal
- B. Se modifica al doble la longitud y observan el resultado
- C. Se modifica la sección transversal a la mitad y observan el resultado
- D. Se siguen modificando en forma proporcional la longitud y la sección transversal, en todos los casos comparan sus resultados con el valor original obtenido
- E. Después de todos los cambios los alumnos emiten su conclusión y tratan de elaborar una regla para el comportamiento de la resistencia.

2. Ley de Ohm

- A. Se propone un ejercicio cuantitativo en el que los alumnos calculan la corriente de un circuito conociendo su voltaje y resistencia eléctrica
- B. Se modifica al doble el voltaje y observan el resultado
- C. Se modifica la resistencia eléctrica a la mitad y observan el resultado
- D. Se siguen modificando en forma proporcional el voltaje y la resistencia eléctrica, en todos los casos comparan sus resultados con el valor original obtenido
- E. Después de todos los cambios los alumnos emiten su conclusión y tratan de elaborar una regla para el comportamiento de la corriente eléctrica.

Cierre.

Se hace una recapitulación de las conclusiones que obtuvieron, alumnos voluntarios leen sus conclusiones y el resto del grupo comenta si están de acuerdo y complementan.

Maestro: Ing. Silvia Tecpan

Semestre: Febrero – Julio 2008

Tema: Circuitos eléctricos y ley de Ohm

Tiempo: Sesiones 5 ,6 y 7 de 50 minutos cada una

Objetivo: Conocer las características de los circuitos serie, paralelo y mixtos.

Introducción: Los elementos de un circuito eléctrico se pueden conectar de distintas formas según la aplicación que se desee, por lo tanto es necesario conocer las formas básicas de conexión que son la conexión en serie, la conexión en paralelo y su combinación..

Información y actividades:

1. Circuito serie

- A. Es una sola trayectoria en la que los elementos están conectados uno tras otro
- B. La apertura de un elemento afecta a todo el circuito
- C. Su principal característica es que la corriente es la misma a lo largo de todo el circuito
- D. La resistencia es la suma de las resistencias
- E. El voltaje es la suma de los voltajes en cada resistencia

2. Circuito paralelo

- A. Esta formado por trayectorias paralelas a la fuente de voltaje
- B. Cada trayectoria se conoce como rama y cada una de ellas tiene su propia corriente
- C. La apertura de un elemento sólo afecta a la rama en cuestión, el resto del circuito continúa operando.
- D. Sus principales características son que el voltaje es el mismo a lo largo de todo el circuito y que la resistencia total siempre es menor que la menor de las resistencias individuales conectadas.
- E. La resistencia equivalente o total se obtiene con la inversa de la suma de las inversas.
- F. La corriente total se obtiene sumando las corrientes individuales.

3. Circuitos mixtos

- A. Están formados por elementos conectados en serie y paralelo
- B. Para resolverlos se van elaborando circuitos equivalentes en los que lo primero es calcular la resistencia equivalente de los elementos conectados en paralelo.
- C. Las resistencias equivalentes obtenidas en paralelo se suman con las resistencias conectadas en serie.
- D. Se sigue simplificando hasta tener una sola resistencia conectada en serie.

Actividad:

Los alumnos observan fotografías de circuitos en serie y paralelo y las comparan con los diagramas eléctricos correspondientes.

Copian las formulas de cada circuito

Elaboran ejercicios de circuitos en forma gradual, primero en serie, después en paralelo y finalmente circuitos mixtos.

Se apoyan en el modelo matemático desarrollado para la corriente eléctrica para observar los cambios en cada tipo de conexión.

Cierre.

Elaboran conclusiones de los resultados obtenidos corroborando las características de cada circuito.

Maestro: Ing. Silvia Tecpan

Semestre: Febrero – Julio 2008

Tema: Circuitos eléctricos y ley de Ohm

Tiempo: Sesiones 8 y 9 de 50 minutos
cada una

Objetivo: Corroborar sus conocimientos resolviendo los tutoriales para física introductoria.

Introducción: Los tutoriales les permiten corroborar lo que han aprendido de circuitos eléctricos y verificar la validez de sus modelos matemáticos.

Información y actividades:

No se proporciona información adicional.

Actividad:

Los alumnos se reúnen en equipos de cinco integrantes, cada equipo cuenta con una batería, 15 leds, 10 cables de conexión y un juego de copias de las páginas 93 a 97 del libro Tutoriales para física introductoria de McDermott, L. y Shaffer, P. (2001).

Los equipos trabajan en la solución de los tutoriales consultan dudas al interior del equipo y con otros equipos, el profesor sólo guía las actividades y les va orientando sobre el tiempo que resta para concluir su actividad, también les invita a recordar el modelo matemático para validar sus observaciones.

Cierre.

Terminan las páginas asignadas del tutorial y comentan sus observaciones entre la teoría y la práctica.

Apéndice B Test Lawson de razonamiento científico

Ejemplar del test Lawson proporcionado a los alumnos con su hoja de respuesta.

EXAMEN

Instrucciones.

De preferencia utiliza lápiz y asegúrate de marcar bien tus respuestas

Marca claramente tu respuesta con una X

Borra con cuidado

Anota en la hoja de respuesta los datos que se solicitan.

Las respuestas sólo se anotan en las hojas de respuesta. **NO ESCRIBAS SOBRE ESTE EXAMEN.**

Objetivo: Detectar tu habilidad para aplicar aspectos de razonamiento científico y matemático al analizar una situación para resolver un problema. Este examen ayuda a planear mejor las actividades de las clases de física, por lo que es muy importante que contestes lo mejor que puedas. Por favor marca en la hoja de respuestas la mejor opción en cada pregunta. Si no estas completamente seguro de lo que se está preguntando por favor consulta al profesor para cualquier aclaración.

- Tienes dos bolas de plastilina de igual forma y tamaño. Las dos bolas de plastilina pesan lo mismo. Una de ellas es aplastada en forma de galleta. ¿Cuál de las siguientes oraciones es correcta?
 - La pieza en forma de galleta pesa más que la pelota.
 - Las dos piezas todavía pesan lo mismo.
 - La pelota pesa más que la pieza en forma de galleta.

- debido a que:
 - la pieza aplastada cubre una mayor área.
 - la bola empuja hacia abajo más en un sólo punto.
 - cuando algo es aplastado pierde peso.
 - no se ha agregado o quitado plastilina.
 - cuando algo es aplastado gana peso.

- En la ilustración se muestran dos vasos cilíndricos llenos al mismo nivel con agua. Los vasos son idénticos en tamaño y forma. También se muestran dos pequeñas esferas, una de vidrio y otra de acero. Las esferas tienen el mismo tamaño pero la de acero es mucho más pesada que la de vidrio. Cuando la esfera de vidrio se coloca en el cilindro 1, ésta descende al fondo y el nivel de agua aumenta hasta la sexta marca.



Si colocamos la esfera de acero en el vaso 2, el agua subirá:

- al mismo nivel que lo hizo en el vaso 1
 - a un nivel superior que como lo hizo en el vaso 1
 - a un nivel inferior que como lo hizo en el vaso 1
- debido a que:
 - la esfera de acero descenderá más rápido.
 - las esferas están hechas de diferentes materiales.
 - la esfera de acero es más pesada que la esfera de vidrio.
 - la esfera de vidrio crea menos presión.
 - las esferas tienen el mismo tamaño.
- A la derecha se ilustran un vaso cilíndrico ancho y uno angosto. Los vasos tienen marcas igualmente espaciadas sobre ellos. Se vierte agua dentro del vaso ancho hasta la cuarta marca (ver A). El agua sube hasta la sexta marca cuando se vierte en el vaso angosto (ver B). Ambos vasos se vacían (no se muestra). Ahora, agua es vertida en el vaso ancho hasta la sexta marca. ¿Qué tan alto podría subir el agua si fuese vertida en el vaso angosto vacío?
 - Alrededor de la marca 8
 - Alrededor de la marca 9
 - Alrededor de la marca 10
 - Alrededor de la marca 12
 - Ninguna de las respuestas anteriores es correcta

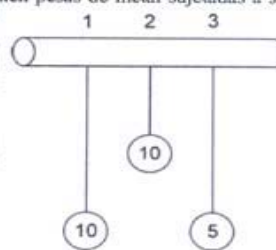


- debido a que:
 - la respuesta no puede ser determinada con la información dada.
 - subió 2 marcas en el caso anterior, así que subirá 2 nuevamente.
 - sube 3 marcas en el vaso angosto por cada 2 del ancho.
 - el segundo vaso es más angosto.
 - se debería realizar el experimento vertiendo el agua y observando para averiguar

7. Ahora, agua es vertida en el vaso angosto (descrito en la pregunta 5 arriba) hasta la marca 11. ¿Qué tanto subirá esta agua si fuera vertida en el vaso ancho vacío?
- Alrededor de $7 \frac{1}{2}$
 - Alrededor de 9
 - Alrededor de 8
 - Alrededor de $7 \frac{1}{3}$
 - Ninguna de las respuestas anteriores es correcta

8. debido a que:

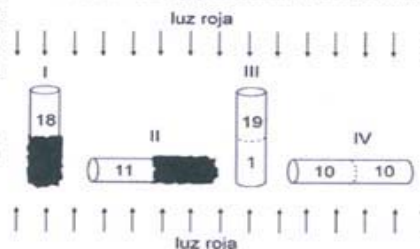
- las razones deben permanecer iguales
 - se debería realizar el experimento vertiendo el agua y observando para averiguar.
 - la respuesta no puede ser determinada con la información dada.
 - en el caso anterior disminuyó 2 así que será 2 menos nuevamente.
 - sustraes 2 del ancho por cada 3 del angosto.
9. En la figura se encuentran 3 cuerdas colgando de una barra. Las 3 cuerdas tienen pesas de metal sujetadas a sus extremos. La cuerda 1 y la cuerda 3 tienen la misma longitud. La cuerda 2 es más corta. La cuerda 1 tiene una pesa de 10 unidades, la cuerda dos también tiene una pesa de 10 unidades y la cuerda 3 tiene una de 5 unidades. Las cuerdas (con las pesas) pueden ser balanceadas hacia delante y hacia atrás y el tiempo que toman para dar un recorrido completo puede ser medido.



Supón que quieres averiguar si la longitud de la cuerda tiene un efecto sobre el tiempo que toma en balancearse hacia delante y hacia atrás. ¿Qué cuerda podría utilizarse para averiguarlo?

- Solamente una cuerda
 - Las 3 cuerdas
 - 2 y 3
 - 1 y 3
 - 1 y 2
10. debido a que:
- debes usar las cuerdas más largas.
 - debes comparar cuerdas con pesas livianas y pesas pesadas.
 - solamente las longitudes difieren.
 - para hacer todas las comparaciones posibles.
 - las pesas difieren.

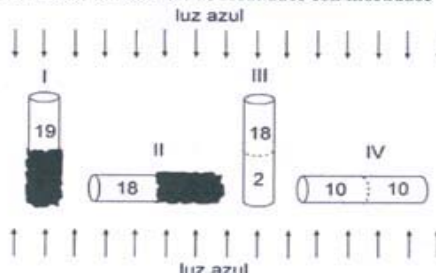
11. Veinte moscas de fruta son colocadas en cada uno de los cuatro tubos de vidrio y posteriormente son sellados. Los tubos I y II son parcialmente cubiertos con papel negro; los tubos III y IV no son cubiertos como se muestra en la figura y se exponen a luz roja por 5 minutos. El número de moscas en la parte descubierta de cada tubo se muestra en la ilustración.



Este experimento muestra que las moscas responden a: (entiéndase por "responder" que se mueven hacia ó se alejan de)

- la luz roja pero no a la gravedad
 - la gravedad pero no a la luz roja
 - ambas la luz roja y a la gravedad
 - ni a la luz roja ni a la gravedad
12. debido a que:
- la mayoría de las moscas están en el extremo superior del tubo III pero dispersas equitativamente en el tubo II.
 - la mayoría de las moscas no bajaron al fondo de los tubos I y III.
 - las moscas necesitan luz para ver y deben volar contra la gravedad.
 - la inmensa mayoría de las moscas están en los extremos superiores y en los extremos iluminados de los tubos.
 - algunas moscas están en ambos extremos de cada tubo.
13. En un segundo experimento, un tipo diferente de mosca y luz azul fueron utilizadas. Los resultados son mostrados en la ilustración.

Estos datos muestran que estas moscas responden a: (entiéndase por "responder" que se mueven hacia ó se alejan de)

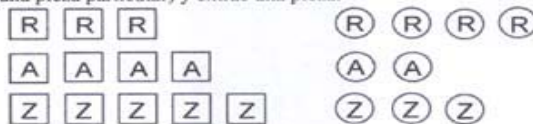


- la luz azul pero no a la gravedad
- la gravedad pero no a la luz azul
- la luz azul y a la gravedad
- ni a la luz azul ni a la gravedad

14. *debido a que:*
- algunas moscas están en ambos extremos de cada tubo
 - las moscas necesitan luz para ver y deben volar contra la gravedad
 - las moscas están distribuidas uniformemente en el tubo IV y en el extremo superior del tubo III.
 - la mayoría de las moscas están en el extremo iluminado del tubo II pero no bajan en los tubos I y III.
 - la mayoría de las moscas están en el extremo superior del tubo I y en el extremo iluminado del tubo II.
15. Se colocan seis piezas cuadradas de madera en una bolsa de tela oscura y se mezclan. Las seis piezas son idénticas en tamaño y forma, tres piezas son rojas (R) y tres amarillas (A). Suponga que alguien extrae una pieza de la bolsa (sin ver). *¿Qué posibilidad hay de que sea roja?*
- 1 posibilidad de cada 6 eventos
 - 1 posibilidad de cada 3 eventos
 - 1 posibilidad de cada 2 eventos
 - 1 posibilidad de cada 1 evento
 - No puede ser determinado



16. *debido a que:*
- 3 de las 6 piezas son rojas.
 - no hay manera de decir qué pieza será sacada.
 - solamente una pieza de las 6 en la bolsa será extraída.
 - las 6 piezas son idénticas en tamaño y forma.
 - solamente una de las 3 piezas rojas puede ser extraída.
17. Se colocan tres piezas rojas (R) cuadradas de madera, cuatro piezas amarillas (A) cuadradas y cinco piezas azules (Z) cuadradas en una bolsa de tela oscura. Se colocan también cuatro piezas rojas redondas, dos amarillas redondas y tres azules redondas. Se mezclan todas las piezas. Supón que alguien introduce la mano en la bolsa (sin ver y sin distinguir con el tacto alguna pieza particular) y extrae una pieza.



¿Cuántas posibilidades hay de que la pieza sea roja redonda o azul redonda?

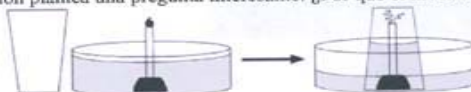
- No puede ser determinado
 - 1 posibilidad de cada 3 eventos
 - 1 posibilidad de cada 21 eventos
 - 15 posibilidades de cada 21 eventos
 - 1 posibilidad de cada 2 eventos
18. *debido a que:*
- 1 de las 2 formas es redonda.
 - 15 de las 21 piezas son rojas o azules.
 - no hay manera de predecir qué pieza será extraída
 - solamente 1 de las 21 piezas será extraída de la bolsa
 - 1 de cada 3 piezas es una pieza redonda roja o azul
19. El granjero Brown estuvo observando a los ratones que viven en su campo. Descubrió que todos eran flacos o gordos y que tenían colas blancas o negras. Esto lo hizo cuestionarse si habría relación entre el tamaño del ratón y el color de su cola. Así que capturó y observó a todos los ratones de una parte de su campo. Estos son los ratones que capturó.



¿Piensas que hay alguna relación entre el tamaño de los ratones y el color de sus colas?

- Parece haber alguna relación
- Parece no haber relación
- No puede hacerse una suposición razonable

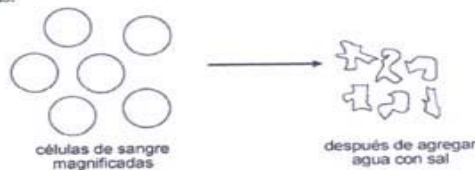
20. *debido a que:*
- hay varios ratones de cada tipo
 - puede haber una relación genética entre el tamaño del ratón y el color de su cola
 - no fueron capturados suficientes ratones
 - la mayoría de los ratones gordos tienen colas negras mientras que la mayoría de los ratones flacos tienen colas blancas
 - a medida que los ratones crecen más gordos, sus colas se tornan más oscuras
21. La figura de abajo a la izquierda muestra un vaso de vidrio y una vela de cumpleaños sostenida en un pequeño pedazo de plastilina en un recipiente con agua. Cuando el vaso se voltea boca abajo cubriendo la vela sobre el agua, la vela rápidamente se apaga y el nivel del agua sube dentro del vaso (como se muestra a la derecha). Esta observación plantea una pregunta interesante: ¿Por qué el nivel del agua sube dentro del vaso?



Aquí hay una explicación posible. La flama convierte el oxígeno en dióxido de carbono. Como el oxígeno no se disuelve rápidamente en el agua pero el dióxido de carbono sí, el dióxido de carbono recién formado al tapan la vela se disuelve rápidamente en el agua, disminuyendo la presión del aire dentro del vaso.

Supón que tienes los materiales mencionados arriba, algunos fósforos y un poco de hielo seco (el hielo seco es dióxido de carbono congelado). Usando algunos o todos los materiales, ¿cómo podrías probar esta posible explicación?

- Saturaría el agua con dióxido de carbono y repetiría el experimento notando el crecimiento del agua.
 - El agua crece porque se consume oxígeno, así que repetiría el experimento en exactamente la misma forma para demostrar que el agua crece debido a la pérdida de oxígeno.
 - Conduciría un experimento controlado variando solamente el número de velas para ver si esto puede producir una diferencia.
 - La succión es responsable del crecimiento del agua, así que colocaría un globo sobre la superficie de un cilindro abierto por un extremo y lo colocaría sobre la vela ardiente.
 - Repetiría el experimento, pero me aseguraría que es controlado colocando todas las variables independientes constantes; luego mediría el crecimiento del nivel del agua.
22. ¿Qué resultado de tu examen (mencionado arriba en la pregunta 21) podría demostrar que tu explicación es probablemente incorrecta?
- el agua sube lo mismo que antes.
 - el agua sube menos que antes.
 - El globo se expande.
 - El balón es succionado.
23. Un estudiante coloca una gota de sangre en el portaobjetos de un microscopio para luego observarla. Como se observa en el diagrama de abajo, las células de la gota roja magnificada lucen como pelotas redondas. Después de añadir unas cuantas gotas de agua con sal a la gota de sangre, el estudiante observa que las células parecen haberse hecho más pequeñas.



Esta observación plantea una pregunta interesante: ¿Por qué las células rojas de la sangre aparecen más pequeñas? Aquí hay dos posibles explicaciones: I. Los iones de sal (Na^+ y Cl^-) empujan la membrana celular y hacen que la célula parezca más pequeña. II. Las moléculas de agua son atraídas a los iones de sal así que las moléculas de agua salen de las células y dejan más pequeñas a éstas.

Para probar estas explicaciones, los estudiantes utilizaron un poco de agua con sal, una balanza muy precisa y unas bolsas de plástico llenas de agua, y asumieron que el plástico se comporta justo como membranas de células de sangre. El experimento involucró pesar cuidadosamente una bolsa llena de agua en una solución salina durante 10 minutos y luego volviendo a pesar la bolsa.

¿Qué resultado del experimento podría demostrar mejor que la explicación I es probablemente incorrecta?

- La bolsa pierde peso
 - La bolsa pesa lo mismo
 - La bolsa parece estar más pequeña
24. ¿Qué resultado del experimento podría demostrar mejor que la explicación II es probablemente incorrecta?
- La bolsa pierde peso
 - La bolsa pesa lo mismo
 - La bolsa parece estar más pequeña

HOJA DE RESPUESTAS

Instrucciones.

De preferencia utiliza lápiz y asegúrate de marcar bien tus respuestas

Marca claramente tu respuesta con una **X**

Borra con cuidado

Anota en ESTA hoja de respuesta los datos que se solicitan.

Las respuestas sólo se anotan en ESTA hoja de respuestas. **NO ESCRIBAS SOBRE EL EXAMEN**

Las respuestas serán anónimas y confidenciales. Marca con una "X" el género al que perteneces y el grupo escolar en que estas inscrito actualmente.

Masculino _____ Femenino _____ Grupo _____

RESPUESTAS

1	a	b	c	d	e
2	a	b	c	d	e
3	a	b	c	d	e
4	a	b	c	d	e
5	a	b	c	d	e
6	a	b	c	d	e
7	a	b	c	d	e
8	a	b	c	d	e
9	a	b	c	d	e
10	a	b	c	d	e
11	a	b	c	d	e
12	a	b	c	d	e
13	a	b	c	d	e
14	a	b	c	d	e
15	a	b	c	d	e
16	a	b	c	d	e
17	a	b	c	d	e
18	a	b	c	d	e
19	a	b	c	d	e
20	a	b	c	d	e
21	a	b	c	d	e
22	a	b	c	d	e
23	a	b	c	d	e
24	a	b	c	d	e

¡Gracias por tus respuestas!

Apéndice C Test sobre actitud ante la física.

Objetivo: Conocer las creencias del estudiante sobre la física y el aprendizaje de la física.

Las respuestas serán anónimas y confidenciales. Marca con una "X" el género al que perteneces y el grupo escolar en que estas inscrito actualmente.

Masculino_____ Femenino_____ Grupo_____

Instrucciones: Lee con atención cada cuestión y marca sólo aquella opción que mejor represente tu opinión. Si marcas más de una opción la respuesta será anulada. De antemano gracias por tu ayuda.

	Cuestión	Definitivamente sí	Probablemente sí	Indeciso	Probablemente no	Definitivamente no
1	Un problema para aprender física es que debo memorizar la información					
2	Cuando resuelvo un problema de física, trato de imaginar un valor lógico para la respuesta					
3	Pienso que la física tiene que ver con la vida diaria					
4	Para aprender física es útil para hacer muchos problemas					
5	Cuando ya entendí un tema en física se me dificulta emplearlo para resolver un problema parecido.					
6	Lo que hoy sabemos de física, puede cambiar en el futuro con las nuevas investigaciones.					
7	Para resolver un problema de física busco una ecuación que tenga las variables proporcionadas y sustituyo valores					
8	Para aprender física me sirve leer el libro de texto					
9	Creo que sólo hay una forma correcta de resolver un problema de física					
10	Me siento tranquilo hasta que entiendo cómo funciona algo (una máquina, un circuito, etc.)					
11	Para aprender física el maestro tiene que explicar bien la clase					

	Cuestión	Definitivamente sí	Probablemente sí	Indeciso	Probablemente no	Definitivamente no
12	Las ecuaciones de física sirven para hacer los cálculos, pero no para comprender las ideas. .					
13	Estudiar física me sirve para aprender algo útil para mi vida fuera de la escuela					
14	Si resuelvo correctamente un problema de física en mi primer intento, normalmente trato de resolverlo de otra manera distinta					
15	Con esfuerzo, casi todos somos capaces de entender física					
16	La física me permite dudar o aceptar la información que aparece en televisión, periódicos, etc.					
17	Se puede llegar a dos respuestas correctas distintas en un solo problema si se usan dos planteamientos diferentes.					
18	Para entender física discuto con amigos y compañeros					
19	A los cinco minutos de resolver un problema de física me rindo y busco la ayuda de alguien más.					
20	Si olvido que ecuación necesito para resolver un problema en el examen, no queda mucho que pueda hacer.					
21	Para aplicar un método de física a otro tipo de problema se deben de parecer los dos.					
22	Al resolver un problema en física, si mi cálculo da un resultado muy diferente de lo esperado confío en mi cálculo en lugar de volver a revisar todo el problema					
23	Para mí es importante comprender primero las fórmulas en física antes de usarlas correctamente.					
24	Me gusta resolver problemas de física					
25	En física las formulas matemáticas expresan las relaciones entre las cantidades medibles.					

	Cuestión	Definitivamente sí	Probablemente sí	Indeciso	Probablemente no	Definitivamente no
26	Es importante para el gobierno que se conozcan las ideas científicas para que se acepten ampliamente.					
27	Aprender física cambia mi idea sobre como funcionan las cosas					
28	Para aprender física sólo hay que memorizar las soluciones de los ejemplos para resolver los problemas.					
29	Las habilidades de razonamiento que uso para entender física pueden ser útiles en mi vida diaria.					
30	Deducir las fórmulas en física es una pérdida de tiempo.					
31	Para mí con analizar a detalle unos cuantos problemas es una buena manera de aprender física.					
32	Normalmente puedo deducir una manera de resolver los problemas de física.					
33	La física tiene poca relación con lo que experimento en el mundo cotidiano.					
34	Resolver un problema de física de más de una manera me ayuda a comprender mejor los conceptos.					
35	Pienso que mis experiencias personales tienen relación con la física y las relaciono con los temas de la clase.					
36	Es posible explicar las ideas de física sin las fórmulas matemáticas.					
37	Para resolver un problema de física pienso con que concepto se relaciona antes de comenzar.					
38	Si me concentro en un problema, seguramente lo puedo resolver solo.					
39	Los físicos pueden hacer el mismo experimento con cuidado y conseguir dos resultados distintos y correctos.					
40	Cuando estudio física lo relaciono con lo que ya sé en lugar de sólo memorizar.					

¡Gracias!

Apéndice D Plan de clase del grupo experimental.

El formato del plan de lección es el propuesto por Johnson (2003) que consta de datos de identificación, objetivo, introducción, información, actividades y cierre de la lección. Por otra parte la instrucción expositiva se basa en los textos de Hewitt (2004) y Mileaf (1974, los ejercicios cuantitativos fueron seleccionados de los libros Mileaf (1984) y Gussow (1985).

Cabe recordar que las sesiones uno y dos son idénticas por lo que ya no se desarrollan, así como las sesiones cinco, seis, siete, ocho y nueve.

Maestro: Ing. Silvia Tecpan

Semestre: Febrero – Julio 2008

Tema: Circuitos eléctricos y ley de Ohm

Tiempo: Sesiones 3 y 4 de 50 minutos
cada una

Objetivo: Desarrollar el modelo analógico que permita predecir el comportamiento de la resistencia y la corriente al variar sus parámetros.

Introducción: Los modelos analógicos permiten aprender rápidamente pues los conocimientos nuevos se comparan con lo que ya se sabe.

Información y actividades:

Se describe el modelo analógico y se comenta su utilidad, posteriormente se muestra un dibujo comparando los elementos del circuito eléctrico y el circuito hidráulico. Se describen los elementos con la ayuda del grupo que participa y aporta ideas. Esta analogía corresponde al modelo presentado por Hewitt (2004) y Torrens (2007). En el que la fuente de poder del circuito eléctrico es una pila mientras que en el hidráulico es una bomba; los conductores son las tuberías; uno transporta cargas eléctricas mientras el otro transporta partículas de agua; ambos pueden interrumpir el flujo por algún medio mecánico, en el circuito eléctrico con un interruptor y en el hidráulico con una llave.

Se muestra el esquema del organizador gráfico y se explican sus elementos.

Actividades:

Con la ayuda de todo el grupo se va llenando el organizador gráfico y se obtiene el resultado mostrado en la figura D.1

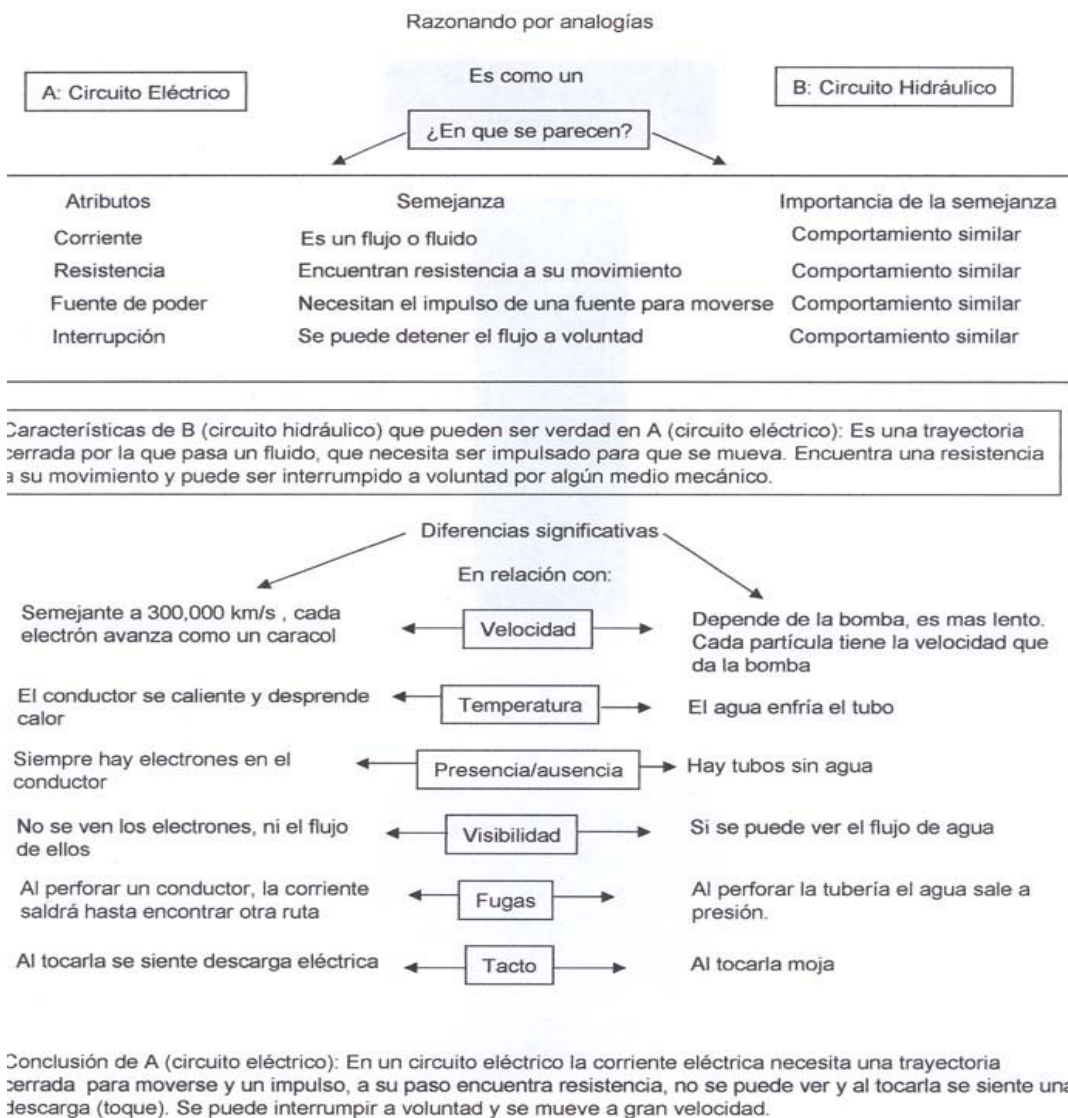
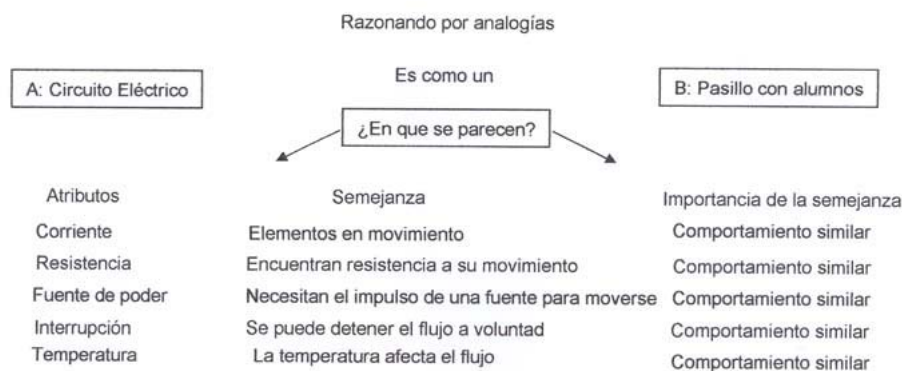


Figura D.1 Organizador gráfico de razonamiento analógico entre el circuito eléctrico y circuito hidráulico

Posteriormente se presentó la analogía propuesta por Zamorano, Gibbs y Viau (2006) referente a un pasillo con alumnos, en el que los pasillos son los conductores, los alumnos son

electrones, el impulso es proporcionado por una autoridad escolar, se hace mención que con el calor provocado por muchos alumnos reunidos y el calor del medio ambiente la resistencia aumenta pues los alumnos tienen movimientos caóticos, mientras que con el frío se entumen y se mueven todos juntos más fácilmente, así se logra relacionar que a mayor temperatura mayor resistencia. La amplitud de los pasillos se relaciona con la resistencia. Recurre a escaleras para representarlas como resistencias, donde una escalera angosta permite el paso de menos alumnos llegando así a la conclusión de que a mayor resistencia menor cantidad de corriente.

Debido a que lleva mucho tiempo desarrollar el organizador gráfico, se comentaron en clase las características y los alumnos elaboraron de tarea su organizador para esta analogía el resultado fue similar al que se muestra en la figura D.2



Características de B (pasillo con alumnos) que pueden ser verdad en A (circuito eléctrico): Son elementos en movimiento que necesitan un impulso para moverse, la temperatura afecta la cantidad de movimiento en las cargas. Encuentran resistencia al movimiento por la longitud y la sección transversal.



Conclusión de A (circuito eléctrico): Tiene cargas eléctricas negativas en movimiento que necesitan un impulso para moverse, encuentran resistencia a su paso por la temperatura, longitud y ancho del conductor. Su movimiento se puede interrumpir, no se pueden ver y no tiene voluntad ni sentimientos, por lo que su comportamiento es predecible, al tocar la corriente se siente una descarga eléctrica.

Figura D.2 Organizador gráfico de razonamiento analógico entre el circuito eléctrico y pasillo con alumnos.

Cierre.

Se hace una recapitulación de las conclusiones que obtuvieron, alumnos voluntarios leen sus conclusiones y el resto del grupo comenta si están de acuerdo y complementan.

En las sesiones cinco, seis, siete, ocho y nueve se colocó el cartel con la analogía hidráulica y la analogía del pasillo con alumnos para que recordaran el comportamiento.

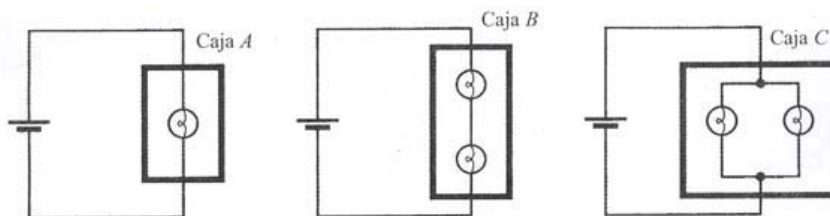
Apéndice E Prueba de circuitos eléctricos

EXAMEN Instrucciones.

Utiliza lápiz y asegúrate de marcar bien tus respuestas
 Marca claramente tu respuesta con una X
 Borra con cuidado
 Anota en la hoja de respuesta los datos que se solicitan.
 Las respuestas sólo se anotan en la hoja de respuesta. NO ESCRIBAS SOBRE ESTE EXAMEN.

Objetivo: Detectar los conceptos que manejas de circuitos eléctricos. Este examen ayuda a planear mejor las actividades de las clases de física, por lo que es muy importante que contestes lo mejor que puedas. Por favor marca en la hoja de respuestas la mejor opción en cada pregunta. Si no estás completamente seguro de lo que se está preguntando por favor consulta al profesor para cualquier aclaración.

- La corriente eléctrica es un flujo de cargas eléctricas que se mueve debido al:
 - Voltaje
 - Amperaje
 - Ninguno de estos
 - Todos hasta cierto punto
- La corriente en un circuito eléctrico es directamente proporcional a:
 - Voltaje
 - Amperaje
 - Resistencia
 - Todos hasta cierto punto
- La resistencia más baja en un circuito eléctrico que contiene un foco está en:
 - Filamento del foco
 - Cables de conexión
 - Ninguno de éstos
 - En los dos primeros
- ¿Qué magnitudes son las mismas en ramas idénticas de un circuito paralelo?
 - Todas estas
 - Voltaje
 - Corriente
 - Resistencia
- La velocidad real de los electrones que se encuentran a lo largo de un circuito eléctrico se parece a la velocidad de:
 - Un caracol lento
 - Sonido
 - Luz
 - Un auto de carreras
- ¿Cuánta resistencia debe tener un dispositivo que se conecta a 9 volts para que pase por él una corriente aproximada de 1 ampere?
 - 10 ohms
 - 1 ohm
 - 4.5 ohms
 - 9 ohms
- Cuando se agregan más ramas a un circuito en paralelo la resistencia total del circuito
 - Puede incrementarse
 - Definitivamente se incrementa
 - Definitivamente disminuye
 - Se mantiene igual
- En el diagrama se ha puesto distintas redes de focos dentro de una caja. Ordénalas de acuerdo con su resistencia equivalente.
 - ABC
 - BAC
 - CAB
 - BCA



- Las acomodaste en ese orden porque:
 - Toda la corriente pasa por una sola resistencia y en los otros casos se reparte
 - La corriente se divide y encuentra más resistencia que en los otros arreglos
 - Las corriente pasa dos obstáculos, en A sólo uno y en C se divide
 - La corriente pasa dos obstáculos en B y C mientras que en A sólo uno.

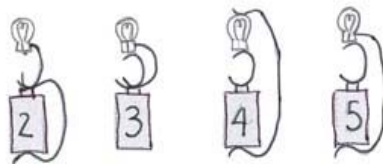
10.- ¿En cuál de los circuitos siguientes pasa una corriente que ilumina el foco?

a) 2

b) 5

c) 4

d) 3



11.- ¿Por qué para conducir corrientes grandes se usan alambres gruesos y no alambres delgados?

a) Porque tienen más resistencia

b) Porque tienen menos resistencia

c) No tiene nada que ver con la resistencia

d) No existe una razón

12.- Los faros de un automóvil están conectados ¿en serie o en paralelo?

a) En serie

b) En paralelo

c) Ninguna de las dos

13.- ¿Por qué?

a) Porque si se funde uno los dos se apagan

b) Porque si se funde uno el otro sigue encendiendo

c) Porque no es un circuito eléctrico

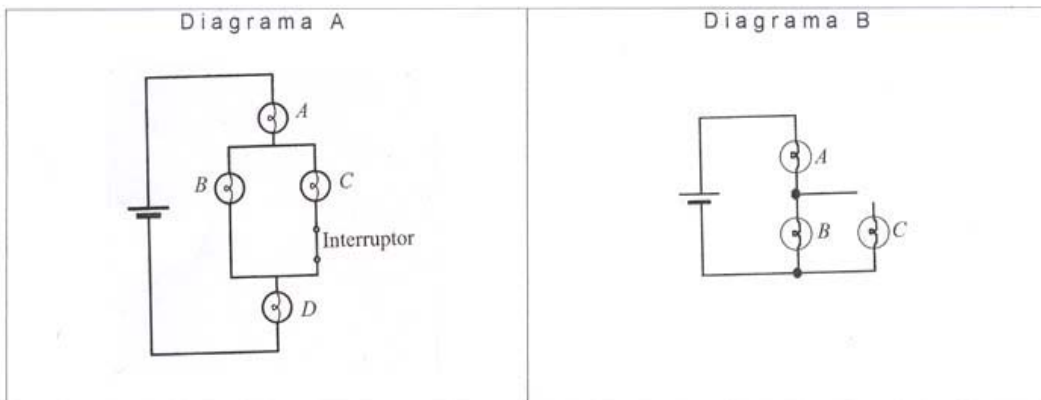
14.- Observa el diagrama A. Cuando se abre el interruptor ¿la corriente a través del foco A?

a) Aumenta

b) Disminuye

c) Permanece igual

d) Se duplica



15.- Observa el diagrama B y considera la siguiente discusión entre dos alumnos:

Alumno 1) "Yo creo que al cortar el cable el foco B brillará más. El foco B antes compartía la corriente con el foco C, pero ahora recibe toda la corriente. Entonces, el foco B brillará más".

Alumno 2) "Yo no pienso lo mismo. Ahora no hay tantos caminos para la corriente, entonces la resistencia del circuito ha aumentado. Como la resistencia del circuito ha aumentado, la corriente en el circuito disminuye. El foco B brillará menos".

a) Tiene razón el alumno 1

b) Tiene razón el alumno 2

c) Ambos están equivocados

d) Ambos tienen razón

HOJA DE RESPUESTAS

Instrucciones.

Utiliza lápiz y asegúrate de marcar bien tus respuestas

Marca claramente tu respuesta con una **X**

Borra con cuidado

Anota en ESTA hoja de respuesta los datos que se solicitan.

Las respuestas sólo se anotan en ESTA hoja de respuestas. **NO ESCRIBAS SOBRE EL EXAMEN**

Las respuestas serán anónimas y confidenciales. Marca con una "X" el género al que perteneces y el grupo escolar en que estas inscrito actualmente.

Masculino___Femenino___ Grupo___ Edad___

RESPUESTAS

1	a	b	c	d
2	a	b	c	d
3	a	b	c	d
4	a	b	c	d
5	a	b	c	d
6	a	b	c	d
7	a	b	c	d
8	a	b	c	d
9	a	b	c	d
10	a	b	c	d
11	a	b	c	d
12	a	b	c	d
13	a	b	c	d
14	a	b	c	d
15	a	b	c	d

¡Gracias por tus respuestas!

Apéndice F Manual de codificación de la prueba de circuitos eléctricos

El manual de codificación de acuerdo con Giroux y Tremblay (2004) consiste en un cuadro en el que se muestran las siete características básicas de las variables de una investigación científica: 1) Nombre, 2) Tipo, 3) Contenido, 4) Escala de medición, 5) Número, 6) Modalidad y 7) Código utilizado para consignar las medidas en la matriz de datos.

En la tabla se emplearon las siguientes abreviaturas:

Para variables: SD variable sociodemográfica, D variable Dependiente, I variable Independiente, C variable de control.

Para escalas de medición: N Nominal, O Ordinal, P Proporciones

(Véase apéndice E para consultar las preguntas detalladas).

1	2	3	4	5	6	7
Nombre de la variable	Tipo de variable	Contenido	Escala de medición	Número	Modalidades o valor	Código
Sexo	SD	Género	N	A	Masculino Femenino	0 1
Grupo	SD	Grupo actual	N	B	4°5 4°6	0 1
Edad	SD	¿Qué edad tienes?	O	C	Abierto	N/A
Aprendi- zaje	D	Corriente y resistencia eléctrica	N	1	a. b. c. d.	1 0 0 0 99
Aprendi- zaje	D	Corriente y resistencia eléctrica	N	2	a. b. c. d.	1 0 0 0 99
Aprendi- zaje	D	Corriente y resistencia eléctrica	N	3	a. b. c. d.	0 1 0 0 99
Aprendi- zaje	D	Corriente y resistencia eléctrica	N	5	a. b. c. d.	1 0 0 0 99
Aprendi- zaje	D	Corriente y resistencia eléctrica	N	6	a. b. c.	0 0 0

					d.	1 99
Aprende- zaje	D	Corriente y resistencia eléctrica	N	10	a. b. c. d.	0 1 0 0 99
Aprende- zaje	D	Corriente y resistencia eléctrica	N	11	a. b. c. d.	0 1 0 0 99
Aprende- zaje	D	Circuito serie y paralelo	N	4	a. b. c. d.	1 0 0 0 99
Aprende- zaje	D	Circuito serie y paralelo	N	7	a. b. c. d.	0 1 0 99
Aprende- zaje	D	Circuito serie y paralelo	N	8	a. b. c. d.	0 1 0 0 99
Aprende- zaje	D	Circuito serie y paralelo	N	12	a. b. c. d.	0 1 0 0 99
Aprende- zaje	D	Circuito serie y paralelo	N	13	a. b. c. d.	0 1 0 0 99
Aprende- zaje	D	Conexiones mixtas	N	14	a. b. c. d.	0 1 0 0 99
Aprende- zaje	D	Conexiones mixtas	N	15	a. b. c. d.	0 1 0 0 99

Apéndice G Manual de codificación del test de actitudes

1	2	3	4	5	6	7
Nombre de la variable	Tipo de variable	Contenido	Escala de medición	Número	Modalidades o valor	Código
Sexo	SD	Género	N	A	Masculino Femenino	0 1
Grupo	SD	Grupo actual	N	B	4°5 4°6	0 1
Edad	SD	Edad	O	C	Abierto	N/A
Actitud	I	Conexiones conceptuales	I	1	Definitivamente sí Probablemente sí Indeciso Probablemente no Definitivamente no	5 4 3 2 1
Actitud	I		I	5	Definitivamente sí Probablemente sí Indeciso Probablemente no Definitivamente no	5 4 3 2 1
Actitud	I		I	6	Definitivamente sí Probablemente sí Indeciso Probablemente no Definitivamente no	5 4 3 2 1
Actitud	I		I	13	Definitivamente sí Probablemente sí Indeciso Probablemente no Definitivamente no	5 4 3 2 1
Actitud	I		I	21	Definitivamente sí Probablemente sí Indeciso Probablemente no Definitivamente no	5 4 3 2 1
Actitud	I		I	32	Definitivamente sí Probablemente sí Indeciso Probablemente no Definitivamente no	5 4 3 2 1
Actitud	I	Interés personal	I	3	Definitivamente sí Probablemente sí Indeciso Probablemente no Definitivamente no	5 4 3 2 1
Actitud	I		I	11	Definitivamente sí Probablemente sí Indeciso Probablemente no Definitivamente no	5 4 3 2 1

Actitud	I		I	14	Definitivamente sí Probablemente sí Indeciso Probablemente no Definitivamente no	5 4 3 2 1
Actitud	I		I	25	Definitivamente sí Probablemente sí Indeciso Probablemente no Definitivamente no	5 4 3 2 1
Actitud	I	Comprensión conceptual aplicada	I	8	Definitivamente sí Probablemente sí Indeciso Probablemente no Definitivamente no	5 4 3 2 1
Actitud	I		I	40	Definitivamente sí Probablemente sí Indeciso Probablemente no Definitivamente no	5 4 3 2 1
Actitud	I	Conexión con el mundo real	I	28	Definitivamente sí Probablemente sí Indeciso Probablemente no Definitivamente no	5 4 3 2 1
Actitud	I		I	30	Definitivamente sí Probablemente sí Indeciso Probablemente no Definitivamente no	5 4 3 2 1
Actitud	I		I	35	Definitivamente sí Probablemente sí Indeciso Probablemente no Definitivamente no	5 4 3 2 1
Actitud	I		I	37	Definitivamente sí Probablemente sí Indeciso Probablemente no Definitivamente no	5 4 3 2 1
Actitud	I	Sentido de fabricación / esfuerzo	I	23	Definitivamente sí Probablemente sí Indeciso Probablemente no Definitivamente no	5 4 3 2 1
Actitud	I		I	24	Definitivamente sí Probablemente sí Indeciso Probablemente no Definitivamente no	5 4 3 2 1
Actitud	I		I	32	Definitivamente sí Probablemente sí	5 4

					Indeciso	3
					Probablemente no	2
					Definitivamente no	1
Actitud	I		I	36	Definitivamente sí	5
					Probablemente sí	4
					Indeciso	3
					Probablemente no	2
					Definitivamente no	1
Actitud	I		I	39	Definitivamente sí	5
					Probablemente sí	4
					Indeciso	3
					Probablemente no	2
					Definitivamente no	1
Actitud	I	Problemas que resuelve de forma general	I	26	Definitivamente sí	5
					Probablemente sí	4
					Indeciso	3
					Probablemente no	2
					Definitivamente no	1
Actitud	I		I	42	Definitivamente sí	5
					Probablemente sí	4
					Indeciso	3
					Probablemente no	2
					Definitivamente no	1
Actitud	I	Problemas que resuelve por confianza	I	15	Definitivamente sí	5
					Probablemente sí	4
					Indeciso	3
					Probablemente no	2
					Definitivamente no	1
Actitud	I		I	16	Definitivamente sí	5
					Probablemente sí	4
					Indeciso	3
					Probablemente no	2
					Definitivamente no	1
Actitud	I	Problema que resuelve de forma sofisticada	I	22	Definitivamente sí	5
					Probablemente sí	4
					Indeciso	3
					Probablemente no	2
					Definitivamente no	1
Actitud	I		I	34	Definitivamente sí	5
					Probablemente sí	4
					Indeciso	3
					Probablemente no	2
					Definitivamente no	1

Apéndice H Manual de codificación del Test Lawson de razonamiento científico

1	2	3	4	5	6	7
Nombre de la variable	Tipo de variable	Contenido	Escala de medición	Número	Modalidades o valor	Código
Sexo	SD	Género	N	A	Masculino Femenino	0 1
Grupo	SD	Grupo actual	N	B	4°5 4°6	0 1
Razonamiento	I	Conceptos físicos	N	1	a b c	0 1 0 99
Razonamiento	I	Conceptos físicos	N	2	a b c d e	0 0 0 1 0 99
Razonamiento	I	Conceptos físicos	N	3	a b c	1 0 0 99
Razonamiento	I	Conceptos físicos	N	4	a b c d e	0 0 0 0 1 99
Razonamiento	I	Proporciones	N	5	a b c d e	0 1 0 0 0 99
Razonamiento	I	Proporciones	N	6	a b c d e	0 0 1 0 0 99
Razonamiento	I	Proporciones	N	7	a b c d e	0 0 0 1 0 99
Razonamiento	I	Proporciones	N	8	a	1

miento					b c d e	0 0 0 0 99
Razonamiento	I	Comprensión de variables	N	9	a b c d e	0 0 0 1 99
Razonamiento	I	Comprensión de variables	N	10	a b c d e	0 0 1 0 0 99
Razonamiento	I	Comprensión de variables	N	11	a b c d	0 1 0 0 99
Razonamiento	I	Comprensión de variables	N	12	a b c d e	1 0 0 0 99
Razonamiento	I	Comprensión de variables	N	13	a b c d	0 0 1 0 99
Razonamiento	I	Comprensión de variables	N	14	a b c d e	0 0 0 1 0 99
Razonamiento	I	Probabilidad	N	15	a b c d e	0 0 1 0 0 99
Razonamiento	I	Probabilidad	N	16	a b c d e	1 0 0 0 0 99
Razona-	I	Probabilidad	N	17	a	0

miento					b c d e	1 0 0 0 99
Razonamiento	I	Probabilidad	N	18	a b c d e	0 0 0 1 99
Razonamiento	I	Capacidad de observación e hipotéticas deductivas	N	19	a b c	1 0 0 99
Razonamiento	I	Capacidad de observación e hipotéticas deductivas	N	20	a b c d e	0 0 0 1 99
Razonamiento	I	Capacidad de observación e hipotéticas deductivas	N	21	a b c d e	1 0 0 0 0 99
Razonamiento	I	Capacidad de observación e hipotéticas deductivas	N	22	a b c d	1 0 0 0 99
Razonamiento	I	Capacidad de observación e hipotéticas deductivas	N	23	a b c	1 0 0 99
Razonamiento	I	Capacidad de observación e hipotéticas deductivas	N	24	a b c	0 1 0 99

Apéndice I. Cálculos de ganancia de aprendizaje en los grupos experimental y control. (Hake, 1998).

Una medida para evaluar la eficacia de un curso en la promoción de la comprensión conceptual es el promedio de ganancia normalizada. La ganancia normalizada se define como la proporción de la ganancia promedio real que se obtiene al restarle la media obtenida en el pos test la media del pre test ($\% \text{ <post> } - \% \text{ <pre>}$) y dividirlo entre el máximo posible de ganancia promedio ($100 - \% \text{ <pre>}$) en el que el 100 representa el máximo puntaje de la prueba (Hake, 1998). Es decir: $g = \frac{(\% \text{ post} - \% \text{ pre})}{(100 - \% \text{ pre})}$

De acuerdo con Hake (1998), los cursos con ganancia alta son aquellos que obtienen valores iguales o superiores a 0.7 ($g \geq 0.7$), mientras que los cursos con ganancia media oscilan entre 0.7 y 0.3 ($0.3 \leq g < 0.7$), por último los cursos con baja ganancia son los que se encuentran por debajo de 0.3 ($g < 0.3$). Considerando que la prueba de circuitos eléctricos tiene un valor mínimo de cero aciertos y máximo de 15 aciertos, se muestran a continuación los cálculos de ganancia en el grupo total, en hombres y mujeres los dos grupos del estudio, experimental y control.

Tabla I.1

Cálculos de ganancia de aprendizaje en los grupos experimental y control.

	Experimental	Control
De todo el grupo	$g = \frac{(8.1 - 5.5)}{(15 - 5.5)} = 0.27$	$g = \frac{(7.4 - 5.3)}{(15 - 5.3)} = 0.22$
Mujeres	$g = \frac{(8.71 - 5.57)}{(15 - 5.57)} = 0.33$	$g = \frac{(8.21 - 5)}{(15 - 5)} = 0.32$
Hombres	$g = \frac{(7.69 - 5.44)}{(15 - 5.44)} = 0.23$	$g = \frac{(6.69 - 5.56)}{(15 - 5.56)} = 0.11$

La tabla I.1 muestra los cálculos de ganancia de aprendizaje en la prueba de circuitos eléctricos en el grupo experimental y control para todo el grupo, hombres y mujeres.

Apéndice J. Resultados de la prueba de Wilcoxon para el grupo experimental y el grupo control en el post test

Wilcoxon Signed Rank Sum Test Grupo Experimental		Wilcoxon Signed Rank Sum Test Grupo control	
Difference	<i>prueba - posprueba</i>	Difference	<i>Prueba - posprueba</i>
T+	4	T+	47.5
T-	374	T-	358.5
Observations (for test)	27	Observations (for test)	28
z Stat	-4.445	z Stat	-3.541
P(Z<=z) one-tail	0	P(Z<=z) one-tail	0.0002
z Critical one-tail	1.6449	z Critical one-tail	1.6449
P(Z<=z) two-tail	0	P(Z<=z) two-tail	0.0004
z Critical two-tail	1.96	z Critical two-tail	1.96
$\alpha=0.05$		$\alpha=0.05$	

Apéndice K Prueba t para las medias del grupo experimental y control en el post test

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	<i>Control</i>	<i>Experimental</i>
Media	7.40	8.17
Varianza	3.56	2.07
Observaciones	30.00	30.00
Coefficiente de correlación de Pearson	0.22	
Diferencia hipotética de las medias	0.00	
Grados de libertad	29.00	
Estadístico t	-1.99	
P(T<=t) una cola	0.03	
Valor crítico de t (una cola)	1.70	
P(T<=t) dos colas	0.06	
Valor crítico de t (dos colas)	2.05	

Apéndice L Pruebas χ^2 de independencia estadística para el grupo control

Contingency Table

Genero y
aprendizaje

	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
<i>Masculino</i>	1		6	6	2	1		16
<i>Femenino</i>		1	3	2	3	3	2	14
TOTAL	1	1	9	8	5	4	2	30

chi-squared Stat	8.1027
df	6
p-value	0.2307
chi-squared Critical	12.5916

Contingency Table

Razonamiento y aprendizaje

	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
0	1		3	1	1		1	7
1		1	3	6	1	4	1	16
2			3		3			6
3				1				1
TOTAL	1	1	9	8	5	4	2	30

chi-squared Stat	20.8571
df	18
p-value	0.2867
chi-squared Critical	28.8693

Contingency Table

Edad y aprendizaje

	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
16		1	3	2	2			8
17			3	5	2	3	1	14
18	1		3		1	1	1	7
20				1				1
TOTAL	1	1	9	8	5	4	2	30

chi-squared Stat	15.2143
df	18
p-value	0.6472
chi-squared Critical	28.8693

Contingency TableActitud y
aprendizaje

<i>Actitud</i>	<i>Aprendizaje</i>			TOTAL
	3	4		
5	1	0		1
6	1	0		1
7	8	1		9
8	5	3		8
9	3	2		5
10	4	0		4
11	0	2		2
TOTAL	22	8		30

chi-squared Stat	9.7301
df	6
p-value	0.1365
chi-squared Critical	12.5916

Apéndice M. Regresión múltiple con 4 variables para el grupo experimental en el pos test

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.96
Coefficiente de determinación R ²	0.92
R ² ajustado	0.91
Error típico	0.43
Observaciones	30.00

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	4.00	55.48	13.87	74.06	0.00
Residuos	25.00	4.68	0.19		
Total	29.00	60.17			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Intercepción	11.55	1.05	11.05	0.00
Actitud x1	-1.15	0.32	-3.63	0.00
Edad x2	-0.06	0.06	-1.00	0.33
Género x3	0.67	0.25	2.63	0.01
Razonamiento x4	0.87	0.10	8.50	0.00

$$y = -1.15x_1 - 0.06x_2 + 0.67x_3 + 0.87x_4$$

Apéndice N. Regresión múltiple con 4 variables para el grupo control en el pos test

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.45
Coefficiente de determinación R ²	0.21
R ² ajustado	0.08
Error típico	1.38
Observaciones	30.00

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	4.00	12.42	3.10	1.63	0.20
Residuos	25.00	47.75	1.91		
Total	29.00	60.17			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>
Intercepción	-0.05	5.69	-0.01	0.99	-11.78
Género x1	1.24	0.53	2.33	0.03	0.15
Razonamiento x2	-0.06	0.34	-0.16	0.87	-0.77
Edad x3	0.24	0.29	0.83	0.42	-0.36
Actitud x4	1.08	0.84	1.28	0.21	-0.66

$$y = -0.05 + 1.23x_1 - 0.05x_2 + 0.2x_3 + 1.07x_4$$