



Universidad Virtual

Escuela de Graduados en Educación

**Impacto del laboratorio virtual en el aprendizaje por descubrimiento de
la cinemática bidimensional en estudiantes de Educación Media**

Tesis que para obtener el grado de:

**Maestría en Tecnología Educativa con Acentuación en Medios Innovadores para la
Educación**

presenta:

Gustavo Adolfo Angulo Mendoza

Asesor tutor:

Mtro. Leónidas Onésimo Vidal Espinosa

Asesor titular:

Dra. Gabriela García Ortiz

Cartagena, Bolívar, Colombia

Marzo, 2012

Dedicatorias

- A Dios, origen y destino de la sabiduría del hombre.
- A mis padres, Euclides y Martha, por su entrega abnegada a mi educación y por cultivar en mí el deseo perenne de crecer en conocimiento.
- A mi amada esposa Katalina y a nuestra querida hija María José. Su amor incondicional ha sido un soporte determinante en la consecución de este importante logro. Gracias por prestarme un poco de nuestro tiempo para dedicarle a este trabajo.
- A mis hermanos, Martha Cecilia y Euclides Alfonso, por su motivación en favor de mi crecimiento intelectual.
- A mis sobrinos Joshua, Ingrid, Santiago, Camilo y Sara. Que este logro sirva de inspiración para sus propios proyectos profesionales.
- A todos mis familiares y amigos. Su cariño y apoyo me llenaron de fuerzas en los momentos más difíciles.

¡Gracias totales!

Agradecimientos

El autor del presente trabajo de investigación desea agradecer:

- Al director de la institución educativa donde se realizó el estudio, Hno. Armando Solano Suárez, FSC., por su apertura y disposición para la ejecución del trabajo de campo. El reconocimiento es extensivo a los coordinadores y docentes por su interés y apoyo en el desarrollo de este proyecto.
- A los estudiantes que participaron en el estudio, así como a los padres de familia y acudientes, quienes consintieron dicha participación.
- A la Dra. Gabriela García Ortiz, asesora titular, y al Mtro. Leónidas Onésimo Vidal Espinosa, asesor tutor de esta tesis. Su acompañamiento permanente, su soporte y motivación fueron factores fundamentales para la ejecución de cada una de las fases del estudio.
- Al Dr. José Escamilla de los Santos, director de la Escuela de Graduados en Educación del Tecnológico de Monterrey, y a todos los docentes del claustro, por su contribución a la cualificación del profesorado en Latinoamérica.
- A los directivos, docentes y personal administrativo de la Universidad Autónoma de Bucaramanga por su constante apoyo y su preocupación por el mejoramiento académico de los educadores colombianos. Muchas gracias por brindarnos esta oportunidad a los maestros del país.
- Al Ministerio de Educación de la República de Colombia, por los esfuerzos destinados a fomentar la formación posgradual de los docentes.

Impacto del laboratorio virtual en el aprendizaje por descubrimiento de la cinemática bidimensional en estudiantes de Educación Media

Resumen

El presente estudio tiene como propósito determinar el impacto del laboratorio virtual en el aprendizaje por descubrimiento de la cinemática bidimensional en estudiantes de décimo grado de Educación Media. El análisis se lleva a cabo desde tres dimensiones: afectiva, referente a la actitud de los estudiantes hacia los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencia; cognitiva, concerniente al nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional; y, expresiva, relacionada con la habilidad para resolver problemas de física. El estudio se aborda desde el enfoque cuantitativo siguiendo un diseño cuasiexperimental con pre-prueba, pos-prueba y grupos intactos, uno de ellos de control. El tamaño de la muestra probabilística es de 56 sujetos, de los cuales 27 hicieron parte del grupo experimental con el cual se siguió una estrategia didáctica mediada por el uso del laboratorio virtual. El grupo de control estuvo conformado por 29 alumnos que siguieron una estrategia de enseñanza tradicional. La prueba *t-Student* permitió establecer que, en las dimensiones afectiva y cognitiva, existía diferencia significativa a favor de los alumnos que emplearon una estrategia didáctica basada en el uso del laboratorio virtual. En cuanto a la dimensión expresiva, se determinó que no existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos por los alumnos que emplearon el *software* de laboratorio virtual y aquellos que siguieron una estrategia de enseñanza tradicional.

Palabras clave: Laboratorio virtual, simulador, física, cinemática, aprendizaje por descubrimiento, software educativo, tecnología educativa.

Tabla de Contenidos

Introducción	14
Capítulo 1. Planteamiento del problema	17
1.1 Marco Contextual	17
1.2 Antecedentes del Problema	18
1.3 Planteamiento del Problema	26
1.4 Objetivos de Investigación	28
1.4.1 Objetivo general	28
1.4.2 Objetivos específicos	28
1.5 Justificación	29
1.6 Limitaciones del Estudio	31
1.7 Definición de Términos	32
Capítulo 2. Marco Teórico	34
2.1 El Laboratorio Virtual	35
2.1.1 La simulación a través del laboratorio virtual	35
2.1.2 El rol del docente y las relaciones en el aula de informática	38
2.1.3 El laboratorio virtual y el proceso de indagación científica	43
2.2 El Aprendizaje por Descubrimiento	45
2.2.1 El aprendizaje por descubrimiento como modelo didáctico de enseñanza de las ciencias	45
2.2.2 Otras contribuciones de la psicología a la enseñanza de las ciencias	48
2.2.2.1 Enseñanza expositiva	48
2.2.2.2 Enseñanza mediante el conflicto cognitivo	50

2.2.2.3 Enseñanza mediante investigación dirigida	51
2.2.2.4 Enseñanza por explicación y contrastación de modelos	54
2.3 El Laboratorio Virtual en el Aprendizaje por Descubrimiento de la Física	56
2.3.1 El laboratorio virtual y el estudio de la cinemática en un modelo didáctico de aprendizaje por descubrimiento	56
2.3.2 Posibilidades del laboratorio virtual en el estudio del lanzamiento parabólico	61
2.3.3 Posibilidades del laboratorio virtual en el estudio del movimiento circular uniforme	64
2.4 Investigaciones Empíricas Relacionadas	66
2.4.1 Objetivo de las investigaciones y contexto donde se llevaron a cabo	66
2.4.2 Metodología de las investigaciones	69
2.4.3 Resultados de las investigaciones	73
2.4.4 Recomendaciones de las investigaciones	78
2.4.5 Trabajos futuros recomendados en las investigaciones	79
Capítulo 3. Metodología	81
3.1 Contexto sociodemográfico en el que se llevará a cabo la investigación	81
3.2 Enfoque metodológico	82
3.2.1 Formulación de hipótesis	83
3.3 Justificación de la elección del enfoque	84
3.4 Población y muestra	87
3.5 Instrumentos de recolección de datos	88
3.5.1 Definición de variables	88
3.5.2 Descripción de los instrumentos de recolección de datos	89

3.5.3 Validación de los instrumentos de recolección de datos	92
3.6 Procedimientos	93
3.6.1 Fase pre-instruccional	94
3.6.2 Fase instruccional	95
3.6.3 Fase post-instruccional	97
3.7 Estrategia de análisis de datos	98
Capítulo 4. Resultados	102
4.1 Comprobación de la validez y fiabilidad de los instrumentos	102
4.1.1 Test de Penichet y Mato	103
4.1.2 Prueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional	104
4.1.3 Prueba de solución de problemas relacionados con la cinemática bidimensional	105
4.2 Situación de los estudiantes en la fase pre-instruccional	107
4.2.1 Actitud hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias	107
4.2.1.1. Grupo experimental	107
4.2.1.2. Grupo de control	110
4.2.1.3. Validación de la equivalencia inicial entre los grupos	113
4.2.2 Nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional .	114
4.2.2.1. Grupo experimental	114
4.2.2.2. Grupo de control	115
4.2.2.3. Validación de la equivalencia inicial entre los grupos	117
4.3 Resultados de la fase post-instruccional	118

4.3.1 Actitud hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias	118
4.3.1.1. Grupo experimental	118
4.3.1.2. Grupo de control	122
4.3.1.3. Prueba de la primera hipótesis de investigación	125
4.3.2 Nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional .	126
4.3.2.1. Grupo experimental	126
4.3.2.2. Grupo de control	128
4.3.2.3. Prueba de la segunda hipótesis de investigación	130
4.3.3 Uso del laboratorio virtual y desarrollo de habilidades para resolver problemas de física	131
4.3.3.1. Resultados de los grupos de estudio	131
4.3.3.2. Prueba de la tercera hipótesis de investigación	133
4.4 Análisis de resultados	134
Capítulo 5. Conclusiones	137
5.1 Hallazgos	137
5.2 Recomendaciones	142
5.2.1 Aplicaciones prácticas derivadas del estudio	142
5.2.2 Debilidades	143
5.2.3 Futuras investigaciones	145
Referencias	147
Apéndice A	157
Apéndice B	161
Apéndice C	165

Apéndice D	167
Apéndice E	168
Apéndice F	169
Apéndice G	170
Curriculum Vitae	172

Índice de Tablas

Tabla 1. Ideas previas relacionadas con la mecánica clásica de partículas	53
Tabla 2. Algunos programas representativos del género de laboratorios virtuales	56
Tabla 3. Diseño cuasiexperimental con preprueba, posprueba y grupo de control	79
Tabla 4. Características generales de los grupos participantes en el estudio	84
Tabla 5. Definición conceptual y operacional de las variables de estudio	84
Tabla 6. Codificación de las categorías para cada ítem de la escala de actitud hacia la ciencia de Penichet y Mato	85
Tabla 7. Categorías, subcategorías y codificación de ítems para la prueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional	86
Tabla 8. Codificación de las subcategorías para cada categoría en la prueba de solución de problemas relacionados con la cinemática bidimensional	87
Tabla 9. Coeficientes de correlación de Pearson entre ítems del test de Penichet y Mato	100
Tabla 10. Resultados de la validación de la fiabilidad intraevaluadora	102
Tabla 11. Resultados de la validación de la fiabilidad interevaluadora	102
Tabla 12. Clasificación de los estudiantes del grupo experimental según su actitud hacia la ciencia, en base a los resultados del pretest de Penichet y Mato	103
Tabla 13. Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo experimental a los ítems con enunciado positivo del pretest de Penichet y Mato	105
Tabla 14. Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo experimental a los ítems con enunciado negativo del pretest de Penichet y Mato	106
Tabla 15. Clasificación de los estudiantes del grupo de control según su actitud hacia la ciencia, en base a los resultados del pretest de Penichet y Mato	106

Tabla 16. Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo de control a los ítems con enunciado positivo del pretest de Penichet y Mato	108
Tabla 17. Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo de control a los ítems con enunciado negativo del pretest de Penichet y Mato	109
Tabla 18. Clasificación de los estudiantes del grupo experimental según su nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional, en base a los resultados de la preprueba estandarizada	110
Tabla 19. Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo experimental en la preprueba estandarizada sobre los conceptos de la cinemática bidimensional	111
Tabla 20. Clasificación de los estudiantes del grupo de control según su nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional en base a los resultados de la preprueba estandarizada	112
Tabla 21. Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo de control en la preprueba estandarizada sobre los conceptos de la cinemática bidimensional	113
Tabla 22. Clasificación de los estudiantes del grupo experimental según su actitud hacia la ciencia, en base a los resultados del postest de Penichet y Mato	115
Tabla 23. Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo experimental a los ítems con enunciado positivo del postest de Penichet y Mato	116
Tabla 24. Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo experimental a los ítems con enunciado negativo del postest de Penichet y Mato	117
Tabla 25. Clasificación de los estudiantes del grupo de control según su actitud hacia la ciencia, en base a los resultados del postest de Penichet y Mato	118
Tabla 26. Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo de control a los ítems con enunciado positivo del postest de Penichet y Mato	119

Tabla 27. Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo de control a los ítems con enunciado negativo del postest de Penichet y Mato	120
Tabla 28. Resultados de los grupos experimental y de control en el postest de Penichet y Mato	121
Tabla 29. Clasificación de los estudiantes del grupo experimental según su nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional, en base a los resultados de la posprueba estandarizada	122
Tabla 30. Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo experimental en la posprueba estandarizada sobre los conceptos de la cinemática bidimensional	123
Tabla 31. Clasificación de los estudiantes del grupo de control según su nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional, en base a los resultados de la posprueba	124
Tabla 32. Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo de control en la posprueba estandarizada sobre los conceptos principios de la cinemática bidimensional	125
Tabla 33. Resultados de los grupos experimental y de control en la posprueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional	127
Tabla 34. Media (\bar{x}) y desviación estándar (σ) obtenida por los grupos experimental y de control en la prueba de solución de problemas relacionados con la cinemática bidimensional	128

Índice de Figuras

Figura 1. Fases de una estrategia instruccional basada en el uso de laboratorio Virtual	40
Figura 2. Fases de una secuencia didáctica basada en aprendizaje por descubrimiento	43
Figura 3. Fases del modelo didáctico de enseñanza expositiva	45
Figura 4. Fases de una secuencia didáctica basada en investigación dirigida	49
Figura 5. Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias	51
Figura 6. Experimento virtual sobre cinemática. Desarrollado en Newton®	55
Figura 7. Experimento virtual sobre lanzamiento parabólico. Desarrollado en Interactive Physics®	59
Figura 8. Experimento virtual sobre movimiento circular uniforme. Desarrollado en PhET©	61
Figura 9. Cronograma de desarrollo de las fases y actividades del cuasiexperimento	93
Figura 10. Distribución porcentual de las puntuaciones obtenidas por el grupo experimental en el pretest de Penichet y Mato	104
Figura 11. Distribución porcentual de las puntuaciones obtenidas por el grupo de control en el pretest de Penichet y Mato	107
Figura 12. Distribución porcentual de las puntuaciones obtenidas por el grupo experimental en el postest de Penichet y Mato	115
Figura 13. Distribución porcentual de las puntuaciones obtenidas por el grupo de control en el postest de Penichet y Mato	118

Introducción

El presente reporte es el resultado de un trabajo de investigación que se desarrolló con el propósito de determinar el impacto del laboratorio virtual en el aprendizaje por descubrimiento de la cinemática bidimensional en estudiantes de décimo grado de Educación Media. Este propósito general se concretó en tres objetivos específicos: establecer la relación entre la utilización de esta herramienta y la actitud de los alumnos hacia asignaturas de ciencias, determinar si existe diferencia en el nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional, entre alumnos que usan el *software* y aquellos que reciben instrucción tradicional, y, establecer la relación entre el uso del laboratorio virtual y el desarrollo de habilidades para resolver problemas de física.

El estudio aporta importantes elementos de juicio en relación con la incidencia del laboratorio virtual en el aprendizaje de la física. Asimismo, el presente trabajo contribuye a la reflexión sobre la didáctica en la enseñanza de la física escolar, y el impacto de estas estrategias en la motivación de los alumnos y la comprensión de los temas tratados. En ese sentido, los docentes encontrarán en los resultados del estudio, información valiosa que les ayude en la toma de decisiones sobre la incorporación del laboratorio virtual como estrategia didáctica. Los directivos docentes tendrán un elemento de análisis para la integración de recursos tecnológicos en el currículo. Los investigadores interesados en la integración de tecnología en ambientes de aprendizaje, encontrarán en este estudio una importante fuente de información.

Este reporte está organizado en cinco capítulos en los cuales se presentan, en su orden, el planteamiento del problema de investigación, el marco teórico, la metodología

empleada, los resultados y las conclusiones del estudio. A continuación se presenta en forma sintética el contenido de cada uno de los capítulos que conforman el reporte.

En el capítulo 1 se determina el objeto de estudio, para lo cual se presentan los argumentos que fundamentan la importancia científica y práctica del problema abordado. La importancia científica se basa en el aporte al conocimiento que se hace al responder la pregunta de investigación planteada. La importancia práctica se representa en los alcances que tiene la respuesta a esa pregunta de investigación en la práctica educativa. En este capítulo se establece el marco contextual, los antecedentes y el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación y las limitaciones del trabajo de investigación.

El capítulo 2 presenta el marco teórico. En él se exponen los constructos que enmarcan el trabajo de investigación. Se hace una completa exposición sobre la aplicación del laboratorio virtual en el proceso de indagación científica. De la misma manera, se describe el modelo didáctico conocido como aprendizaje por descubrimiento y otras estrategias didácticas como contribuciones de la psicología en la educación científica. El capítulo presenta la relación entre el uso del laboratorio virtual y la adopción del modelo didáctico de aprendizaje por descubrimiento en el estudio del lanzamiento parabólico y del movimiento circular uniforme. En la parte final del capítulo se resumen las más relevantes investigaciones empíricas relacionadas con el tema.

En el tercer capítulo se presenta el marco metodológico. Se describe el contexto sociodemográfico donde se desarrolló el estudio, se presenta la elección del enfoque de investigación y se define su alcance. Se precisa el diseño metodológico que orientó el estudio y se presentan las hipótesis de investigación. Una vez argumentada la selección

de la perspectiva metodológica, se hace una caracterización de los sujetos que participaron en el estudio y de los instrumentos para la recolección de datos. Finalmente, se presenta el procedimiento seguido y la estrategia para el análisis de los datos.

Las respuestas a las preguntas de investigación son presentadas en el capítulo 4. El capítulo empieza explicando el procedimiento seguido para la validación de los instrumentos. También se describen las variables de investigación en términos de medidas de tendencia central y de dispersión. La prueba de hipótesis es desarrollada a través de análisis paramétrico. La información principal se presenta a través de tablas y gráficos que ratifican los hallazgos. El análisis se lleva a cabo con el objetivo de dar respuesta a la pregunta general formulada en el planteamiento del problema. La respuesta implica comparar el nivel alcanzado por los alumnos de cada grupo de trabajo, en las tres dimensiones del estudio: actitud hacia la ciencia, comprensión de los conceptos de la cinemática bidimensional y habilidades en resolución de problemas de física.

En el quinto y último capítulo se resumen los principales hallazgos del estudio en las tres dimensiones anteriormente descritas. Estas conclusiones son asociadas a las preguntas y a los objetivos que orientaron la investigación. Posteriormente se plantean algunas recomendaciones puntuales sobre aplicaciones prácticas, derivadas de manera directa de los hallazgos del estudio. Asimismo, se señalan algunos aspectos que pueden considerarse como puntos débiles del trabajo de investigación. Finalmente, se sugieren algunas investigaciones relacionadas con el tema que pueden ser desarrolladas a futuro.

Capítulo 1. Planteamiento del problema

El objetivo general de este capítulo es precisar el objeto de estudio del presente trabajo de investigación. Para ello se presentan los argumentos que fundamentan la importancia científica y práctica del problema que se aborda, apoyándolos en la literatura revisada. La importancia científica está basada, principalmente, en el aporte al conocimiento que se hace al responder la pregunta de investigación planteada. La importancia práctica está representada en los alcances que tiene la respuesta a esa pregunta de investigación en la práctica educativa.

El capítulo está conformado por siete apartados que muestran la argumentación que llevó a identificar el problema de investigación. Primeramente se detalla el marco contextual; este apartado describe las características de los estudiantes y del plantel educativo donde se llevó a cabo la investigación. En el apartado de antecedentes se explica el origen del problema. El planteamiento del problema presenta la pregunta principal de investigación así como las preguntas que se derivan de ésta. Los objetivos muestran lo que se pretende estudiar y aportar. En la justificación se explica la importancia del estudio y las utilidades prácticas del mismo. Finalmente se describen las limitaciones del trabajo de investigación y se presenta un compendio de términos claves utilizados a lo largo de este documento.

1.1 Marco Contextual

Los estudiantes que participaron en este estudio son jóvenes de ambos sexos, que tienen entre 14 y 16 años de edad y que cursan décimo grado de Educación Media Académica, según el sistema educativo colombiano. Estos estudiantes provienen de

familias con un nivel socioeconómico medio y medio-bajo. El plantel educativo donde se llevó a cabo la investigación fue fundado en 1975 y se encuentra ubicado en la ciudad de Cartagena de Indias, departamento de Bolívar, República de Colombia. La institución es de carácter público y presta el servicio educativo en los niveles de pre-escolar, básica primaria, básica secundaria y media.

El presente estudio se sitúa en la enseñanza de las Ciencias Naturales, más específicamente en la asignatura de Física. Uno de los propósitos fundamentales de la enseñanza de las Ciencias Naturales en el nivel de Educación Media es que el estudiante comprenda que el acercamiento al trabajo científico le brinda instrumentos para entender el mundo que lo rodea, desde un punto de vista que supera lo cotidiano y las creencias populares, y actuar con ellos constructivamente.

Concretamente, este trabajo de investigación se centra en el aprendizaje de la cinemática bidimensional. Este tema específico se encuentra comprendido en el eje conceptual denominado *mecánica clásica de partículas*, donde se estudian diversos eventos relacionados con el movimiento. Es importante hacer notar que en el nivel de Educación Media se busca que los estudiantes puedan hacer análisis cuantitativos y cualitativos de estos eventos.

1.2 Antecedentes del Problema

El plantel donde se llevó a cabo la investigación contempla en su Proyecto Educativo Institucional, la enseñanza intensificada de las Ciencias Naturales en los grados correspondientes al nivel de Educación Media. Es así como las asignaturas de Física y Química se desarrollan con una intensidad semanal de cuatro (4) horas cada una.

El propósito que la institución busca al impartir estas asignaturas es el de desarrollar competencias propias del quehacer científico, tales como la interpretación de situaciones, el planteamiento de hipótesis y regularidades y el establecimiento de condiciones.

En términos generales, el desempeño de la institución en las pruebas censales externas ha sido bueno. Es así como los resultados de las pruebas SABER 11, que implementa el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES), han referenciado a la institución en la categoría de desempeño *Superior*, durante los últimos nueve años. Sin embargo, la institución no ha alcanzado la meta de mejorar su clasificación y pasar a la máxima categoría de desempeño: *Muy Superior*.

Particularmente en la asignatura de Física, el desarrollo de competencias alcanzado en la prueba se ubica en el nivel medio.

En ese sentido, es importante subrayar que el uso de recursos audiovisuales, informáticos y, en general, de las nuevas tecnologías para la información y la comunicación (NTIC) se ha extendido a las diferentes actividades humanas y científicas, incluyendo, por supuesto, la educación. Estas aplicaciones fortalecen el nuevo enfoque de sociedad del conocimiento e impactan notablemente en la escuela, una de las unidades fundamentales del sector educativo, así como a los docentes y estudiantes como protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje. Progresivamente, tanto los educadores como otros profesionales vienen haciendo esfuerzos para perfeccionar sus habilidades en el uso de la tecnología. (Olivero y Chirinos, 2007).

La incidencia de las NTIC y el efecto que en la educación tiene el desarrollo de una sociedad digital y globalizada, demandan cambios en las prácticas instruccionales, en

especial en lo que respecta al trabajo en el aula. Ante este panorama, se hace necesario considerar las posibles aplicaciones que las nuevas tecnologías ofrecen como recurso pedagógico y como medio educativo (Contreras, García y Ramírez, 2010). Una de tales aplicaciones es la utilización del computador en tareas instruccionales. Además de ser un medio de comunicación muy efectivo, es también un valioso instrumento de aprendizaje. En ese sentido, el computador puede ser usado de manera exclusiva o junto con otros recursos con el propósito de optimizar las prácticas pedagógicas.

El computador representa, entonces, un componente fundamental de las NTIC y en la medida que esta herramienta se ha ido desarrollando, los educadores han hecho uso de ella para impulsar las prácticas de enseñanza. No obstante, al examinar experiencias educativas en diversos países, se puede observar que el método de enseñanza cara a cara es aún la práctica más común de instrucción. Este modelo de instrucción se fundamenta en un ambiente de enseñanza centrado en el profesor, en el cual la conferencia magistral se constituye en la principal actividad instruccional.

Bajo este modelo de enseñanza los estudiantes pueden presentar problemas en la asignación de significados, en la comprensión del contenido en su conjunto, en la localización de nueva información en el esquema mental propio y en la producción de conocimiento. Es importante hacer notar que los conceptos que se manejan en la enseñanza de la física son, en su mayoría, abstractos. En un modelo de instrucción cara a cara, estos conceptos se hacen más difíciles de comprender, lo que afecta la actitud de los estudiantes hacia el estudio de esta asignatura (Cildir, 2005). En este sentido, la enseñanza asistida por computador puede constituirse en una valiosa estrategia para mejorar la calidad de las experiencias de aprendizaje (Yenice, 2003).

Varios autores (Bayrak, 2008; Cotton, 1991; Olivero y Chirinos, 2007) sostienen que la enseñanza asistida por computador le otorga al estudiante el control de su aprendizaje, al tiempo que le permite a los estudiantes progresar a su propio ritmo, participar más a gusto en los esfuerzos de aprendizaje, aprender con mayor eficacia, utilizar una variedad de materiales didácticos, realizar un seguimiento de las experiencias de aprendizaje, obtener respuestas directas a sus preguntas, disponer de información instantánea sobre sus fortalezas y debilidades y llevar a cabo experimentos que serían difíciles de realizar en la vida real. Por lo general, el computador hace más agradable la experiencia de aprendizaje.

De otro lado, si se toman las precauciones necesarias y si se hacen previamente los arreglos de acuerdo a las necesidades de los estudiantes, las aplicaciones asistidas por computador pueden ayudar a los estudiantes a aprender en forma permanente. Las ciencias naturales son particularmente apropiadas para la aplicación de la enseñanza asistida por computador, ya que hay un gran número de conceptos y principios científicos que se pueden ilustrar a través de gráficos, animaciones o elementos multimedia.

El objetivo principal de la enseñanza asistida por computador es entregar los contenidos de la asignatura y realizar actividades instruccionales con la ayuda de aplicaciones informáticas. Ciertos géneros de programas de computador pueden ser utilizados para presentar los temas. Las simulaciones, que permiten la representación de acontecimientos de la vida real en un ambiente controlado, son programas eficaces que mejoran los esfuerzos de aprendizaje. Con ellos, los estudiantes pueden tomar sus propias decisiones para cada problema y ver los resultados de sus decisiones en un entorno seguro (Bayrak, 2008).

En este panorama, el punto crítico en el propósito de impulsar el uso didáctico de las NTIC lo constituye la formación del profesorado. Asimismo, la interactividad debe considerarse como factor predominante en el aprendizaje de las ciencias naturales, particularmente de la física, ya que favorece la aprehensión de conceptos, principios y leyes de la mecánica clásica de partículas, los eventos ondulatorios, la termodinámica y el electromagnetismo. Este nivel de comprensión puede alcanzarse exponiendo los elementos básicos y complementando el estudio con análisis cualitativos y cuantitativos de los eventos, mediante gráficas y animaciones (Cabero, 1999).

En el contexto educativo se han determinado ciertos ambientes cuyo propósito es el de recrear una realidad con la que los estudiantes puedan establecer contacto. En ese sentido, el laboratorio se constituye en un espacio donde los estudiantes pueden tener una aproximación a los fenómenos estudiados y a los principios y leyes que los regulan. El desarrollo de las NTIC ha propiciado el surgimiento de entornos alternativos que ofrecen la posibilidad de apoyar o sustituir el ambiente del laboratorio tradicional. En la mayoría de los casos, estos entornos, genéricamente denominados simuladores, eliminan los peligros generados por el uso de cierto tipo de materiales y reducen los costos que conlleva la experimentación con materiales reales (Amaya, 2009).

Dentro de los propósitos fundamentales de los simuladores en el ámbito educativo está el brindar apoyo en la transferencia de conocimiento. Es posible establecer un modelo de categorización para la transferencia de conocimiento, por ejemplo: se puede considerar que el nivel mínimo de transferencia es el *dato*. Cuando los datos se proveen de significado se establece el segundo nivel de transferencia, la *información*. La siguiente categoría es el *conocimiento*, asociado a la comprensión de los fenómenos. Finalmente, la

categoría superior para la transferencia es la *destreza*, relacionada con las competencias específicas (Bender y Fish, 2000).

Los laboratorios virtuales, como una variedad particular de simuladores, son una herramienta útil para la aprehensión de significados, el desarrollo de habilidades procedimentales, la construcción de conocimientos y la descontextualización de éstos. El laboratorio virtual se constituye en un instrumento mediante el cual los estudiantes tienen la posibilidad acceder a diversos contextos, a los cuales les resultaría muy difícil aproximarse, dadas las condiciones del entorno educativo donde aprenden. Es importante hacer notar que, en la actualidad, la simulación se constituye en un apoyo de uso cada vez más frecuente en el desarrollo científico, anteriormente fundamentado sólo en la experimentación.

Los laboratorios virtuales de física ofrecen un modelo de algún evento mecánico, ondulatorio, electromagnético o termodinámico, permitiéndole al usuario la manipulación de ciertos elementos, parámetros y variables, reproducir el modelo y observar los resultados en la pantalla del computador (Escamilla, 2000). En la actualidad, el desarrollo de las NTIC ha puesto a disposición de todos, diferentes medios para el almacenamiento de la información. De la misma manera, estas herramientas tecnológicas ofrecen la posibilidad de representar fenómenos físicos en la pantalla del computador en vez de hacerlo en la pizarra o en papel (Rosario, 2005).

Aunque la cantidad de estudios sobre los laboratorios virtuales ha ido aumentando en los últimos años, aún existe mucha materia de investigación. No obstante, se dispone de numerosas experiencias en la utilización de laboratorios virtuales y simuladores en

general, especialmente al nivel de educación superior (Bayrak, 2008; Catalán, Serrano y Concari, 2010; Debel, Cuicas, Casadei, y Álvarez, 2009). En ingeniería, por ejemplo, se han desarrollado laboratorios virtuales de física, a los que se puede acceder remotamente en tiempo real, lo que enriquece la experiencia de aprendizaje del estudiante. Este tipo de herramientas elimina las restricciones asociadas al uso de laboratorios tradicionales, tales como optimización del tiempo, los costos de la adquisición de los instrumentos, los gastos operacionales, la escasez de recurso humano, y el horario disponible. (Catalán *et al.*, 2010).

Otra área de formación profesional en la que el uso de simuladores ha ido en aumento es la medicina. El acelerado desarrollo de la tecnología computacional ofrece cierto género de aplicaciones que permiten recrear eventos clínicos con un nivel de realismo bastante significativo. Esto les da la posibilidad a los futuros profesionales de la salud de tener una participación protagónica en su proceso de aprendizaje. El uso de entornos de simulación promueve, además, el trabajo interdisciplinar y las diversas perspectivas de aprendizaje (Bradley, 2005).

Otras investigaciones se han desarrollado con el propósito de evaluar la efectividad de los simuladores. Cabrera (2003), por ejemplo, adelantó un estudio sobre el uso de simuladores y modeladores como mediadores del proceso de formación en sistemas de gestión de la calidad. Los resultados del estudio muestran diferencias estadísticamente significativas entre los estudiantes que utilizaron el *software* de simulación y los que recibieron instrucción tradicional. En el grupo experimental se observó un mayor nivel de aprehensión de las causas de la problemática estudiada. Esto permitió un mejor desempeño en la evaluación.

En el ámbito educativo colombiano, el Plan Decenal de Educación (PNDE) 2006 – 2016 plantea como uno de los fines del sistema educativo el aseguramiento del acceso, utilización y apropiación de las TIC como instrumentos para el aprendizaje, el avance científico, el desarrollo humano y el impulso de la sociedad del conocimiento. Con este propósito, uno de los desafíos que plantea el PNDE es la formulación de políticas nacionales que promuevan la utilización de estrategias didácticas activas basadas en NTIC, que favorezcan el aprendizaje autónomo, colaborativo y el pensamiento crítico y creativo (Ministerio de Educación, 2008). Hoy en día, muchas instituciones han actualizado sus proyectos educativos (P.E.I.) para integrar las NTIC como agentes transformadores de los entornos de enseñanza.

Actualmente existe un gran número de recursos digitales disponibles, unos elaborados con fines comerciales por empresas especializadas, y otros desarrollados por docentes. Dentro de ese gran catálogo de recursos se encuentran programas educativos así como otros objetos de aprendizaje, como los simuladores. El material disponible cubre varias áreas del conocimiento y un importante número son de dominio público. De otro lado, existe un creciente interés por parte de muchos docentes, por desarrollar sus propios recursos digitales y simuladores, para que se ajusten a sus requerimientos curriculares particulares.

Gran parte de Latinoamérica aún no tiene el nivel de apropiación de las NTIC como en Europa, Asia o Norteamérica. En ese sentido, han resultado muy útiles las investigaciones de Contreras *et al.* (2010) y Amaya (2009), que han estudiado el impacto que tiene el uso de diversos entornos tecnológicos en el proceso de enseñanza-aprendizaje, desde el enfoque de la transferencia de conocimiento. Asimismo, numerosas

investigaciones han estudiado el efecto de los simuladores en la enseñanza de la Física a nivel de educación superior (García y Gil, 2006; Esquembre, 2005; Kofman, Catalán y Concari, 2004; Giorgi, Cámara y Kofman, 2004; Fogliati Catalán y Concari, 2004; Catalán *et al.* 2010).

Existe un considerable número de estudios que analizan el impacto de la simulación por computador en el aprendizaje de la física, la mayoría de ellos enfocados a niveles universitarios y postsecundarios. Bayrak (2008) presenta un análisis comparativo de la eficacia de dos métodos de enseñanza en la asignatura Física II en un programa de educación superior. Uno de esos métodos se basa en la instrucción asistida por ordenador realizada a través de simulación y el otro en una estrategia de enseñanza cara a cara. En ese mismo sentido, Olivero y Chirinos (2007) desarrollaron una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica y la óptica en un programa de formación profesional, mediada por la simulación por computador. En su estudio los autores analizan la incidencia de esta herramienta en el aprendizaje de los estudiantes.

1.3 Planteamiento del Problema

La Física como asignatura constituyente del área de las Ciencias Naturales juega un papel muy importante en la estructuración de un pensamiento científico de los estudiantes. Las NTIC como herramientas mediadoras del proceso enseñanza-aprendizaje les brinda a los actores educativos la posibilidad de nuevas aproximaciones hacia los fenómenos físicos que se estudian, a través de diversos análisis cualitativos y cuantitativos.

En Latinoamérica, las inversiones en NTIC orientadas a los procesos educativos han ido en aumento. Particularmente, las inversiones anuales en equipos son del orden de los cientos de millones de dólares. En este contexto resulta primordial discutir sobre la incidencia de la tecnología en los aprendizajes básicos que deben alcanzar todos los estudiantes y que han sido contemplados en los lineamientos curriculares para cada una de las asignaturas en cada país (Trucco, 2010).

Trucco (2010) señaló en la Conferencia Internacional de la UNESCO sobre el impacto de las NTIC en la educación, que las pruebas e indicadores internacionales que son realizadas no han profundizado en el posible impacto de las NTIC en la educación. Dentro de esas pruebas e indicadores se pueden mencionar el Laboratorio Latinoamericano de Evaluación de la calidad de la Educación (LLECE), el Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias (TIMSS) y el Informe del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (PISA).

En ese sentido, la intención investigativa de este estudio resulta muy importante ya que se pretende establecer el impacto que tiene el uso de una herramienta tecnológica, como lo es el laboratorio virtual, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física. Asimismo, el presente trabajo de investigación pretende determinar una posible relación entre el uso de este instrumento tecnológico y el rendimiento académico de los estudiantes en la asignatura en cuestión.

Concretamente, se pretende dar respuesta a la siguiente pregunta, *¿Cuál es el impacto del laboratorio virtual en el aprendizaje por descubrimiento de la cinemática*

bidimensional en estudiantes de décimo grado de Educación Media? De esta pregunta principal se derivan las siguientes preguntas:

Para el grado décimo de Educación Media, ¿existe relación entre la utilización de un laboratorio virtual y la actitud de los estudiantes hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias?

¿Existe diferencia estadísticamente significativa en el nivel de comprensión de la cinemática bidimensional, entre estudiantes que reciben instrucción mediada por un laboratorio virtual y estudiantes que reciben instrucción tradicional?

¿Existe relación entre el uso del laboratorio virtual y el desarrollo de habilidades para resolver problemas de física?

1.4 Objetivos de Investigación

A continuación se presenta el objetivo general y los objetivos específicos del presente trabajo de investigación.

1.4.1 Objetivo general

Determinar el impacto del laboratorio virtual en el aprendizaje por descubrimiento de la cinemática bidimensional en estudiantes de décimo grado de Educación Media.

1.4.2 Objetivos específicos

- Establecer la relación entre la utilización del laboratorio virtual y la actitud de los estudiantes de décimo grado de Educación Media hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias.

- Determinar si existe diferencia en el nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional, entre estudiantes que reciben instrucción mediada por un laboratorio virtual y estudiantes que reciben instrucción tradicional, para el décimo grado de Educación Media.
- Establecer la relación entre el uso del laboratorio virtual y el desarrollo de habilidades para resolver problemas de física, en el décimo grado de Educación Media.

1.5 Justificación

La utilización de recursos tecnológicos como mediadores en el proceso de enseñanza-aprendizaje es una práctica que se está haciendo cada vez más común. En la enseñanza de las ciencias naturales, por ejemplo, la utilización de programas informáticos que modelan y simulan diversos fenómenos físicos, químicos y biológicos se ha convertido en un área de interés por parte de docentes e investigadores. Existen importantes investigaciones sobre el tema, sin embargo, la mayor parte de los estudios se orientan hacia la Educación Superior o Postsecundaria (García y Gil, 2006; Esquembre, 2005; Kofman *et al.*, 2004; Giorgi *et al.*, 2004; Fogliati *et al.*, 2004; Catalán *et al.*, 2010; Sierra, 2005; Casadei, Cuicas, Debel y Álvarez, 2008). En el nivel de Educación Media, algunos estudios describen la incidencia de la simulación por computador en la enseñanza de la Física, específicamente sobre ejes temáticos relacionados con la termodinámica (Becerra, 2005) y los principios de electricidad (Amaya, 2008).

En ese escenario, este estudio aporta importante evidencia empírica relacionada con la incidencia del laboratorio virtual en la enseñanza de la Física, en el nivel de

Educación Media y, concretamente, en la enseñanza de la cinemática bidimensional. En el mismo sentido, el presente trabajo de investigación contribuye a la reflexión pedagógica referida a las estrategias empleadas en la enseñanza de la física escolar, y el impacto de estas sobre la actitud y la motivación de los estudiantes, así como sobre el nivel de comprensión de los temas tratados.

Los beneficios de esta investigación pueden valorarse desde el enfoque de los diferentes actores del proceso educativo: docentes, directivos docentes, investigadores y autoridades educativas. En primer lugar, este estudio aporta información importante que le permite a los docentes tomar decisiones sobre la incorporación del laboratorio virtual como estrategia didáctica en sus prácticas de aula. Asimismo, los directivos docentes tendrán un elemento más para considerar la integración de recursos y medios tecnológicos en el currículo de las instituciones educativas. Los investigadores interesados en el campo de la simulación por computador como apoyo a los procesos de enseñanza, encontrarán en esta investigación una importante fuente de información.

De otro lado, las autoridades en materia de educación también se beneficiarán de este estudio, ya que les aportará una referencia para el análisis en el diseño de políticas sobre el uso de tecnología para apoyar procesos pedagógicos. En especial, ésta y otras investigaciones relacionadas, contribuyen a establecer un marco de referencia para la formulación de orientaciones metodológicas para la enseñanza de la física en la Educación Media.

1.6 Limitaciones del Estudio

La investigación se llevó a cabo durante el año lectivo 2011. Durante el primer semestre del año se desarrolló el componente conceptual del estudio que comprende el planteamiento del problema, el marco teórico y la metodología. El trabajo de campo, la recolección de datos, así como la presentación de los resultados del estudio y las conclusiones del mismo, fueron desarrollados durante el segundo semestre. Esta restricción de tiempo obligó a limitar el estudio, específicamente a la incidencia del laboratorio virtual en el aprendizaje de la cinemática bidimensional.

El estudio se desarrolló con estudiantes de grado décimo de Educación Media en una institución localizada en Cartagena de Indias, Bolívar, Colombia. Las restricciones de tiempo para la entrega de los avances de la investigación obligaron a tomar la decisión de trabajar exclusivamente con los estudiantes de este grado y nivel educativo. En ese mismo sentido, fue necesario seleccionar un diseño metodológico que permita obtener los resultados requeridos en un tiempo relativamente corto (dos meses).

Es importante hacer notar que, el género de programas informáticos denominados simuladores, comprende un gran número de aplicaciones que representan modelos de diversos eventos de la vida real. Dentro de esa multiplicidad de aplicaciones, este trabajo de investigación se centró específicamente en los laboratorios virtuales, considerados como herramientas de *software* que permiten representar múltiples experiencias didácticas en el ámbito de la física, la química o la biología en la pantalla del computador.

De otro lado, tomando en consideración las diferentes perspectivas de aprendizaje de las ciencias naturales, es importante precisar que la presente investigación abordó el estudio de la incidencia de los laboratorios virtuales desde un enfoque basado en el *aprendizaje por descubrimiento*, fundamento del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales. Esto supone que la instrucción se desarrolla en un ambiente de aprendizaje centrado en el estudiante.

1.7 Definición de Términos

Para la comprensión de los fundamentos y los resultados del presente trabajo de investigación resulta primordial conocer el significado de ciertos términos de uso frecuente. A continuación se presentan las definiciones de los términos básicos manejados en este estudio:

Simulador. En el campo de la informática, se refiere a un género de programas que reproducen las características y el comportamiento de un determinado sistema o fenómeno, sea natural (físico, químico, biológico, etc.) o social (económico, administrativo, operativo, etc.), a través de la modelación matemática (Amaya, 2009).

Laboratorio virtual. Se refiere a una aplicación informática, orientada a la enseñanza o a la investigación, cuyo propósito es recrear un fenómeno natural a través de la visualización de sus distintos estados. Éstos se describen mediante un conjunto de variables que cambian de valor progresivamente de acuerdo a la ejecución de un algoritmo determinado (Alejandro y Perdomo 2009).

Aprendizaje por descubrimiento. Esta perspectiva de aprendizaje plantea que la manera más significativa de que el estudiante aprenda ciencias es, precisamente, haciendo ciencia. En ese sentido, el proceso de enseñanza de las ciencias debe fundamentarse en experiencias que le brinden al alumno la oportunidad de investigar y recrear los descubrimientos científicos. El docente debe plantear escenarios para el descubrimiento, generando interrogantes o situaciones problemáticas para que los estudiantes propongan soluciones (Sierra, 2005).

Cinemática bidimensional. La cinemática es la rama de la mecánica física que estudia el movimiento ignorando las causas que lo producen. La cinemática bidimensional comprende el estudio de los movimientos en los que la partícula se desplaza simultánea e independientemente en los ejes horizontal y vertical. Como ejemplos de esos movimientos están el lanzamiento parabólico y el movimiento circular uniforme (Serway y Jewett, 2004).

Educación Media. Según el sistema educativo colombiano, descrito en la Ley 115 de 1994 (Ley General de Educación), la educación media sigue a la educación básica secundaria y comprende dos grados (décimo y undécimo). Puede tener el carácter de educación académica o técnica. La educación media académica le brinda la posibilidad al alumno de profundizar en un campo específico de las ciencias, las artes o las humanidades y acceder a la educación superior.

Capítulo 2. Marco Teórico

El presente capítulo tiene como propósito exponer los constructos que enmarcan el trabajo de investigación. Para ello se hace una amplia descripción de la literatura revisada y se presentan los resultados de los más importantes estudios relacionados con el tema. Primeramente se presentan los conceptos relacionados con la simulación a través del laboratorio virtual, así como el papel del docente y las nuevas relaciones en el aula de informática. Se hace también una completa exposición sobre la aplicación del laboratorio virtual en el proceso de indagación científica.

Seguidamente se hace un amplio despliegue conceptual sobre el modelo didáctico conocido como aprendizaje por descubrimiento y su importancia en la enseñanza de las ciencias. También se describen otras estrategias didácticas como contribuciones de la psicología en la educación científica. Entre las estrategias presentadas están: la enseñanza expositiva, el aprendizaje mediante el conflicto cognitivo, la investigación dirigida y la enseñanza por explicación y contrastación de modelos.

En este capítulo también se presenta la relación entre el uso del laboratorio virtual y la adopción del modelo didáctico de aprendizaje por descubrimiento, particularmente en el estudio de la física. Para ello se desarrolla una exposición sobre las aplicaciones de esta herramienta en el estudio de la cinemática y las potencialidades de este tipo de *software* en el estudio del lanzamiento parabólico y del movimiento circular uniforme.

En la parte final del capítulo se resumen las más relevantes investigaciones empíricas relacionadas con el tema del uso de laboratorios virtuales y simuladores como elementos mediadores en la enseñanza de las ciencias. En esta descripción se presentan

los objetivos, el contexto, la metodología, los resultados, las recomendaciones y los trabajos futuros recomendados en estos estudios.

2.1 *El Laboratorio Virtual.*

2.1.1 *La simulación a través del laboratorio virtual.*

La enseñanza de la física escolar tiene como uno de sus propósitos fundamentales la conciliación entre los fenómenos del mundo real y la modelación, que le ofrece al alumno la posibilidad de interpretar esos fenómenos. En ese sentido el *software* de simulación permite aproximar los eventos del mundo real y los modelos matemáticos que los representan. Además, esta herramienta brinda la posibilidad de manipular las variables que conforman los modelos, favoreciendo el proceso de enseñanza-aprendizaje en las dimensiones cognitiva y expresiva (Bork, 1981).

La simulación por computador permite obtener resultados que serían muy difíciles de conseguir si se trata de resolver el modelo matemático (Kowalski, 1985). Asimismo, el *software* de simulación permite la representación visual del (los) fenómeno(s) o evento(s) estudiado(s). Sierra (2000) resalta otras ventajas de la simulación por computador:

- Ofrece la oportunidad de recrear virtualmente algunos fenómenos cuya reproducción sería improbable en un ambiente escolar, bien sea por el peligro que representan, por el tiempo y/o el espacio que requieren o por el costo de los equipos.
- Favorece el contraste de las ideas previas, la formulación de hipótesis y el establecimiento de condiciones y regularidades.

- El estudiante interactúa con el modelo y, de esta forma, logra una comprensión más amplia del fenómeno estudiado.
- La posibilidad de manipular las variables, parámetros y condiciones del modelo favorece el aprendizaje por descubrimiento. Asimismo, se crea un escenario propicio para el aprendizaje autónomo.
- Le brinda la oportunidad al estudiante de enfocarse en los principios físicos que intervienen en el fenómeno y no sólo en los procedimientos matemáticos.
- Permite el contraste de las leyes físicas desde el análisis cuantitativo y cualitativo.
- Favorece el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física, desde las dimensiones afectiva, cognitiva y expresiva.

El constructivismo le otorga al estudiante un rol protagónico en el proceso de aprendizaje. Asimismo, el aprendizaje por descubrimiento es un modelo didáctico centrado en el estudiante. En este modelo, se crea un ambiente de aprendizaje que favorece la construcción autónoma del conocimiento a través de la indagación, la solución de problemas y la investigación. En ese mismo sentido, el aprendizaje por descubrimiento guiado impulsa la asimilación de conceptos, así como de procedimientos (Njoo y de Jong, 1991).

En ese contexto, el uso de *software* de simulación se articula naturalmente con la estrategia de aprendizaje por descubrimiento guiado, ya que el modelo que representa el fenómeno estudiado subyace a la representación misma y el estudiante debe descubrirlo por sí mismo. En otro sentido, la simulación por computador ofrece al estudiante un

punto entre lo real y lo abstracto, favoreciendo el desarrollo del pensamiento formal (Valente y Neto, 1992).

No obstante, las investigaciones sobre aprendizaje por descubrimiento mediado por *software* de simulación no reportan resultados concluyentes. Njoo y de Jong (1993) remarcan dos debilidades del uso de simulación por computador para el aprendizaje de ciencias. La dificultad de los conceptos estudiados y la falta de actividad por parte de los estudiantes. Estos inconvenientes pueden superarse si se adoptan ciertas medidas de ajuste a las actividades instruccionales:

- Desarrollo de una estrategia de complejidad creciente (White, 1998).
- Controlar los valores que pueden ser asignados a ciertos parámetros.
- Los fenómenos estudiados deben tener un trasfondo conceptual profuso y los estudiantes deben poder abordarlos desde diferentes perspectivas de investigación.
- Los estudiantes deben ser motivados a la exploración.
- Debe crearse un ambiente en el que el descubrimiento del estudiante sea guiado, con cierto grado de libertad que permita el desarrollo de una lógica individual.
- El *software* de simulación debe proveer de toda la ayuda necesaria para evitar un uso desordenado y arbitrario por parte de estudiantes con pocos conocimientos en la asignatura.
- Se debe encontrar el balance adecuado entre actividades obligatorias y aquellas donde el estudiante tiene la facultad de seguir sus propios cursos de acción.

De acuerdo al enfoque que adoptan, los programas de simulación se clasifican en dos categorías:

a) *Software* de simulación basado en fenómenos. Bajo este enfoque, los eventos simulados pueden desarrollarse bien sea sobre datos experimentales o sobre valores fijados previamente.

b) *Software* de simulación basado en el modelo. En este enfoque los objetos se representan simbólicamente.

En el uso de simulación por computadora es posible establecer tres niveles de representación relacionados entre sí, a saber:

- Nivel de ejecución del modelo matemático.
- Nivel de representación simbólica del modelo.
- Nivel de representación gráfica o animada.

En el presente trabajo de investigación, el *software* de simulación resulta especialmente importante como herramienta mediadora del proceso formativo. El laboratorio virtual, como un tipo especial dentro de este género de programas informáticos, ofrece interesantes posibilidades al docente en la estructuración de secuencias didácticas para el aprendizaje de la física. Esta investigación busca analizar la incidencia de esta estrategia en el aprendizaje efectivo de los estudiantes.

2.1.2 El rol del docente y las relaciones en el aula de informática.

El trabajo pedagógico desarrollado en el aula de informática plantea ciertos cambios en la relación entre el docente y el estudiante. De un lado, los estudiantes se sienten más independientes y capaces de tomar sus propias decisiones, sin temor a cometer errores, estableciendo un diálogo con el computador. De otro lado, el docente

asume el rol de un facilitador que orienta al estudiante en su interacción con la máquina. El análisis de estas relaciones se constituye en un importante elemento a tener en cuenta en la evaluación formativa del proceso de enseñanza-aprendizaje. Este análisis resulta ser de gran valor para la adecuación del diseño instruccional y para el desarrollo del material didáctico (Fernández, 1983).

Cuando se utiliza *software* de simulación para desarrollar un experimento, se pueden advertir cambios en la forma de interactuar de los alumnos. En un trabajo experimental desarrollado en el laboratorio tradicional, los estudiantes frecuentemente se enfocan en los detalles del experimento, relegando a un segundo plano la indagación sobre las causas del fenómeno estudiado. En contraste, con el uso de la simulación asistida por computador los estudiantes dialogan con el propósito de plantear hipótesis que sustenten los eventos simulados por el *software*, descubriendo los principios físicos involucrados (Chatterton, 1985).

Varias investigaciones (Squires, 1985; Watson, 1993; Webb, 1984, 1989) demuestran que la utilización del computador aumenta la eficacia de las actividades colaborativas y contribuye al desarrollo de competencias comunicativas. En ese sentido, Chatterton (1985) establece que las actividades colaborativas (mediadas o no por el uso del computador) generan buena parte del aprendizaje considerado útil, además, el autor resalta el valor de este tipo de actividades cuando se emplea *software* de simulación, a diferencia de las técnicas de instrucción habituales.

No obstante, la consecución de los objetivos de aprendizaje no siempre está asegurada por la interacción entre estudiantes. En ese sentido el reporte *ImpacT* (Watson,

1993) establece una diferencia entre *colaboración* y *cooperación* cuando los alumnos utilizan grupalmente algún tipo de *software* educativo. El trabajo grupal frente a la pantalla del computador no garantiza que haya colaboración. Así ocurre cuando se utilizan programas de suites ofimáticas.

El uso de simulación por computador brinda al estudiante la posibilidad de afianzar su sentido de la responsabilidad, y de convertirse en gestor de su propio aprendizaje. De esta manera se favorece la reflexión y se ofrece la oportunidad a los estudiantes de avanzar de acuerdo a su ritmo de aprendizaje. Este modelo de aprendizaje centrado en el alumno le otorga a este una buena dosis de autonomía sobre el proceso formativo, y en esa misma medida le plantea al docente el reto de determinar el momento y la manera de intervenir para no afectar la dinámica de participación del estudiante (Fonseca, Hurtado, Lombana y Ocaña, 2006).

En este punto es importante hacer notar que el docente juega un papel fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediado por la simulación por computador. Primero, en el diseño instruccional de la acción formativa. Luego, definiendo la manera en que los estudiantes utilizarán el recurso informático y, por último, interpretando el rol apropiado para crear un entorno que favorezca la construcción de conocimiento. Sobre este particular la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) se pronunció en su informe de 1989 sobre las tecnologías de la información en la educación, en el que se establece que el análisis de *software* debe considerar que muchas veces el uso que se le da a éste no es el más apropiado. En otras ocasiones los docentes no conocen las potencialidades de los

programas o no crean los entornos ideales para la construcción de conocimiento (OCDE, 1989).

El tipo de relaciones que potencializa cierta categoría de *software* establece los procesos didácticos que pueden favorecerse con el uso de ese género de programas. Así, el *software* de simulación puede servir como soporte a las estrategias de aprendizaje por exploración y descubrimiento. De otro lado, el *software* de modelización apoyará la interpretación y la formulación de modelos.

Uno de los efectos más notables de la utilización de *software* de simulación y modelización es la adopción de un nuevo perfil docente. El profesor asume un rol de facilitador y orientador, y entiende que debe ser el estudiante el protagonista y el centro del proceso (García y Gil, 2006). En esa línea, se pueden mencionar las siguientes funciones del profesor en su nuevo rol:

- *Proveedor de recursos.* El docente selecciona y dispone múltiples recursos (presentaciones, material audiovisual, multimedia e hipermedia, etc.) para el desarrollo de actividades. El docente también puede realizar modificaciones en estos recursos para adaptarlos a las características de los estudiantes, a las necesidades y a los objetivos instruccionales.
- *Organizador.* El docente debe considerar dentro de su planeación curricular la forma y la frecuencia con que se utilizarán los computadores. Debe tener en cuenta las limitaciones de tiempo y de equipos, así como el estilo que pretende imprimirle a la instrucción: demostraciones dirigidas a todos los estudiantes,

trabajo colaborativo para la resolución de problemas en equipos pequeños, actividades individuales, etc.

- *Tutor*. El profesor debe adelantar asesorías por pequeños equipos, con el propósito de favorecer la reflexión, la interpretación, el establecimiento de condiciones y el planteamiento de hipótesis y regularidades.
- *Investigador*. El profesor registra sus observaciones sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje que adelanta y sobre el uso de la simulación por computador, con el propósito de identificar las oportunidades de mejora y las dificultades de los estudiantes. Esta tarea es de gran valor para documentar las técnicas de aprendizaje que emplean los estudiantes al momento de usar el *software* de simulación. Además, permite establecer los conceptos que el estudiante debe asimilar antes de la actividad con el programa, para asegurar la eficacia de la estrategia.
- *Facilitador*. El profesor brinda las condiciones para que los alumnos aprovechen al máximo el *software* empleado. De esta manera el docente favorece la autonomía y la autogestión del aprendizaje.

En el desarrollo del presente trabajo de investigación, la adopción de estas funciones por parte del docente significó un factor fundamental de éxito, en el propósito de estimular el aprendizaje por descubrimiento de los estudiantes. Las interacciones entre los estudiantes dentro del aula de informática hacen parte de las enseñanzas actitudinales que deben favorecerse en la experiencia formativa generada con motivo del presente estudio. Del rol que interprete el profesor en el proceso formativo dependerá que éste se centre en el estudiante y en su desempeño.

2.1.3 El laboratorio virtual y el proceso de indagación científica.

Uno de los propósitos principales de la educación en ciencias es el de contribuir a la comprensión de los modelos científicos, su construcción, así como de la caracterización de los fenómenos que tienen lugar en el mundo real. En la enseñanza de la física escolar, particularmente, se pueden distinguir tres perspectivas: descubrimiento deductivo, descubrimiento inductivo y perspectiva intermedia (White, 1998).

En la perspectiva de descubrimiento deductivo los principios y leyes físicas se modelan matemáticamente con el propósito de que los estudiantes resuelvan cuantitativamente problemas fuertemente estructurados. Este es un enfoque muy rígido, donde se revela una divergencia entre el conocimiento formal y el conocimiento empírico del estudiante.

En contraste, en la perspectiva de descubrimiento inductivo, los principios y las leyes físicas se infieren en forma progresiva a partir de la experiencia con los fenómenos del mundo real. Este enfoque representa una manera muy simple de ver la ciencia. Además, tiene su punto de partida en el mundo real, con toda la complejidad que significa. La perspectiva de descubrimiento inductivo basada en experiencias converge con el proceso de indagación científica conocido como empirismo ingenuo.

En la perspectiva intermedia, los alumnos construyen modelos en un nivel de abstracción moderado. Estos modelos favorecen el razonamiento que lleva al estudiante a determinar las causas del fenómeno que estudia, desarrollando habilidades de interpretación, de establecimiento de condiciones y de planteamiento de hipótesis y regularidades. Las representaciones se pueden visualizar a través de simulaciones, en las

que se emplean gráficos para transmitir la secuencia de los eventos. Esta perspectiva se enfoca en la experimentación con modelos recreados a partir de *software*, reduciendo la realización de experimentos reales y moderando la estrategia de resolución de problemas por métodos cuantitativos.

Al desarrollar una secuencia didáctica mediada por el uso del laboratorio virtual, los alumnos llevan a cabo experiencias y actividades en las que tratan de controlar las variables cinemáticas (velocidad, aceleración y posición), manipulando ciertos parámetros de control (gravedad, fuerza, empuje, resistencia del aire, etc.). El desarrollo de actividades utilizando el laboratorio virtual involucra diversos niveles de abstracción que son usados en una estrategia instruccional de cuatro fases (Sierra, 2005), como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Fases de una estrategia instruccional basada en el uso de laboratorio virtual.

Sierra (2005), describe cada una de estas fases de la siguiente manera:

- *Motivación.* Se proponen a los alumnos ciertos problemas.

- *Investigación.* En grupos pequeños, los estudiantes desarrollan experimentos con el *software* de laboratorio virtual para solucionar los problemas planteados.
- *Formalización.* En grupos más grandes, los alumnos evalúan los principios y leyes que sustentan los fenómenos estudiados.
- *Transferencia.* El docente relaciona los resultados obtenidos con los fenómenos del mundo real.

En ese contexto, los docentes utilizan el laboratorio virtual adaptándolo a su propia perspectiva de enseñanza. Frecuentemente, los docentes de educación básica secundaria y media utilizan el laboratorio virtual para simular experimentos. Sin embargo, no es usual que introduzcan la modelización a su estrategia (Prado, 2008).

2.2 El Aprendizaje por Descubrimiento.

2.2.1 El aprendizaje por descubrimiento como modelo didáctico de enseñanza de las ciencias.

El modelo didáctico de aprendizaje por descubrimiento establece que la mejor forma en que los estudiantes aprenden ciencia es, sencillamente, haciéndola. En ese sentido, la formación en ciencias debe fundamentarse en experiencias que le ofrezcan al alumno la oportunidad de recrear los descubrimientos científicos. Esta concepción se basa en la premisa de que el estudiante desarrolla operaciones intelectuales semejantes a las del científico, y por tanto, aplicará las fases del método científico en su proceso de indagación (Kelly, 1955; Shulman y Keislar, 1974).

El aprendizaje por descubrimiento converge con la perspectiva inductiva de la ciencia, al asegurar que el seguimiento preciso de los pasos del método científico conlleva al conocimiento del mundo real. En ese sentido, la selección y organización de los contenidos se hace siguiendo pautas disciplinares. Las secuencias didácticas se plantean en base a la solución de problemas representativos, que ofrezcan la posibilidad de aplicar, en forma rigurosa, los pasos del método científico. Del mismo modo, uno de los propósitos es interiorizar en el estudiante enseñanzas actitudinales que lo lleven a asumir una actitud reflexiva sobre el quehacer científico (Gibert y Boulter, 2000).

De manera concreta, en la estrategia de aprendizaje por descubrimiento, el estudiante no es un simple receptor pasivo de contenidos, sino que, por el contrario, se convierte en un agente activo que devela el conocimiento mediante un proceso de investigación y manipulación del objeto o fenómeno que se estudia. Esto permite una comprensión integral de los contenidos y un aprendizaje significativo y duradero. Así, el nuevo conocimiento se integra en forma natural al esquema cognitivo del estudiante.

Este modelo didáctico hace especial énfasis en el desarrollo de competencias investigativas en el estudiante, quien alcanza el conocimiento adaptando el nuevo concepto que se propone aprender a su propio estilo de aprendizaje. En ese sentido, el aprendizaje por descubrimiento está en relación directa con ciertas variables como: los datos, el nivel educativo y la madurez intelectual del sujeto, el contexto y las áreas de búsqueda. Esta estrategia de enseñanza de las ciencias puede desarrollarse desde tres enfoques: el descubrimiento *deductivo*, el descubrimiento *inductivo* y el descubrimiento *transductivo*. A partir de estos enfoques, pueden distinguirse seis métodos para el desarrollo del modelo didáctico (Shulman y Keislar, 1974):

- Método de interpolación.
- Método de extrapolación.
- Método deductivo estructurado.
- Método deductivo.
- Método hipotético deductivo.
- Método transductivo.

Una de las funciones del docente es la de propiciar un contexto que favorezca el descubrimiento, generando preguntas detonantes o problemas que los estudiantes deban resolver. De esta manera, una secuencia didáctica basada en aprendizaje por descubrimiento, consta de cinco fases (Escribano, 2008), representadas en la figura 2.

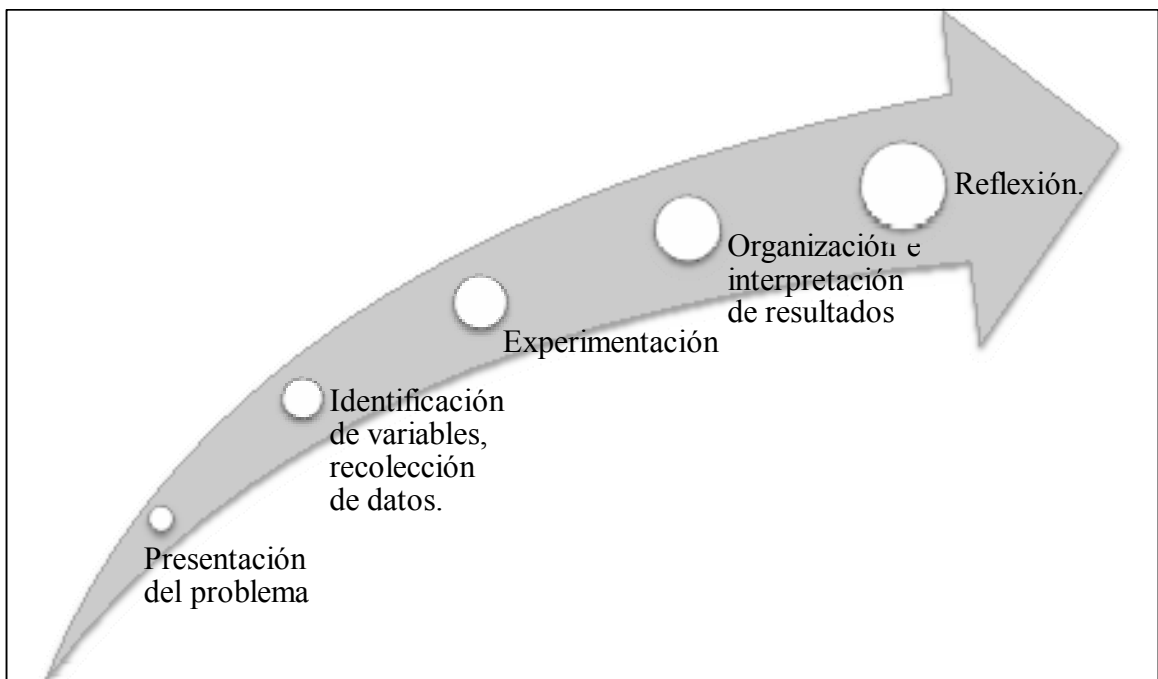


Figura 2. Fases de una secuencia didáctica basada en aprendizaje por descubrimiento.

No obstante, el modelo de aprendizaje por descubrimiento presenta tres dificultades principales.

- Pese a que los estudiantes desarrollan instrumentos de conocimiento cercanos a los de los científicos, sólo aplican procedimientos heurísticos en la resolución de problemas, pero no precisamente el método científico.
- La importancia de los modelos y las teorías rebasan el enfoque inductivo ingenuo, base epistemológica del aprendizaje por descubrimiento.
- No hay una apropiada diferenciación entre procesos *científicos*, de *aprendizaje* y de *enseñanza*.

2.2.2 Otras contribuciones de la psicología a la enseñanza de las ciencias.

2.2.2.1 *Enseñanza expositiva*. Ausubel, Novak y Hanesian (1983) plantean que el manejo inapropiado de los procesos de aprendizaje de los estudiantes ha sido la causa de la poca eficacia de la enseñanza tradicional. En consecuencia, estos autores proponen una convergencia entre el razonamiento propio de la asignatura que se enseña y el razonamiento de los estudiantes, con el propósito de aumentar la eficacia las exposiciones y la apropiación de significados. Esta estrategia didáctica no hace énfasis en los procedimientos científicos.

La teoría de la enseñanza expositiva plantea que el aprendizaje proviene de los conocimientos previos de los estudiantes y se apoya en el razonamiento disciplinar. Este concepto ha llevado a una divergencia interpretativa sobre el fundamento epistemológico de esta teoría. Desde un enfoque constructivista podría decirse que el estudiante es el principal artífice en la construcción de conocimiento. En contraste, desde la perspectiva positivista se establece que el alumno asimila un conocimiento construido externamente.

La organización de los contenidos coincide con la propia distribución de conceptos de la disciplina estudiada, desde lo general a lo específico. El docente debe emparejar las nuevas enseñanzas con ciertas concepciones que el estudiante tiene al interior de su mente o, en su defecto, emplear organizadores previos que enlacen el conocimiento que ya tiene el estudiante con el nuevo conocimiento. De esta manera los conceptos que se estudian son asociados a los estudiados previamente.

Las fases de este modelo didáctico son: Presentación del organizador, presentación del material y potenciación de la organización cognitiva (Novak y Gowin, 1988). Estas fases se representan en la figura 3.

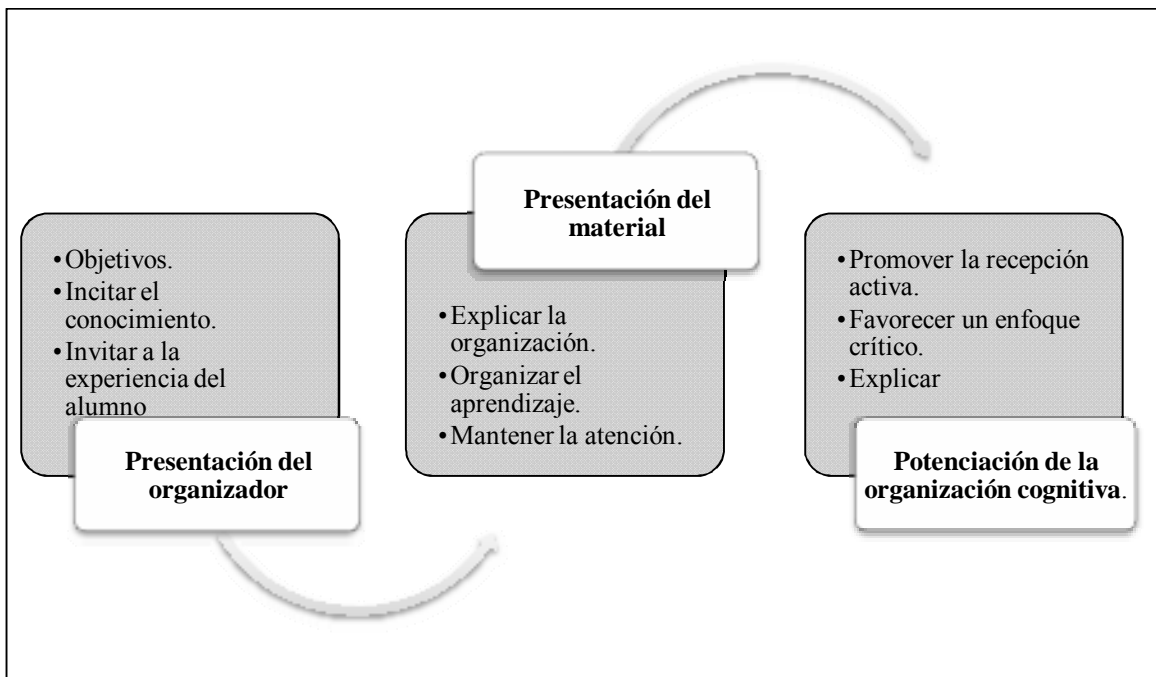


Figura 3. Fases del modelo didáctico de enseñanza expositiva.

2.2.2.2 *Enseñanza mediante el conflicto cognitivo.* En esta perspectiva la enseñanza parte de las ideas previas del estudiante para evaluarlas frente a situaciones problemáticas, de tal manera que sea consciente del cambio conceptual que debe hacer para resolver el conflicto. Esta estrategia sitúa al estudiante como el actor principal en la construcción del conocimiento y el propósito principal es reemplazar las ideas vagas del estudiante por conceptos más próximos al conocimiento científico. Este modelo didáctico supone ciertas condiciones para las situaciones de aprendizaje. En primer lugar, el estudiante debe sentir una insatisfacción respecto de su propia situación. Asimismo, debe existir un concepto claramente comprensible y aceptable para el estudiante, que le resulte más firme que sus propias ideas previas (Heywood y Parker, 2007).

El conflicto cognitivo puede interpretarse desde dos perspectivas. De un lado, el *conflicto empírico*, el cual se centra en la divergencia entre una idea alternativa y un fenómeno. Y de otro lado, el *conflicto conceptual*, que se enfoca en la discrepancia entre dos teorías. De cualquier modo, este modelo didáctico exige del docente un diseño instruccional riguroso que contribuya a la resolución de los conflictos cognitivos de los estudiantes. En ese sentido, la evaluación de los aprendizajes se basa en la verificación del cambio de concepciones alternativas por conceptos científicos.

Este modelo didáctico presenta fuertes semejanzas con la enseñanza tradicional. Por ello la educación transmisionista lo ha asimilado, más como una estrategia de enseñanza de las ciencias, que como un paradigma para el currículo *per se*. En efecto, la enseñanza tradicional se ha aprovechado de este modelo al plantear la necesidad de considerar las concepciones alternativas de los estudiantes con el propósito de suprimirlas; sin embargo, nada cambia en la concepción misma del currículo. Como

consecuencia, los estudiantes encubren sus concepciones en el ámbito académico, pero estas reaparecen fuera del contexto escolar.

Este modelo didáctico para la enseñanza tiene un enfoque marcadamente cognitivo. En ese sentido, es importante hacer notar que las posteriores revisiones de este modelo han tenido en cuenta la dimensión afectiva del proceso de enseñanza, así como los factores motivacionales del proceso. No obstante, hay que resaltar que el interés en la dimensión expresiva es casi nulo, omitiendo que la efectividad del cambio conceptual está en función de un cambio metodológico (Gil, 1983).

2.2.2.3 Enseñanza mediante investigación dirigida. Esta estrategia didáctica plantea que, con el propósito de lograr cambios en las dimensiones afectiva, cognitiva y expresiva, el estudiante debe ubicarse en un escenario semejante al del científico. En este contexto, el docente asumiría el rol de un director de proyectos de investigación. Así, el proceso de aprendizaje debe seguir los pasos del método científico, sirviéndose de ciertos instrumentos metodológicos que contribuyan al cambio conceptual, procedimental y actitudinal de los estudiantes.

El modelo de enseñanza mediante investigación dirigida tiene su fundamento epistemológico en las teorías constructivistas del aprendizaje, ya que se considera que las actitudes, los conceptos y los métodos son el resultado de una construcción social. De este modo, ya que la investigación científica se fundamenta en el planteamiento y solución de problemas, la educación en ciencias debe estructurarse también alrededor de la resolución de problemas de interés para el alumno (Carin, Bass y Contant, 2008).

Es importante tener en consideración las características de los estudiantes, así como la realidad del entorno social al momento de seleccionar los contenidos del currículo. En consecuencia, se pueden distinguir dos perspectivas de organización de los contenidos: la primera está orientada hacia los conceptos científicos propios de la disciplina de estudio. La segunda se fundamenta en conceptos que dan significado a los saberes disciplinares particulares.

La historia de la ciencia es determinante al momento de organizar los contenidos del currículo, al plantearse que el aprendizaje de los conceptos científicos es un proceso análogo al proceso mismo de construcción científica. La organización de los contenidos debe fundamentarse en el trabajo conjunto de docente y estudiantes con el propósito de plantear y resolver problemas, éstos se presentan como trabajos de investigación a pequeña escala (Gil, Carrascosa, Furió y Martínez, 1991).

La propuesta de enseñanza mediante investigación dirigida presenta un importante elemento diferenciador de la estrategia de aprendizaje por descubrimiento; este elemento hace referencia a la construcción social de la solución al problema planteado. De otro lado, cada una de las fases de una secuencia didáctica basada en enseñanza mediante investigación guiada constituye una valiosa herramienta de valoración de los aprendizajes.

Esencialmente, este modelo didáctico plantea dos retos principales. En primer lugar, el docente debe cambiar la manera como concibe la enseñanza de las ciencias desde las perspectivas actitudinal, cognitiva y procedimental. Y, en segundo lugar, se debe encontrar la correspondencia entre el proceso de investigación científica y el

proceso de aprendizaje de la ciencia, a pesar de las evidentes diferencias entre los contextos del estudiante y del científico. En efecto, la mayoría de los problemas de investigación científica se desarrollan en un contexto diferente al del estudiante. En el aula se plantean problemas de una complejidad moderada, pero con un alto valor formativo (Moyer, Hackett y Everett, 2007).

Bajo este modelo de enseñanza de las ciencias, las secuencias didácticas buscan guiar al estudiante en el proceso investigativo. La figura 4 presenta las fases de una secuencia didáctica según el modelo de enseñanza mediante investigación dirigida.

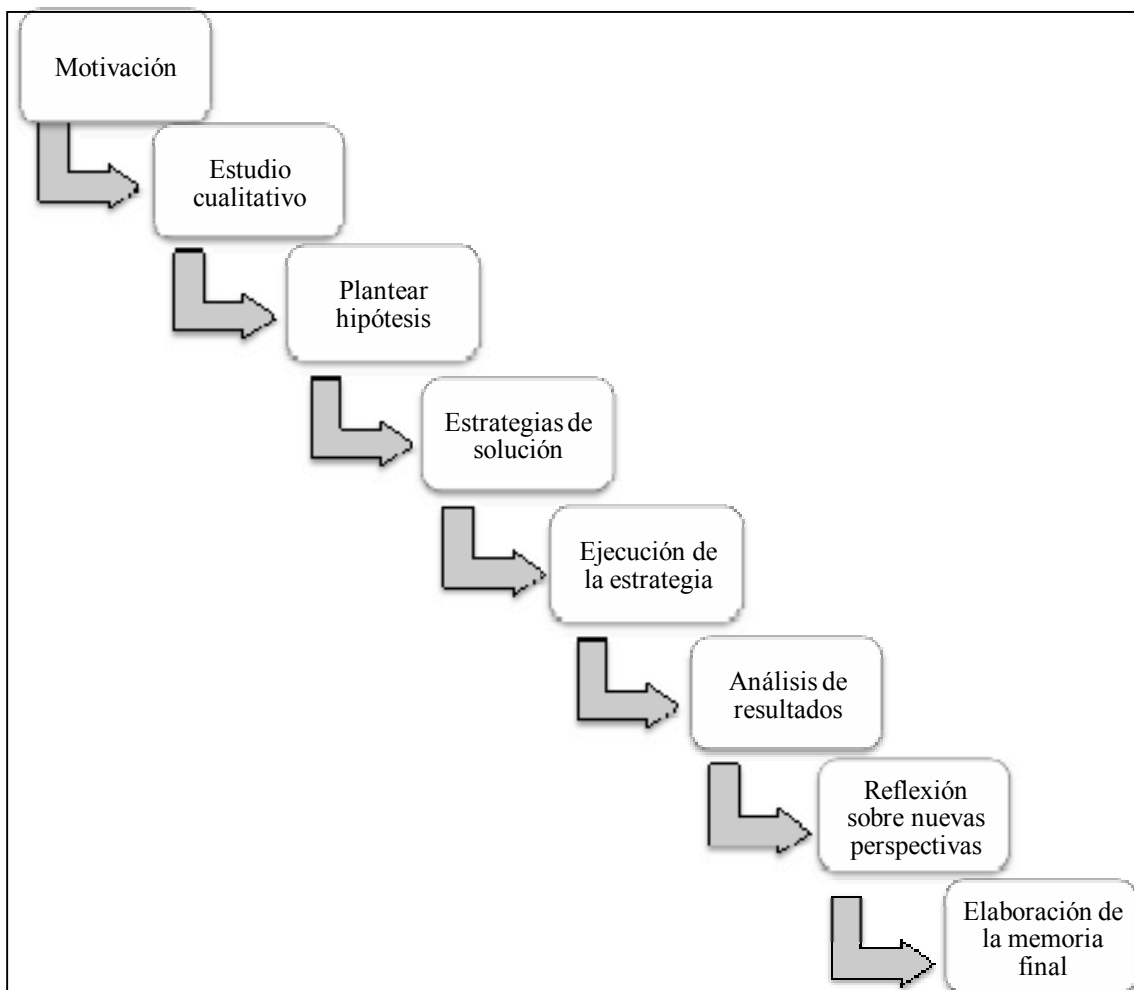


Figura 4. Fases de una secuencia didáctica basada en investigación dirigida.

2.2.2.4 Enseñanza por explicación y contrastación de modelos. Este modelo didáctico plantea que la enseñanza de las ciencias se desarrolla en un contexto diferente a la investigación científica. Por esta razón, los propósitos y las herramientas de evaluación son diferentes. El docente presenta a los estudiantes varios modelos alternativos para contrastarlos, diferenciarlos y relacionarlos. Por su parte, el estudiante, con el apoyo del docente, debe adecuar la estructura actitudinal, cognitiva y procedimental propia de la disciplina que estudia.

Esta estrategia de enseñanza de las ciencias tiene su fundamento epistemológico en el constructivismo. El propósito principal de esta estrategia es que el alumno tenga una visión general de los diferentes modelos a través de los cuales se analizan los fenómenos naturales. A partir de ese conocimiento global, el estudiante podrá contrastar, comparar, diferenciar y evaluar dichos modelos. Esta estrategia didáctica contribuye a la construcción de esquemas propios por parte de los alumnos y a la integración de los modelos construidos por los pares (Mintzes, Wandersee y Novak, 2004).

Los contenidos del currículo se enfocan fundamentalmente en la dimensión cognitiva. A partir de estos contenidos se busca estructurar los modelos construidos por los estudiantes, a los que irán asociando nuevos conceptos. De la misma forma esos modelos se contrastan con otros, identificando semejanzas y diferencias. Es importante hacer notar que los conceptos, más que fines, se constituyen en medios para la construcción de modelos.

Las actividades desarrolladas bajo este modelo didáctico comprenden problemas que estimulen a los estudiantes a la búsqueda de alternativas de solución. Estas

alternativas deben estructurarse y explicarse a partir de varios modelos. En este contexto, en la medida que se despliega la secuencia didáctica, el docente asume diversos roles: director de proyectos de investigación, expositor de alternativas, motivador, moderador, promotor de diálogos argumentativos, etc.

La figura 5 muestra, a manera de síntesis, el panorama global de las contribuciones de la psicología en la enseñanza de las ciencias.

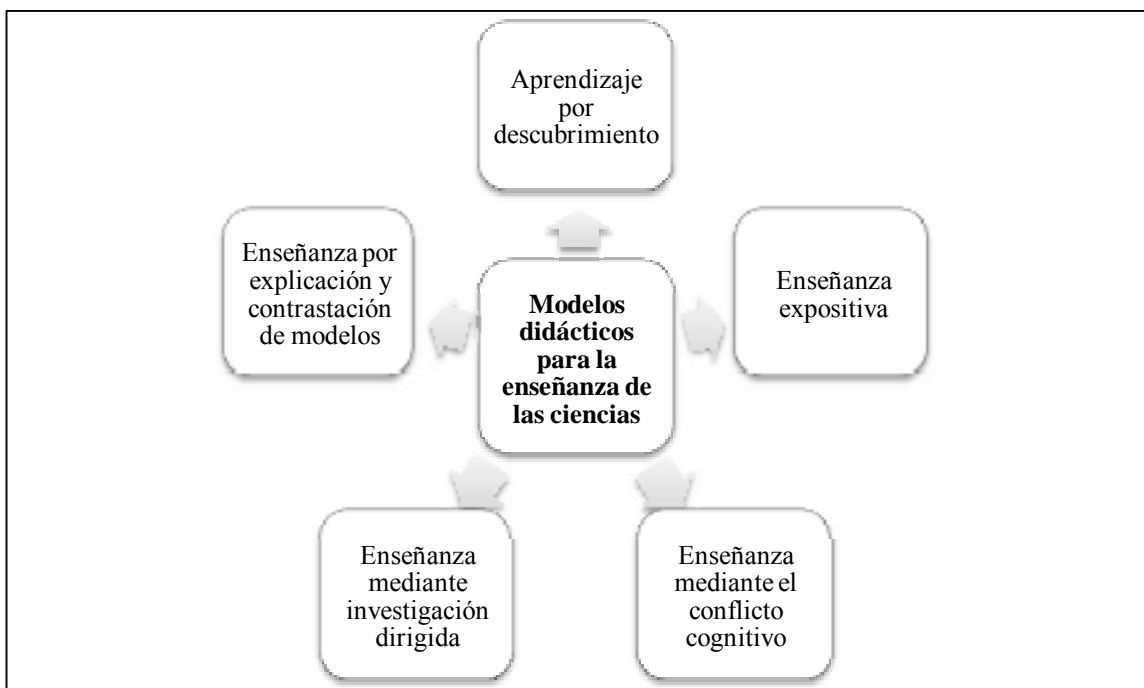


Figura 5. Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias.

El presente trabajo de investigación pretende evaluar la incidencia del laboratorio virtual en la enseñanza de la cinemática bidimensional en el nivel de Educación Media. En ese sentido, el modelo didáctico utilizado, aunque ecléctico, con características de los modelos de enseñanza por investigación dirigida, enseñanza mediante el conflicto cognitivo y enseñanza por explicación y contrastación de modelos, se desarrolla desde la perspectiva dominante del modelo de aprendizaje por descubrimiento.

2.3 El Laboratorio Virtual en el Aprendizaje por Descubrimiento de la Física.

2.3.1 El laboratorio virtual y el estudio de la cinemática en un modelo didáctico de aprendizaje por descubrimiento.

Una de las principales áreas de formación donde se ha aprovechado el potencial de la informática para el desarrollo de nuevos modelos didácticos, ha sido en la enseñanza de la física. Esta situación ha permitido explorar un campo de estudios interdisciplinarios donde convergen la informática, la enseñanza de la física y la propia ciencia. Lo anterior se pone de manifiesto en el profuso desarrollo de *software* educativo que tiene como propósito apoyar la enseñanza de la física.

Al momento de plasmar los conceptos que se quieren enseñar en una secuencia didáctica, se plantea el reto de vincular el nuevo conocimiento al esquema mental propio del estudiante, de tal manera que el nuevo aprendizaje no le resulte tan complejo que no pueda afrontarlo. Sobre este particular, Pozo y Gómez (1998) resaltan que los acercamientos entre el conocimiento científico y la comprensión son generalmente muy complejos. Los autores señalan que, para promover el análisis cualitativo, son necesarios tres elementos fundamentales en el diseño instruccional: apertura, flexibilidad y, sobre todo, claridad conceptual.

Una de las dificultades asociadas a la enseñanza de la física en la Educación Media es que los estudiantes difícilmente tienen desarrollado el nivel de abstracción matemática necesario para la modelación de la mayoría de los fenómenos físicos. Frecuentemente, esta situación resulta ser un factor crítico al momento de adelantar el diseño curricular. En ese sentido, el laboratorio virtual ofrece un gran potencial para el

aprendizaje cualitativo, la modelación y la solución de problemas. Estas potencialidades favorecen la exploración y el aprendizaje de la ciencia desde una perspectiva constructivista (Esquembre, 2005).

De otro lado, el docente de física del nivel de Educación Media comúnmente encuentra que los estudiantes inician el curso con ciertas ideas previas que, generalmente, divergen de las teorías y principios que sustentan los fenómenos. En efecto, Oliva (1994) establece que muchas de esas ideas alternativas persisten en estudiantes de Educación Superior. La Tabla 1 resalta las ideas previas más difundidas en el ámbito de la mecánica clásica de partículas, según Oliva (1994).

Tabla 1.
Ideas previas relacionadas con la mecánica clásica de partículas según Oliva (1994).

Concepto	Ideas previas
Velocidad	Se confunden los conceptos de velocidad y posición. Se cree que la magnitud de la velocidad está relacionada con la distancia recorrida o con el tiempo transcurrido; sin embargo, no se considera el efecto de ambas variables en forma simultánea. Si un objeto se suelta desde un cuerpo en movimiento, pierde su velocidad instantáneamente. El reposo, el movimiento y la velocidad son magnitudes absolutas.
Aceleración	Se confunden los conceptos de velocidad y aceleración. No se tienen en cuenta valores negativos para la aceleración. Se confunden los gráficos descriptivos de los movimientos: trayectoria, posición-tiempo y velocidad-tiempo.
Fuerza y movimiento	Se confunden los conceptos de fuerza y aceleración. Siempre que un cuerpo se mueve es por la acción de una fuerza. El movimiento de un cuerpo siempre se produce en la misma dirección y/o sentido de la fuerza. La fuerza asociada a un cuerpo disminuye su valor poco a poco. Si sobre un móvil no actúa fuerza alguna, entonces perderá su velocidad progresivamente.
Caída libre	El tiempo de caída de un cuerpo es proporcional a su masa. La caída de un cuerpo es un movimiento uniforme. La densidad de un cuerpo influye en el tiempo de caída del mismo.
Movimiento parabólico	Los movimientos compuestos ocurren de manera sucesiva y no simultánea. La componente horizontal de la velocidad influye en el tiempo de caída. No se concibe el movimiento vertical en forma independiente del horizontal.

En un ambiente de aprendizaje por descubrimiento el estudiante puede confrontar estas ideas alternativas con la actividad empírica, a fin de crear un desequilibrio cognitivo que únicamente se puede solventar con un cambio conceptual. Aquí se puede observar un punto de convergencia entre los modelos didácticos de aprendizaje por descubrimiento y por conflicto cognitivo. En este aspecto, el laboratorio virtual juega un importante papel como mediador entre las ideas previas del estudiante y la construcción teórica de la ciencia, que busca dar explicaciones formales a los fenómenos (Amaya, 2009; Catalán *et al.*, 2010).

Particularmente en el estudio de la cinemática, el laboratorio virtual ofrece la oportunidad de que el estudiante pueda establecer diferencias entre los conceptos de velocidad y posición, considerando la incidencia de la distancia recorrida y el tiempo transcurrido en el cálculo de la velocidad de un móvil. Asimismo, es posible confrontar el principio de inercia de un cuerpo, que le permite permanecer en movimiento aunque ninguna fuerza externa esté actuando sobre él.

Para este propósito, las herramientas visuales del laboratorio virtual le permiten al estudiante observar el comportamiento de las variables cinemáticas (posición, tiempo, velocidad y aceleración), de este modo es posible establecer comparaciones entre ellas y hacer un análisis detallado del movimiento de un cuerpo. Además, los gráficos descriptivos (posición-tiempo, velocidad-tiempo, aceleración-tiempo) posibilitan un abordaje del estudio de la cinemática desde una perspectiva mixta: cualitativa/cuantitativa.

En este punto es importante hacer notar que una de las características más valiosas del laboratorio virtual, en relación con el aprendizaje por descubrimiento, está en la posibilidad de manipular las variables y los parámetros de control del experimento virtual. Esto le brinda al estudiante la opción de ir haciendo una construcción propia de la teoría a partir de los resultados de su experiencia. La figura 6, por ejemplo, muestra una captura de pantalla de un experimento virtual desarrollado en un *software* de simulación comercial llamado *Newton*® (desarrollado por *DesignSoft*). En esta simulación el estudiante puede manipular las variables cinemáticas y analizar tanto el resultado visual como las gráficas descriptivas.

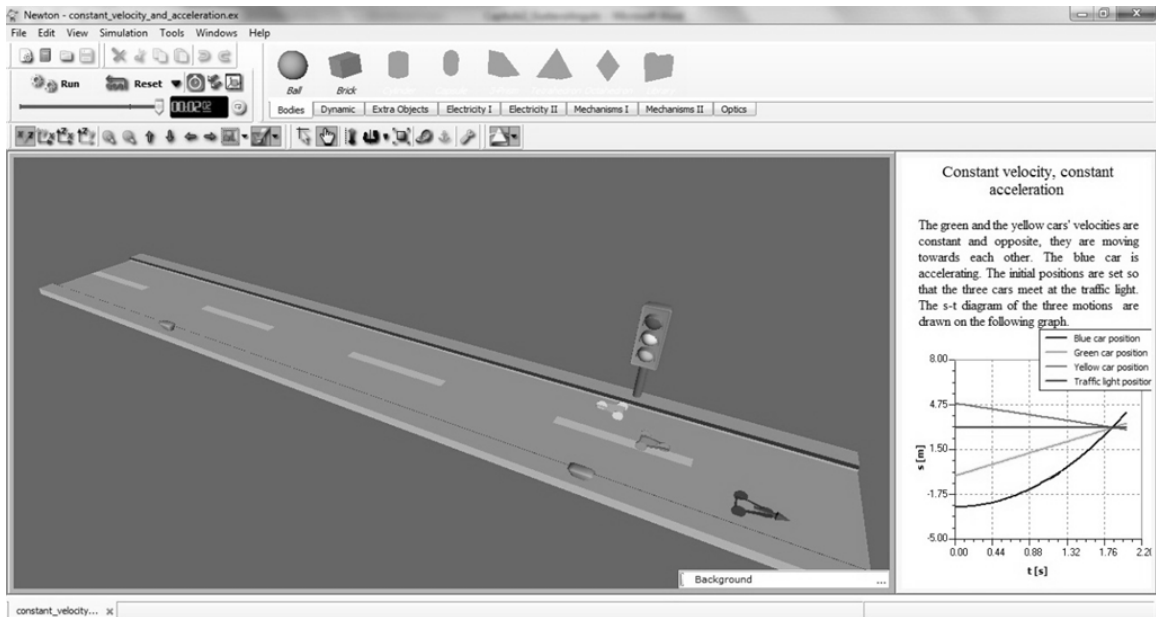


Figura 6. Experimento virtual sobre cinemática. Desarrollado en Newton®

Una de las principales características del laboratorio virtual como herramienta didáctica es su interfaz gráfica interactiva. En el ámbito de la informática, la interactividad se entiende como el conjunto de elementos que facilitan la comunicación del usuario con el computador (Evans y Gibbons, 2007). Cuando el alumno interactúa

con el laboratorio virtual, es mediante la interfaz gráfica que el *software* induce al estudiante a iniciar el intercambio. Asimismo, la interfaz gráfica es la plataforma a través de la cual el programa le presenta la respuesta.

En la actualidad, los docentes tienen a su disposición una gran variedad de aplicaciones de laboratorios virtuales de física. La tabla 2 presenta algunos programas representativos de este género, de los cuales, sólo PhET® es de código abierto.

Tabla 2.
Algunos programas representativos del género de laboratorios virtuales.

Programa	Desarrollador	Sitio web
Interactive Physics®	Design Simulation Technologies®	www.design-simulation.com/IP
Newton®	DesignSoft®	www.newtonlab.com
PhET©	University of Colorado at Boulder	phet.colorado.edu
Physion	Dimitris Xanthopoulos	physion.net/
Working Model 2D®	Design Simulation Technologies®	www.design-simulation.com/WM2D
Crocodile Physics®	Crocodile Clips	www.crocodile-clips.com/
Virtual Physics®	Nahlik Soft®	www.nahliksoft.com/vphysics.html

Estos programas ofrecen, entre otras, las siguientes funcionalidades: creación de objetos como círculos, bloques y polígonos, a través de herramientas de dibujo; medición de magnitudes como velocidad, aceleración, fuerza, momento, energía, etc., en unidades del sistema métrico o del sistema inglés; creación de cuerdas, resortes, amortiguadores, poleas, separadores, actuadores lineales y motores de rotación; variación de la resistencia del aire, la gravedad o las propiedades de los materiales; visualización de resultados en forma numérica, gráfica y vectorial.

Desde la perspectiva de aprendizaje por descubrimiento, el laboratorio virtual ofrece interesantes potencialidades para el estudio de la cinemática; de un lado, pueden abordarse secuencias didácticas sobre cinemática unidimensional (movimiento rectilíneo uniforme, movimiento uniformemente acelerado y caída libre). Por otro lado, es posible estudiar eventos cinemáticos bidimensionales como el lanzamiento parabólico y el movimiento circular uniforme. Las posibilidades del laboratorio virtual en el estudio de estos dos últimos eventos se analizan en los siguientes apartados.

2.3.2 Posibilidades del laboratorio virtual en el estudio del lanzamiento parabólico.

El repertorio de herramientas visuales, de análisis y de descripción con el que cuenta el *software* de laboratorio virtual permite adelantar un estudio a profundidad del lanzamiento parabólico de proyectiles. Este estudio puede abordarse desde una perspectiva educativa centrada en el estudiante, donde lo fundamental es cómo se aprende, cómo enfrenta el estudiante el proceso formativo y cómo asume la responsabilidad frente a su propio aprendizaje (Griffith, 1985; Huffman, Goldberg y Michlin, 2003; Lee, Guo y Ho, 2008).

Como se mencionó en el anterior apartado, Oliva (1994) resalta que, en el estudio del lanzamiento de proyectiles, el docente se enfrenta con el reto de aprovechar las preconcepciones de los estudiantes, con el propósito de crear un desequilibrio cognitivo al momento de contrastarlas con la experimentación. Desde el enfoque de aprendizaje por descubrimiento, entonces, la función principal del docente es la de recrear un contexto de experimentación, donde el estudiante pueda poner a prueba sus ideas previas, y

reconstruir, por sí mismo, la teoría científica que da soporte a los fenómenos físicos estudiados.

El uso del laboratorio virtual en un ambiente de aprendizaje por descubrimiento exige del estudiante un diseño y una construcción propia de las experiencias. Para ello, el docente debe instruirle en la utilización del *software* y sus funcionalidades, al tiempo que le plantea los pasos del modelo didáctico. En ese sentido, para el estudio del movimiento parabólico, el docente puede modelar ciertos eventos de lanzamiento de proyectiles. Posteriormente puede plantear algunas preguntas detonantes que inviten al estudiante a diseñar y construir sus propios experimentos virtuales con el propósito de encontrar las respuestas a esos interrogantes.

El laboratorio virtual ofrece la alternativa de estudiar cualitativa y cuantitativamente la progresión de las variables cinemáticas y sus componentes horizontal y vertical. Desde la perspectiva cualitativa, por ejemplo, es posible observar el comportamiento de los vectores que representan la velocidad del cuerpo y sus componentes rectangulares. De otro lado, desde un punto de vista cuantitativo, puede visualizarse en la pantalla del computador, la magnitud de la velocidad y la aceleración en cada punto de la trayectoria.

Estas herramientas didácticas le ofrecen al estudiante la oportunidad de registrar en detalle las características del lanzamiento parabólico, así como de los dos movimientos que lo componen: el vertical y el horizontal. De esta forma, se crea un escenario propicio para confrontar las ideas previas que marca Oliva (1994). La figura 7 muestra una experiencia virtual desarrollada en *Interactive Physics*® (desarrollado por

Design Simulation Technologies). En ella puede apreciarse el rastro del vector de velocidad con sus componentes y los valores en diferentes puntos.

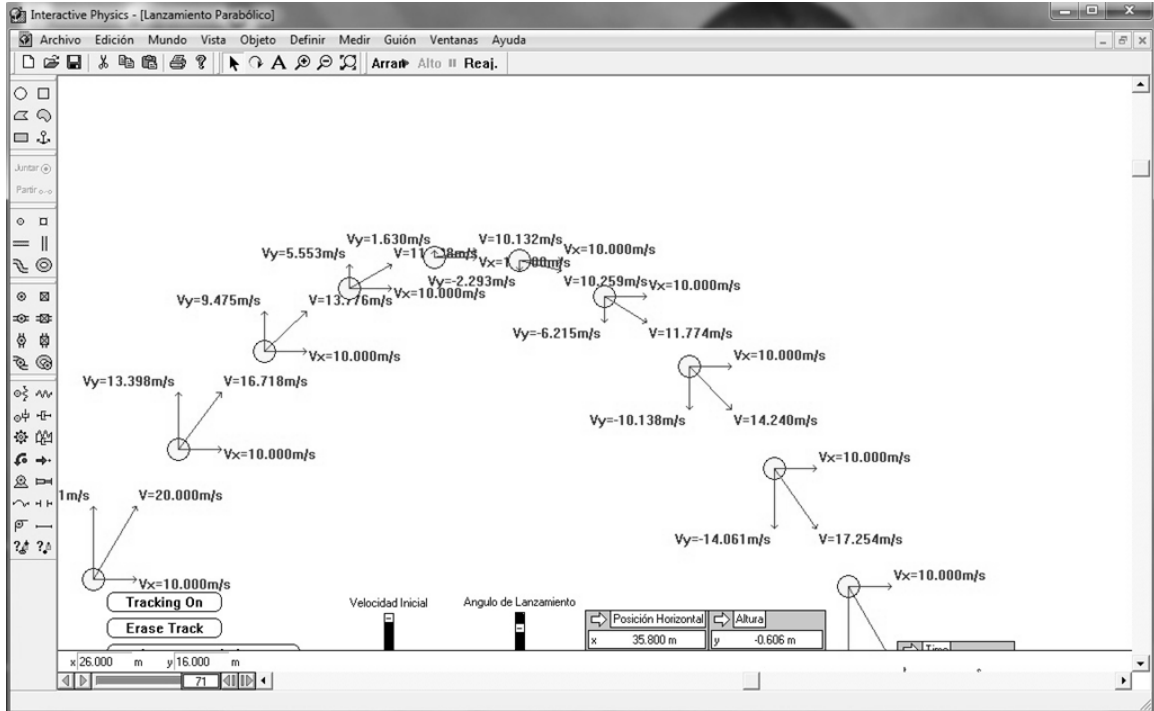


Figura 7. Experimento virtual sobre lanzamiento parabólico. Desarrollado en Interactive Physics®.

El trabajo experimental del estudiante debe conducir al cuestionamiento de sus propias ideas pre-concebidas. En efecto, la actividad empírica que desarrolle el alumno se encamina a responder preguntas como:

- ¿Influye la aceleración gravitacional en la velocidad horizontal?
- ¿Qué sucede con la velocidad vertical en el ascenso?
- ¿Qué sucede con la velocidad vertical en el descenso?
- ¿Varía la magnitud de la velocidad horizontal?

El propósito es que el estudiante pueda, a partir de los resultados de la experimentación, establecer que en el lanzamiento parabólico la velocidad vertical se ve afectada por la gravedad, primero disminuyéndola hasta cero y luego aumentándola; sin embargo la velocidad horizontal no se ve afectada ya que su dirección es perpendicular a la del vector de la aceleración. De esta manera el alumno reconstruye la teoría física que sustenta este fenómeno: el principio de independencia de movimientos de Galileo.

2.3.3 Posibilidades del laboratorio virtual en el estudio del movimiento circular uniforme.

En concordancia con lo señalado por Oliva (1994), el estudio del movimiento circular uniforme representa para el docente la responsabilidad de propiciar un cambio conceptual en la estructura cognitiva del estudiante. Esto significa que el alumno debe incorporar la teoría científica que sustenta el fenómeno, en reemplazo de las ideas alternativas que disienten de la explicación científica. El modelo didáctico de aprendizaje por descubrimiento ofrece la posibilidad de que el estudiante revele por sí mismo esa construcción teórica formal y la vaya incorporando a su propia estructura mental.

En ese contexto el laboratorio virtual se constituye en un instrumento didáctico mediante el cual el estudiante puede descubrir que la causa de la trayectoria circular es, en principio, una fuerza. De este modo, se puede abordar un estudio detallado de las variables descriptivas del movimiento circular. De un lado, el estudiante puede visualizar en la pantalla el comportamiento del vector de la velocidad: cambia permanentemente de dirección, pero su magnitud es constante. De otro lado, también puede apreciarse el vector de la aceleración centrípeta, causante del cambio de dirección de la velocidad.

Tal como se ha remarcado, los gráficos de posición-tiempo, velocidad-tiempo y aceleración-tiempo son elementos fundamentales en el estudio de cualquier evento cinemático. A partir del análisis de estos gráficos, el estudiante puede comprender las características del movimiento, indagar sobre las causas del movimiento, establecer condiciones y demostrar las hipótesis que haya planteado. El uso del laboratorio virtual ofrece interesantes funcionalidades para que el alumno desarrolle un estudio concienzudo de las características del movimiento circular uniforme.

La gráfica 8 muestra un experimento virtual sobre movimiento circular uniforme, desarrollado en el programa de simulación *PhET*© (*University of Colorado*).

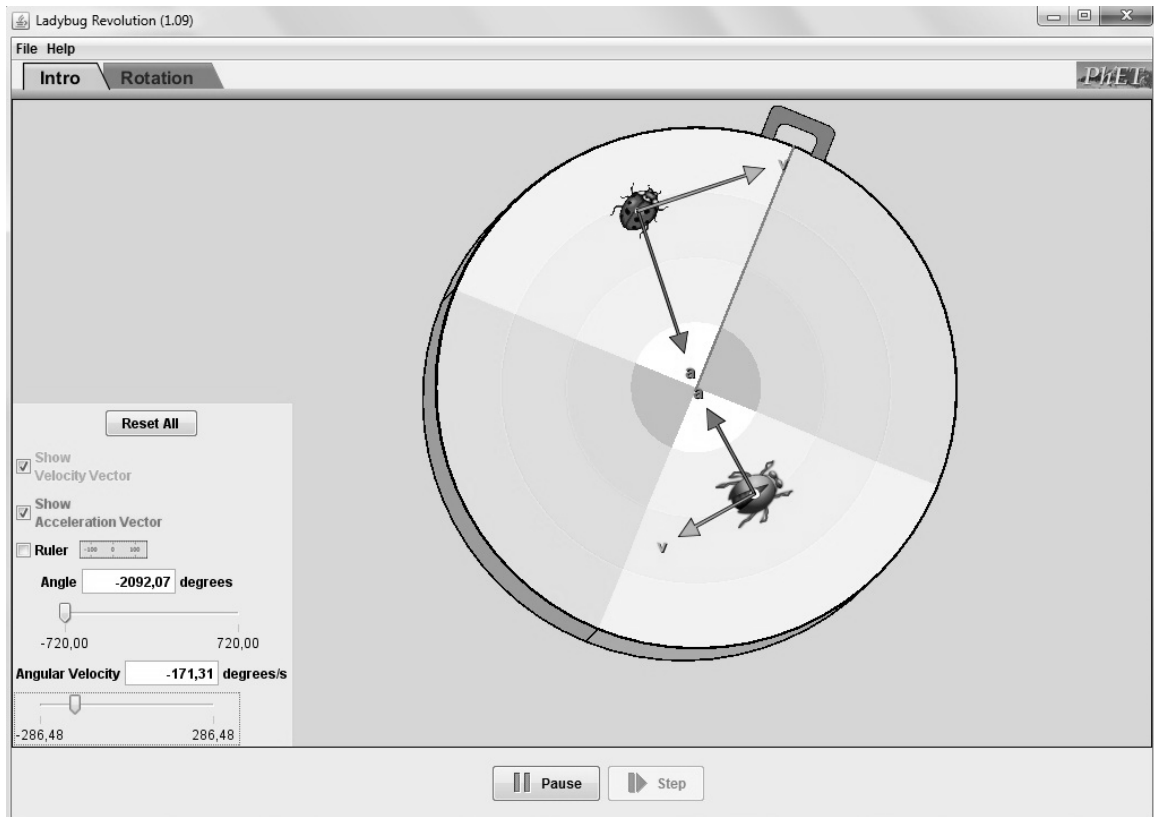


Figura 8. Experimento virtual sobre movimiento circular uniforme. Desarrollado en PhET©

2.4 Investigaciones Empíricas Relacionadas.

2.4.1 Objetivo de las investigaciones y contexto donde se llevaron a cabo.

Becerra (2005) desarrolló una investigación sobre el aprendizaje en colaboración mediado por simulación en computador. Específicamente, el autor estudió los efectos del *software* de simulación en el aprendizaje de procesos termodinámicos. El objetivo del estudio fue determinar si la intervención, el uso de *software* de simulación y el trabajo colaborativo, aportan a la mejora de la comprensión de la termodinámica en los estudiantes de Educación Media. Los participantes del estudio fueron alumnos entre los 16 y los 18 años de edad que cursaban educación media semestralizada.

Amaya (2008) llevó a cabo un estudio relacionado con el uso del *software* de simulación como instrumento mediador en la enseñanza de la física, desde la cognición situada. La investigación se centró específicamente en el estudio de la ley de Ohm. El propósito de la investigación fue determinar si la instrucción basada en una metodología del conocimiento situado dentro de una realidad simulada, podría ser tan significativa para la construcción de conocimiento, como la instrucción que, desde la misma metodología, se sitúa en contexto de laboratorios reales.

En otro estudio, Rodríguez, Mena, y Rubio (2009) analizaron el uso del *software* de simulación en la enseñanza de la física. Concretamente, los autores examinaron una aplicación de esta estrategia didáctica en la carrera de Ingeniería Química en la Universidad Autónoma de Yucatán (México). Esta investigación tuvo como propósito determinar los efectos de la aplicación de *software* de simulación en la enseñanza aprendizaje de la óptica física, en estudiantes de Ingeniería Química. Los participantes

del estudio tenían un promedio de 18 años de edad y fueron admitidos a la Facultad de Ingeniería Química mediante un examen de selección estandarizado para el ingreso a la Universidad Autónoma de Yucatán.

Sierra, Perales y Vílchez (1999) estudiaron la influencia en la mejora de la calidad de la enseñanza de la física y la química en Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O.), así como en Bachillerato, de nuevas estrategias docentes basadas en el aprendizaje por descubrimiento y por investigación, utilizando programas informáticos de modelización y simulación de fenómenos fisico-químicos. El objetivo general de la investigación fue establecer el impacto de un entorno informático de simulación de fenómenos físicos en el aprendizaje de contenidos de física en estudiantes de bachillerato y de E.S.O.

Bayrak (2008) estudió los efectos de la simulación por computador en los logros en el estudio de la física en estudiantes universitarios. El objetivo de su estudio fue el de determinar si la instrucción asistida por computador es más eficaz que la enseñanza cara a cara en el éxito académico de los estudiantes de física. La investigación se realizó con estudiantes de licenciatura del Departamento de Matemáticas y Ciencias de la Universidad Hacettepe, en el semestre de primavera de 2006. Participaron en el estudio 78 estudiantes de primer año de las divisiones de Licenciatura en Biología y Licenciatura en Química. El grupo experimental consistió de 39 estudiantes de la División de Licenciatura en Biología, mientras que el grupo control consistió de 39 estudiantes de la División de Licenciatura en Química. Tanto el grupo de control como el grupo experimental fueron seleccionados al azar.

Casadei *et al.* (2008) investigaron sobre la simulación como herramienta de aprendizaje en física. Su estudio tuvo como propósito determinar el efecto de la aplicación de un diseño instruccional apoyado con simulaciones asistidas por el computador, en un grupo de estudiantes que cursaban la asignatura Física a nivel universitario. La investigación se llevó a cabo con estudiantes repitentes de la asignatura Física II en el segundo semestre de un programa de Ingeniería Civil.

Debel *et al.* (2009) adelantaron un estudio sobre la integración del experimento real y la simulación como herramientas de apoyo para lograr aprendizajes significativos en el estudio de la física. Esta investigación tuvo como objetivo establecer la relación que existe entre el uso de estrategias de enseñanza-aprendizaje fundamentadas en el empleo de simulaciones y el rendimiento académico de los estudiantes. Asimismo, el estudio buscaba establecer la relación entre el uso de estrategias de enseñanza-aprendizaje fundamentadas en el empleo de simulaciones y la actitud de los estudiantes hacia las actividades del laboratorio. El estudio se llevó a cabo en el Decanato del Área de Tecnología de la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, con 24 estudiantes inscritos en la asignatura Física II. La misma, es de carácter obligatorio, semestral, tiene 4 horas teóricas y 3 horas de práctica, correspondientes al Laboratorio de Física II. El grupo estuvo conformado por estudiantes de ambos sexos, con edad promedio de 21 años, provenientes de un estrato socioeconómico medio-bajo. No tenían experiencia en el uso del *software* Multisim.

Sierra (2005) llevó a cabo un estudio sobre la influencia de un entorno de simulación por computador en el aprendizaje por investigación de la física en bachillerato en España. El objetivo de esta investigación fue comprobar que una metodología

didáctica basada en la resolución de problemas por parte de los alumnos como investigaciones científicas llevadas a cabo con un programa de simulación y dirigidas por el profesor, permite el aprendizaje de contenidos procedimentales y actitudinales inviábiles mediante una metodología tradicional. La investigación se llevó a cabo con 110 alumnos de Bachillerato de Ciencias de la comarca del poniente de Almería, de los que 43 asistían al IES Fuentenueva de El Ejido y 67 al IES Abdera de Adra. Los estudiantes del IES Abdera de Adra participantes en la investigación han sido: 15 alumnos de 1º de Bachillerato durante el curso 1999-2000; ocho alumnos de 2º de Bachillerato y 25 alumnos de 1º de Bachillerato durante el curso 2001-02; 19 alumnos de 1º de Bachillerato durante el último trimestre del año 2002. En el IES Fuentenueva de El Ejido la experiencia ha tenido lugar durante los dos primeros trimestres de 2003 y ha implicado a 43 alumnos de 1º de Bachillerato.

Tüzüz (2010) estudió el efecto del laboratorio virtual en el logro y la actitud de los estudiantes en el estudio de la química. Esta investigación tuvo como objetivo determinar el efecto del laboratorio virtual en el rendimiento de los estudiantes y su actitud hacia el estudio de la química. El estudio se llevó a cabo con 341 estudiantes de noveno grado de secundaria de una escuela turca (174 en el grupo experimental y 167 en el grupo de control) en el semestre de otoño del año educativo 2006-2007.

2.4.2 Metodología de las investigaciones.

En el trabajo de Becerra (2005) se realizó una prueba escrita con preguntas teóricas y prácticas, y un proyecto final de aplicación de un proceso termodinámico a la vida real con el propósito de establecer el impacto de la intervención en el aprendizaje de

la termodinámica. Los resultados del grupo experimental y el grupo de control se compararon a través de una prueba t-*Student*. Para determinar el aporte del *software* de simulación y del trabajo colaborativo, se analizó el contenido de las grabaciones de las sesiones de trabajo y se examinaron a profundidad las entrevistas realizadas a los estudiantes.

En el trabajo de Amaya (2008), para la actividad empírica se seleccionó una muestra conformada por 50 estudiantes, de los cuales 32 integraban el grupo experimental y 18 el grupo de control. El primero usó el simulador como instrumento para la contextualización de las actividades pedagógicas y el segundo, con la misma finalidad, usó los contextos de laboratorio con material real. Para abordar la fase experimental, se tuvieron presentes los lineamientos del diseño investigativo cuasi-experimental y se eligió un modelo con pre-prueba, pos-prueba y grupos intactos. Este diseño se caracteriza por presentar dos grupos, uno experimental y otro control. Según la naturaleza de los datos, la investigación se enmarcó dentro de un enfoque dominante, donde predomina el modelo cuantitativo, aunque algunos datos requirieron de un análisis cualitativo.

Para el estudio de Rodríguez *et al.* (2009) se compararon las calificaciones del examen correspondiente al tema en un grupo experimental, en donde se usó el *software* de simulación como apoyo, y un grupo de control, en donde se siguieron las mismas estrategias que en el grupo experimental pero sin usar el *software*. Se aplicó una prueba estadística y un cuestionario que recogió las opiniones de los estudiantes del grupo experimental.

En el trabajo de Sierra *et al.* (1999), los estudiantes del grupo experimental realizaron pequeños trabajos de investigación, dirigidos por el docente, utilizando un simulador didáctico como instrumento de validación de sus hipótesis. Por otra parte, los estudiantes del grupo de control realizaron los mismos trabajos de investigación pero utilizando recursos tradicionales, tales como libro de texto y montajes de laboratorio, así como un programa de tratamiento y representación de datos experimentales. Antes y después de cada serie de actividades de investigación referentes a un determinado núcleo temático, los estudiantes desarrollaron un test conceptual. Se usaron distintos simuladores, siendo uno de ellos desarrollado en lenguaje *Delphi* por el coordinador del proyecto, con objeto de adaptarlo de modo óptimo al contexto.

En el estudio de Bayrak (2008), para el grupo experimental, la entrega del tema de óptica geométrica, integrado al curso Física II, estuvo mediada por un programa de simulación denominado *Pearls 3,0*. Mientras que para el grupo de control la misma instrucción fue mediada a través de métodos de enseñanza cara a cara. A ambos grupos se les aplicó un pre-test y un post-test de aprovechamiento. Las pruebas paramétricas se realizaron a un nivel de significancia de 0,05. Los datos fueron analizados mediante pruebas t.

Casadei *et al.* (2008) desarrollaron su investigación desde un enfoque mixto. La orientación cuantitativa se delimitó por la recolección de datos numéricos para someter a prueba la hipótesis que establece que no existe relación entre la aplicación de estrategias instruccionales basadas en el uso de simulaciones asistidas por el computador y la mejora del rendimiento académico. Los datos numéricos mencionados anteriormente se recabaron a través de una prueba presentada al inicio y otra al final de la experiencia, en

las cuales se abordaron los conocimientos tratados durante la aplicación de la estrategia didáctica.

El enfoque cualitativo de este estudio, permitió observar la realidad tal cual acontece al ser aplicada la estrategia instruccional, permitiendo un esclarecimiento progresivo de las acciones a tomar y del comportamiento del estudiante en la medida que es aplicada la misma, todo esto con la finalidad de validar la hipótesis que determina que existe relación entre la aplicación de estrategias instruccionales basadas en simulaciones asistidas por el computador y la mejora en la comprensión de situaciones en cinemática en la asignatura de Física II.

Debel *et al.* (2009) adoptaron un diseño cuasi-experimental que permitió realizar un estudio comparativo entre el grupo experimental (GE) y grupo control (GC). En este diseño, se manipuló la variable estrategias de enseñanza-aprendizaje fundamentadas en simulaciones para observar su efecto en el rendimiento académico de los estudiantes. Además, se utilizó el programa estadístico SPSS, el cual permitió realizar los cálculos de la prueba t de *Student*, de la normalidad de los datos, la media y la desviación estándar para el análisis estadístico.

Sierra (2005) también adoptó un diseño cuasi-experimental. Primeramente aplicó las pruebas paramétricas de *Kruskal-Wallis* para determinar si el nivel de razonamiento lógico, el rendimiento académico y el conocimiento informático tenían alguna incidencia en la comprensión de los temas estudiados, con mediación del *software* de simulación. Luego se conformaron el grupo de control y el grupo experimental. Con el primer grupo se desarrollaron los temas a través del modelo didáctico de enseñanza expositiva. De otra

parte, el grupo experimental desarrolló una secuencia didáctica basada en el modelo de enseñanza por investigación mediada por *software* de simulación. Se aplicaron pruebas paramétricas para determinar si existía diferencia estadísticamente significativa entre los dos grupos.

Tüzüz (2010) siguió un diseño cuasi-experimental con pre-prueba, post-prueba y grupos intactos. Se aplicaron dos escalas, la escala de conocimiento y la escala de actitud hacia la química (KS y CAS, respectivamente, por sus siglas en inglés). Estos instrumentos permitieron recopilar datos y medir las diferencias en los niveles de conocimientos de los alumnos y las actitudes hacia la química antes y después del estudio en función de los métodos de instrucción utilizados.

2.4.3 Resultados de las investigaciones.

La investigación de Becerra (2005) mostró que aquellos estudiantes que participaron en la intervención obtuvieron, en promedio, resultados totales significativamente mejores en la prueba escrita que los del grupo de control. Además la desviación estándar para los resultados del grupo experimental fue menor, de modo que después de la intervención parecen haber disminuido las diferencias de comprensión entre los estudiantes que la experimentaron. El análisis cualitativo que complementa el estudio, dio cuenta que los proyectos de aplicación de los alumnos del grupo experimental contienen mejores aplicaciones a los procesos termodinámicos que las del grupo de control porque logran mayor coherencia entre los datos recolectados y los procesos para llegar a conclusiones argumentadas y demostrables.

En el estudio de Amaya (2008) los resultados permitieron establecer las siguientes conclusiones: a) La cognición situada permite el ancla de las actividades y posibilita la construcción consciente y significativa del conocimiento. b) El simulador permite magnificar el aprendizaje conceptual, cuando el factor tiempo interviene en las relaciones causales que posibilitan su aprehensión. c) En la construcción del aprendizaje de procedimientos, un laboratorio real puede ser reemplazado, al menos en algunos casos, por un entorno de simulación computarizada. d) Los entornos de simulación pueden reemplazar los contextos de laboratorio real, en el momento que se desee mejorar la transferencia del aprendizaje. e) El aprendizaje mediado por entornos de simulación, posibilita la retención del aprendizaje a mediano plazo en mayor proporción que el aprendizaje mediado por entornos de laboratorio real. f) Las simulaciones computarizadas pueden generar contextos significativos de interacción y construcción consciente del conocimiento, de la misma forma que lo han posibilitado los contextos de laboratorio real.

En el estudio de Rodríguez *et al.* (2009), el uso del *software* de simulación produjo una diferencia significativa entre el rendimiento académico de los estudiantes del grupo de control y el grupo experimental en el tema de lentes delgadas de óptica geométrica. El grupo experimental tuvo un mejor promedio. Con estos resultados, los autores concluyeron que, en la enseñanza, el *software* se puede utilizar ya sea a nivel demostrativo en clases teóricas, como en clases de problemas o trabajos prácticos. El docente lo puede aplicar también para diseñar problemas de examen. Es evidente que los alumnos tienen diferentes estilos de aprender y por tanto los profesores deberían utilizar diferentes estilos de enseñar, de manera que se pudieran mejorar todos los estilos de

aprendizaje, saber que la diversidad en los estilos de enseñar es fundamental ya que no hay un estilo exclusivo de aprender.

En el trabajo de Sierra *et al.* (1999), el reducido tamaño de la muestra de estudio y la información aportada por la investigación no son suficientes para probar la hipótesis de mejora en el aprendizaje de la mecánica en bachillerato mediante pequeñas investigaciones con ayuda de un simulador didáctico. Sin embargo, se pudo inferir una mejora significativa en la actitud hacia la ciencia en aquellos estudiantes con un conocimiento medio-alto de informática, después de realizar las experiencias de investigación en el aula. Por otra parte, se constató cierta dificultad para la mayoría de los estudiantes para realizar las actividades de investigación, sobre todo en la fase de diseño de estrategias para contrastar las hipótesis, y en interpretar los resultados ofrecidos por el simulador (gráficas, representaciones vectoriales y valores numéricos). Asimismo, se observó una tendencia en algunos estudiantes a modificar todas las variables relevantes, aun no siendo necesario para ciertas actividades de investigación.

Los resultados del estudio de Bayrak (2008) sugieren que los estudiantes en el grupo experimental que recibieron la instrucción asistida por computador, tuvieron más éxito que el grupo de control. A través de simulaciones por computador, los estudiantes tuvieron la oportunidad de llevar a cabo experimentos y de observar hechos físicos que sólo pueden ser investigado en el laboratorio. La comprensión de muchos conceptos abstractos y relaciones conceptuales mejora en los cursos de física mediados por el uso de simulaciones.

Casadei *et al.* (2008) aplicaron análisis estadístico descriptivo para el estudio de los datos recabados en la guía de observación, determinándose el porcentaje de la frecuencia de aparición de conductas observables. La guía de observación se aplicó en tres oportunidades. Finalmente se concluyó que la aplicación de estrategias instruccionales apoyadas en simulaciones asistidas por el computador mejora la comprensión de los conceptos cinemáticos en los estudiantes.

En Debel *et al.* (2009) los resultados de la asignación escrita reflejaron mayor aplicación por parte del GE de los conocimientos y habilidades aprendidas, así como calificaciones más concentradas alrededor de la media. Finalmente, las calificaciones obtenidas en los pre-laboratorios, post-laboratorios e informes escritos se sumaron para calcular la calificación obtenida en cada práctica. Dicha calificación se llevó a escala de veinte puntos. Los resultados muestran que el GE logró mejor rendimiento académico.

En la investigación de Sierra (2005) la muestra de alumnos estudiada durante la cuarta etapa de la investigación permitió detectar una diferencia significativa entre el conocimiento conceptual adquirido por los estudiantes que realizan trabajos de investigación con un simulador de fenómenos físicos y los estudiantes que siguen una metodología transmisiva. Los primeros consiguen un conocimiento de los conceptos de mecánica newtoniana más próximo al conocimiento científico que los segundos.

La muestra de alumnos estudiada durante la primera etapa de la investigación no permitió detectar diferencias significativas entre los conocimientos conceptuales adquiridos por los estudiantes cuando realizan las actividades de investigación con ayuda del simulador y cuando realizan las actividades de investigación con ayuda del libro de

texto. El conocimiento conceptual adquirido por estudiantes que completan un test previo a la realización de las actividades de investigación con simulador no difiere significativamente del conocimiento conceptual adquirido por los alumnos que sólo realizan las actividades de investigación.

Cuando los estudiantes se inician en la realización de trabajos de investigación y experimentan con el simulador tienden en ocasiones a modificar variables del fenómeno que no son relevantes para contrastar sus hipótesis. Por tanto, los entornos informáticos de simulación más eficaces desde el punto de vista didáctico son aquéllos que incorporan una diversidad suficiente de modelos físico-matemáticos, con distinto nivel de complejidad. Cada modelo incorporado en el programa se corresponde con una determinada pantalla informativa para el estudiante, de manera que la secuencia de trabajos propuestos de investigación requiere que el alumno experimente con distintos modelos de dificultad progresiva.

Algunos alumnos reconocen ser incapaces de explicar ciertas observaciones efectuadas en la pantalla del computador que refutan sus hipótesis iniciales acerca del fenómeno investigado. En estas situaciones, los simuladores didácticos más eficaces son aquellos que ofrecen al alumno distintos niveles de ayuda específica para cada trabajo de investigación que se aborde. El conocimiento conceptual de mecánica newtoniana mejora significativamente tras la realización de los trabajos de investigación con ayuda de los simuladores. Asimismo, se detecta una mejora significativa en la respuesta de los estudiantes al 40% de los ítems del cuestionario sobre conceptos de Mecánica.

Los resultados del estudio de Tüzüz (2010) indican que las simulaciones con fines didácticos aportan una contribución positiva en la educación y mejoran la motivación de los estudiantes hacia los temas tratados. El estudio demostró que el material desarrollado fue atractivo e hicieron que los temas tratados se entendieran más fácilmente. Las opiniones positivas que dieron los estudiantes sobre el material usado, pudieron originarse por los colores usados, las animaciones y la interfaz amigable con el usuario. Los resultados de este estudio refuerzan los resultados obtenidos en otros estudios en los cuales se demuestra que los laboratorios virtuales enriquecidos con simulaciones tienen muchas ventajas en el incremento del rendimiento de los estudiantes.

2.4.4 Recomendaciones de las investigaciones.

A partir de los resultados obtenidos, Casadei *et al.* (2008), sugieren mantener el uso de *software* de simulación en la enseñanza de la física, y en otras asignaturas relacionadas, como las matemáticas, para el soporte de estrategias instruccionales. De otra parte, tomando como base el propósito fundamental de todo proceso formativo que es el logro de un aprendizaje efectivo y duradero por parte del estudiante, se recomienda desarrollar estas estrategias mediante el uso de Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC), considerando las características individuales de los estudiantes.

Los autores resaltan que la profundización en la perspectiva cualitativa, sería un elemento que aportaría valor agregado a futuros estudios relacionados con el tema, además de elevar el nivel de confiabilidad de la investigación. Lo anterior puede llevarse a cabo mediante la aplicación de cuestionarios de actitud, la observación mediante guías estructuradas que permitan investigar sobre elementos más complejos del proceso

estudiado. De otra parte, los autores resaltan todos los beneficios de la utilización del *software* de simulación y recomiendan continuar la investigación sobre el tema sobre la base de los resultados obtenidos en su estudio.

Asimismo, Debel *et al.* (2009) establecen que los instrumentos como el *software* de simulación como mediador en el proceso de aprendizaje de la física, deben usarse siguiendo una secuencia didáctica estructurada, en la cual la tecnología sirva como herramienta para conducir, enriquecer y transformar el proceso formativo, dándole al alumno la oportunidad de conducir su aprendizaje y de construir el conocimiento desde su perspectiva particular, desde el trabajo colaborativo y la investigación. De esta forma, el proceso formativo se centra en el alumno, siendo el elemento articulador, la interacción entre los alumnos, el docente, los contenidos y la tecnología.

2.4.5 Trabajos futuros recomendados en las investigaciones.

Las investigaciones consultadas sugieren algunos elementos relacionados con el tema que son susceptibles de ser investigados. En ese sentido, Becerra (2005), Casadei *et al.* (2008) y Sierra (2005) recomiendan el estudio del impacto de la aplicación de un diseño instruccional basado en el uso de *software* de simulación en la enseñanza de ciertos ámbitos de la física diferentes a la mecánica clásica de partículas. Asimismo, los autores coinciden en plantear la necesidad de estudiar la incidencia del *software* de simulación en diversos niveles educativos.

Chou (1998) plantea la posibilidad de adelantar estudios con el propósito de establecer la relación entre razonamiento lógico e ideas alternativas de los estudiantes, empleando instrumentos enfocados en el ámbito de conocimiento estudiado. En ese

mismo sentido, el autor propone un estudio para determinar el impacto de las representaciones de docente y estudiantes sobre el aprendizaje por investigación mediado por *software* de simulación.

Debel *et al.* (2009) y Sierra *et al.* (1999) coinciden en recomendar la realización de un estudio sobre la aplicación del modelo didáctico de aprendizaje por investigación con mediación de *software* de simulación a la solución de problemas interdisciplinarios próximos a la realidad, que involucren diversos ámbitos de la física, e incluso, conceptos de otras ciencias como la química y/o la biología. De igual modo, los autores sugieren adelantar estudios sobre la estrategia de aprendizaje por investigación, utilizando simuladores que ofrecen la posibilidad de ejecutar modelos físico-matemáticos contruidos por los propios estudiantes.

Amaya (2008) sugiere el desarrollo de una investigación donde se mida el impacto de los diferentes estilos cognitivos en el aprendizaje por investigación. De otro lado, el autor recomienda la integración de ciertas tareas de investigación mediada por simuladores en el diseño instruccional de las asignaturas del área de las ciencias naturales (biología, química y física) en el nivel de Educación Secundaria.

Capítulo 3. Metodología

El propósito de este capítulo es presentar el marco metodológico que sirvió como plan de trabajo para el estudio. Luego de describir el contexto sociodemográfico donde se desarrolló el estudio se presenta la elección del enfoque de investigación y se define su alcance. Además se precisa el diseño metodológico que orientó el estudio y se presentan las hipótesis de investigación. Posteriormente se justifica dicha elección. Una vez argumentada la selección de la perspectiva metodológica, se hace una caracterización de los sujetos que participaron en el estudio y de los instrumentos para la recolección de datos. Finalmente, se presenta el procedimiento que se siguió durante el estudio y la estrategia para el análisis de los datos.

3.1 Contexto sociodemográfico en el que se llevó a cabo la investigación

Como se mencionó en el planteamiento del problema (véase el capítulo 1), la institución educativa donde se llevó a cabo la investigación se estableció en 1975 y está ubicado en la localidad 1 de la ciudad de Cartagena de Indias, departamento de Bolívar, República de Colombia. El plantel educativo tiene naturaleza mixta, es de carácter público y presta el servicio educativo en los niveles de pre-escolar, básica primaria, básica secundaria y media.

En esta investigación participaron 56 jóvenes de ambos sexos, cuyas edades estaban comprendidas entre los catorce (14) y los dieciséis (16) años y cursaban décimo grado de Educación Media Académica, según el sistema educativo colombiano. Todos los participantes tenían un buen manejo de informática básica, lo que garantizó que este

factor no influyera en forma desigual en el manejo del *software*. Estos estudiantes provenían de familias con un nivel socioeconómico medio y medio-bajo.

3.2 Enfoque metodológico

El presente trabajo de investigación fue abordado desde el *enfoque cuantitativo*. En esta perspectiva la recolección de datos, la medición numérica y el análisis a través de herramientas estadísticas se utilizan con el propósito de contrastar hipótesis, determinar patrones de comportamiento y/o validar teorías. Hernández, Fernández y Baptista (2006) resaltan ciertas bondades que ofrece la investigación cuantitativa: permite generalizar los resultados, concede control sobre el fenómeno estudiado, ofrece posibilidad de réplica y facilita la comparación entre estudios afines.

Este estudio se encuadra como una *investigación correlacional*. En este tipo de estudios se busca establecer la vinculación entre variables o categorías, en un contexto específico, o, si por el contrario, no guardan relación alguna entre sí. En el caso de que dos variables guarden relación y, si además, se conoce el nivel de asociación, se podrá pronosticar el valor aproximado que tendrá una variable dependiente, cuando se conoce el valor de la variable independiente (Hernández *et al.*, 2006).

La investigación siguió un *diseño cuasiexperimental*, con preprueba, posprueba y grupos intactos (uno de ellos de control). En el marco del diseño cuasiexperimental, una o más variables independientes son manipuladas conscientemente, a fin de observar su efecto en una o más variables dependientes. En este punto es importante hacer notar que, los grupos de sujetos participantes en un estudio de este tipo, surgen en forma independiente al cuasiexperimento mismo, es decir, son *grupos intactos*. Esto podría

incidir en el grado de confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos. La tabla 1 muestra el diagrama del diseño de la investigación.

Tabla 3.

Diseño cuasiexperimental con preprueba, posprueba y grupo de control.

<i>Grupos</i>	<i>Medida de la preprueba</i>	<i>Tratamiento experimental</i>	<i>Medida de la posprueba</i>
G ₁	O ₁	X	O ₂
G ₂	O ₃	-	O ₄

3.2.1 Formulación de hipótesis

Este estudio busca contrastar tres hipótesis, cada una relacionada con uno de los objetivos específicos formulados en el planteamiento del problema, así:

- Los estudiantes de décimo grado que estudian la cinemática bidimensional siguiendo una estrategia de aprendizaje por descubrimiento mediado por *software* de laboratorio virtual, desarrollan una mejor actitud hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias, que aquellos estudiantes que siguen una estrategia de enseñanza expositiva.
- Los estudiantes de décimo grado que estudian la cinemática bidimensional siguiendo una estrategia de aprendizaje por descubrimiento mediado por *software* de laboratorio virtual, tienen un mayor nivel de comprensión de los principios físicos involucrados que aquellos estudiantes que siguen una estrategia de enseñanza expositiva.
- Los estudiantes de décimo grado que estudian la cinemática bidimensional siguiendo una estrategia de aprendizaje por descubrimiento mediado por *software*

de laboratorio virtual, desarrollan más habilidades para resolver problemas de física que aquellos estudiantes que siguen una estrategia de enseñanza expositiva.

3.3 Justificación de la elección del enfoque

El propósito principal de esta investigación fue determinar el impacto de la utilización del laboratorio virtual en el aprendizaje de la cinemática bidimensional en estudiantes de educación media. Con este fin, el estudio se llevó a cabo sobre una muestra representativa y posteriormente estos resultados se generalizaron para una población de mayor tamaño. Para ello, se requería que tanto el proceso de indagación, como los resultados, fueran lo más objetivos que sea posible, asegurando que las preferencias del investigador no afectaran el desarrollo del estudio. Estos presupuestos dieron precisión sobre la elección del enfoque cuantitativo para adelantar el proceso de investigación.

Asimismo, esta selección estuvo fundamentada en la necesidad de seguir un proceso fuertemente estructurado que otorgara el control sobre el fenómeno estudiado, que ofreciera una perspectiva de medición y que permitiera cumplir con los requerimientos de tiempo impuestos. Adicionalmente, el enfoque cuantitativo brindó la posibilidad de hacer acercamientos sobre elementos muy puntuales del fenómeno estudiado. Para el caso particular de esta investigación, el adoptar el enfoque cuantitativo permitió evaluar la manera como la mediación del *software* de laboratorio virtual, en una estrategia de aprendizaje por descubrimiento, incide en el rendimiento académico de los estudiantes de educación media, al estudiar un área específica de la física, como lo es la cinemática bidimensional.

A través del presente estudio se logró determinar la existencia de una relación, y el grado de asociación, entre la utilización de *software* de laboratorio virtual (variable independiente), y el aprendizaje de la cinemática bidimensional en estudiantes de educación media, representado éste por tres elementos fundamentales (variables dependientes): a) actitud de los estudiantes hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias, b) nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional, y, c) nivel de desarrollo de habilidades para resolver problemas de física. La necesidad de establecer la relación entre estas variables, determinó el alcance del estudio como una *investigación correlacional*.

En el desarrollo del estudio, se manipuló intencionalmente la variable independiente. Como puede notarse, ésta variable es dicotómica, y por tanto, sólo admite dos grados de manipulación: presencia-ausencia. En ese sentido, con un grupo se llevó a cabo una secuencia didáctica utilizando *software* de laboratorio virtual, mientras que con otro grupo se desarrolló una secuencia didáctica sin utilizar esta herramienta, es decir, sólo mediante enseñanza expositiva. Entonces, se hizo necesario medir el impacto de la variable independiente sobre las tres variables dependientes que se han descrito anteriormente. Es importante resaltar que, durante el proceso, se garantizó la confiabilidad y validez de los resultados, así como la adecuada interpretación de los mismos.

El diseño planteado para este trabajo de investigación, cumple con los tres requisitos fundamentales de un experimento planteados por Hernández *et al.* (2006): manipulación de la variable independiente, medición del efecto de la variable independiente sobre la(s) variable(s) dependientes y control o validez interna. Sin

embargo, ya que los sujetos participantes en el estudio se encontraban agrupados antes de desarrollar el experimento, y con independencia de éste, el diseño de investigación corresponde a un *cuasiexperimento*. Así, fue importante llevar a cabo un proceso de validación de la equivalencia inicial de los grupos con el fin de hacer los ajustes de diseño a que haya lugar.

El diseño se completó con la inclusión de la preprueba en el cuasiexperimento. Esto aportó ciertas ventajas que es importante resaltar: primero, los resultados de las prepruebas proporcionaron evidencias que sustentan la validez interna del cuasiexperimento, ya que al compararse las puntuaciones de las prepruebas del grupo experimental y el grupo de control, se validó la equivalencia inicial entre éstos. Y, segundo, la preprueba ofreció la posibilidad de evaluar la variación de cada grupo durante el experimento, es decir, la diferencia entre los puntajes de la preprueba y la posprueba.

Como puede verse, la elección del enfoque y del modelo de diseño para este trabajo de investigación permitió ejercer control sobre los posibles factores de invalidación interna. Asimismo, a través del diseño seleccionado se controló la aplicación de las pruebas, ya que si la puntuación de la preprueba incidiese en los resultados de la posprueba, lo haría en forma similar tanto en el grupo experimental como en el grupo de control (Hernández *et al.*, 2006).

En la literatura consultada, se encontraron varios estudios correlacionales afines al presente (Amaya, 2008; Amaya 2009; Casadei, Cuicas, Debel y Álvarez, 2008; Debel, Cuicas, Casadei y Álvarez, 2009; Olivero y Chirinos, 2007; Rodríguez, Mena y Rubio, 2009; Sierra, 2005) que también fueron abordados desde el enfoque cuantitativo,

siguiendo un diseño cuasi-experimental con preprueba, posprueba y grupos intactos (uno de ellos de control). Entonces, la selección del enfoque metodológico del presente trabajo de investigación, estuvo también apoyada por los estudios previos relacionados.

3.4 Población y muestra

La población considerada para el presente estudio estuvo conformada por los 56 estudiantes de décimo grado de Educación Media Académica en la institución educativa seleccionada, la cual se encuentra ubicada en la localidad 1 de la ciudad de Cartagena de Indias, al norte de la República de Colombia. Tal como se mencionó al inicio del presente capítulo, estos estudiantes tenían edades comprendidas entre los catorce y los dieciséis años. A partir de esta población caracterizada, se procedió a determinar el tamaño de la muestra.

Para la determinación del tamaño de la muestra aleatoria simple se utilizó el programa *STATS*®, desarrollado por *Decision Analyst*® (www.decisionanalyst.com). Para un error estándar de 1% el programa arrojó un tamaño de la muestra de 56. Ahora bien, en la institución donde se adelantó la investigación, los estudiantes son distribuidos en dos grupos por cada grado, por lo tanto se estableció que el grupo experimental (27 alumnos) se ubicaría en uno de ellos y el grupo de control (29 alumnos) en el otro. Los participantes fueron seleccionados aleatoriamente, a partir de las listas de cada curso.

La tabla 4 presenta algunas características generales de los grupos, tales como: promedio de edad, distribución de género (hombres y mujeres) y número de estudiantes repitentes. Como puede observarse, los grupos están equilibrados en cuanto a las características que aquí se exponen, lo cual favorece la validez del cuasiexperimento.

Tabla 4.
Características generales de los grupos participantes en el estudio.

<i>Grupos</i>	<i>Promedio de edad</i>	<i>Número de hombres</i>	<i>Número de Mujeres</i>	<i>Estudiantes Repitentes</i>
G ₁ (Experimental)	15,58	16	11	2
G ₂ (Control)	15,39	19	10	0

3.5 Instrumentos de recolección de datos

3.5.1 Definición de variables

La tabla 5 presenta la definición conceptual y operacional de las variables involucradas en el estudio.

Tabla 5.
Definición conceptual y operacional de las variables de estudio.

	<i>Variable</i>	<i>Definición Conceptual</i>	
<i>Variable independiente</i>	Utilización de <i>software</i> de laboratorio virtual	Variable dicotómica que establece la si hay o no mediación del <i>software</i> de laboratorio virtual en la estrategia de enseñanza.	
	<i>Variable</i>	<i>Definición Conceptual</i>	<i>Definición Operacional</i>
<i>Variables dependientes</i>	Actitud de los estudiantes hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias	Estado motivacional, predisposición y apertura para responder favorablemente al proceso de aprendizaje.	Test para diagnosticar la actitud de los estudiantes hacia la ciencia
	Nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional	Valoración cuantitativa de la apropiación conceptual referida al área estudiada.	Prueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional
	Nivel de desarrollo de habilidades para resolver problemas de física	Valoración cuantitativa del desarrollo procedimental relacionado con la solución de problemas de física	Prueba de solución de problemas relacionados con la cinemática bidimensional

3.5.2 Descripción de los instrumentos de recolección de datos.

A continuación, se relacionan y se describen cada uno de los instrumentos de recolección de datos aplicados en la investigación.

- *Test para diagnosticar la actitud de los estudiantes hacia la ciencia:* test de escala Likert elaborado y validado por Penichet y Mato (1999) para diagnosticar la actitud de los estudiantes hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias (véase apéndice A).

En la tabla 6 se presenta la codificación de las categorías correspondientes a los ítems de la escala de actitud hacia la ciencia de Penichet y Mato.

Tabla 6.
Codificación de las categorías para cada ítem de la escala de actitud hacia la ciencia de Penichet y Mato.

<i>Variable</i>	<i>Ítems</i>	<i>Categoría</i>	<i>Código</i>
Actitud de los estudiantes hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias	1, 3, 5, 8, 9, 11, 12	totalmente de acuerdo.	5
		de acuerdo.	4
		no tengo opinión definida.	3
		en desacuerdo.	2
		totalmente en desacuerdo.	1
Actitud de los estudiantes hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias	2, 4, 6, 7, 10, 13	totalmente de acuerdo.	1
		de acuerdo.	2
		no tengo opinión definida.	3
		en desacuerdo.	4
		totalmente en desacuerdo.	5

- *Prueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional:* cuestionario de 20 ítems de selección múltiple con única

respuesta, para evaluar la comprensión de los conceptos y principios de los movimientos parabólico y circular uniforme (véase apéndice B).

La tabla 7 presenta las categorías, subcategorías y la codificación para cada uno de los ítems de la prueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional.

Tabla 7.
Categorías, subcategorías y codificación de ítems para la prueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional.

<i>Variable</i>	<i>Categoría</i>	<i>Subcategoría</i>	<i>Ítems</i>	<i>Código</i>
Nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional	Comprensión de los conceptos relacionados con el movimiento parabólico	Características del movimiento horizontal	1, 5, 8, 10	Correcto: 0,5 Incorrecto: 0,0
		Efecto de la resistencia del aire	2	
		Comportamiento de la aceleración	3, 4, 7, 9	
		Comportamiento de la velocidad	6, 12	
		Relación entre altura, tiempo y alcance	11	
	Comprensión de los conceptos relacionados con el movimiento circular uniforme	Comportamiento de la aceleración	13, 15	Correcto: 0,5 Incorrecto: 0,0
		Relación entre radio, velocidad lineal, tiempo y aceleración centrípeta	14, 16	
		Fuerza centrípeta vs. fuerza centrífuga	17	
		Relación entre radio, frecuencia y periodo	18, 19, 20	

- *Prueba de solución de problemas relacionados con la cinemática bidimensional:*
prueba consistente en cuatro (4) problemas de movimiento parabólico y semiparabólico para valorar el desarrollo de habilidades de resolución de problemas de física (véase apéndice C).

La tabla 8 muestra las subcategorías correspondientes a cada una de las cinco categorías evaluadas en la prueba de solución de problemas, así como su codificación respectiva. El apéndice D presenta la rúbrica de evaluación para cada uno de los ejercicios que componen esta prueba.

Tabla 8.
Codificación de las subcategorías para cada categoría en la prueba de solución de problemas relacionados con la cinemática bidimensional.

<i>Variable</i>	<i>Categoría</i>	<i>Sub-categoría</i>	<i>Código</i>
Nivel de desarrollo de habilidades para resolver problemas de física	Representación gráfica de los vectores velocidad y aceleración	Superior	2
		Alto	1,5
		Básico	1
		Bajo	0,5
	Identificación de la información suministrada y de las incógnitas	Superior	2
		Alto	1,5
		Básico	1
		Bajo	0,5
	Modelación matemática del evento	Superior	2
		Alto	1,5
		Básico	1
		Bajo	0,5
	Solución del modelo matemático	Superior	2
		Alto	1,5
		Básico	1
		Bajo	0,5
Efectividad del proceso	Superior	2	
	Alto	1,5	
	Básico	1	
	Bajo	0,5	

3.5.3 Validación de los instrumentos de recolección de datos.

Las tres variables dependientes, definidas conceptual y operacionalmente en los sub-apartados anteriores, debían ser evaluadas a través de instrumentos fiables y válidos. La literatura consultada proporciona varios instrumentos de recolección de datos que reúnen los requisitos de fiabilidad y validez para diagnosticar la actitud de los estudiantes hacia la ciencia, entre ellos cabe resaltar el test de Penichet y Mato. Sin embargo, en la revisión de la literatura relacionada no se encontraron instrumentos para medir el nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional y el nivel de desarrollo de habilidades para resolver problemas de física. Esta situación exigió el diseño y validación de instrumentos con este propósito.

A pesar que el test para diagnosticar la actitud de los estudiantes hacia la ciencia fue ampliamente validado por Penichet y Mato (1999), se hizo necesario revisar la fiabilidad y la validez interna del mismo para el contexto específico de aplicación en el presente estudio. Asimismo, los tres instrumentos de recolección de datos que fueron empleados durante el trabajo de campo, fueron revisados por un grupo de docentes expertos en la enseñanza de la física.

Posterior a esta revisión, se hizo necesario hacer una prueba piloto de los instrumentos con una muestra similar a la que fue utilizada en el estudio. Los resultados de esta aplicación preliminar permitieron comprobar la claridad de la construcción de estos instrumentos, además de validar la fiabilidad como consistencia interna y la validez interna de construcción. Estos requisitos fueron comprobados a través del cálculo de

coeficientes de confiabilidad y de correlación, utilizando el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (*Statistical Package for the Social Sciences* o *SPSS®* de IBM).

Para validar la *fiabilidad como consistencia interna* del test de Penichet y Mato, se empleó el método de mitades partidas (ítems pares e impares) calculando el *coeficiente de Spearman-Brown*. Para la prueba sobre principios de la cinemática bidimensional se calculó el *coeficiente KR-20*. En ambos casos se esperaba que el valor calculado fuera superior a 0,75 considerado por Hernández *et al.* (2006) como una correlación significativa al nivel de 0,01. Para comprobar la *validez interna de construcción* de estos instrumentos, se calculó el *coeficiente de correlación de Pearson* entre los ítems de cada uno y se desarrolló el análisis factorial por el método de los componentes principales.

En lo que respecta a la prueba de solución de problemas relacionados con la cinemática bidimensional, fue necesario verificar tanto la fiabilidad intraevaluadora (o interna), como la fiabilidad interevaluadora (o externa). Para comprobar la fiabilidad interna, un mismo evaluador calificó dos veces las mismas pruebas, (sin anotar la calificación en el propio ejercicio), y luego se calculó el *coeficiente de correlación de Pearson* entre la primera y la segunda calificación. Para el caso de la fiabilidad externa, dos evaluadores calificaron independientemente las mismas pruebas. Luego se calculó el *coeficiente de correlación de Pearson* entre las calificaciones de uno y otro evaluador.

3.6 Procedimientos.

El cuasiexperimento se desarrolló en tres etapas, que contemplaban ciertas actividades bien definidas. Estas etapas y actividades se describen en los siguientes subapartados.

3.6.1 Fase pre-instruccional

Durante esta etapa se llevaron a cabo las siguientes actividades: selección de la muestra y designación de los grupos, solicitud de autorización y consentimientos informados, pruebas piloto, aplicación de la preprueba, validación de la equivalencia inicial de los grupos y contextualización. A continuación se describen cada una de estas actividades.

- a) *Selección de la muestra y designación de los grupos.* Se seleccionaron los sujetos que participaron en el estudio mediante la técnica de muestreo aleatorio simple. Dado que los grupos se encontraban conformados antes del cuasiexperimento, bastó con determinar cuál de ellos sería el grupo experimental y cuál el grupo de control.
- b) *Solicitud de autorización y consentimientos informados.* Para desarrollar la investigación se debía contar con la aprobación de la máxima autoridad de la institución educativa, así como también de los padres de familia de los estudiantes. Por ello se presentó una solicitud de autorización al rector del establecimiento educativo (véase apéndice E) y un formato de consentimiento a los padres de familia de los alumnos participantes (véase apéndice F).
- c) *Pruebas piloto.* Se desarrollaron las pruebas piloto con una muestra similar a la que se utilizó en el cuasiexperimento. Esto con el propósito de determinar la fiabilidad y validez de los instrumentos de recolección de datos, tal como se describió en el anterior apartado. Se hicieron los ajustes necesarios en función de los resultados de las pruebas piloto.

- d) *Aplicación de la preprueba.* Una vez validados los instrumentos de recolección de datos, se aplicó el test de Penichet y Mato para diagnosticar la actitud de los estudiantes hacia la ciencia. Asimismo, se administró la prueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional. En esta instancia, la aplicación de estas prepruebas permitió validar la equivalencia inicial entre el grupo experimental y el grupo de control.
- e) *Validación de la equivalencia inicial de los grupos.* A partir de los resultados del grupo experimental y del grupo de control, se comprobó su equivalencia inicial a través de análisis de la prueba t-*Student* para determinar si existía diferencia estadísticamente significativa entre las puntuaciones medias de cada prueba. Estas pruebas se llevaron a cabo mediante el *software SPSS®*.
- f) *Contextualización.* Los estudiantes de ambos grupos fueron informados sobre qué y cómo iban a aprender. En este momento se explicó la secuencia didáctica que seguiría cada grupo, y se dieron indicaciones sobre las estrategias de evaluación. El grupo experimental tuvo la posibilidad de conocer las funcionalidades del *software* de laboratorio virtual seleccionado (*Interactive Physics®*) siguiendo guías para la exploración del mismo.

3.6.2 Fase instruccional

Durante esta fase cada grupo desarrolló la temática referente a la cinemática bidimensional mediante la secuencia didáctica respectiva, es decir, aprendizaje por descubrimiento mediado por *software* de laboratorio virtual, para el grupo experimental, y enseñanza expositiva, para el grupo de control. Esta etapa se llevó a cabo durante seis semanas, dedicando 4 horas a la semana, y los grupos adelantaron sus respectivas

estrategias de aprendizaje en forma simultánea. A continuación se describen las actividades instruccionales desarrolladas por cada grupo.

- a) *Grupo experimental.* Al inicio de cada sesión, el docente le entregó a cada estudiante una guía didáctica para orientarlo en la utilización del laboratorio virtual. Esta guía contenía un componente de modelación en el cual se le pedía al estudiante la ejecución de ciertas acciones en el programa, registrando sus observaciones. Luego, el alumno debía enunciar dichas observaciones a manera de principios o leyes que serían contrastados más tarde mediante la experimentación en el laboratorio virtual. La guía también contenía un componente de ejercitación en el cual se le solicitó al estudiante que diseñara y ejecutara un experimento virtual para comprobar una hipótesis. Algunas de las sesiones de trabajo con el *software* fueron individuales y otras colaborativas. El docente desarrolló ejemplos empleando el *video beam* y apoyándose en el programa. Los estudiantes desarrollaron actividades extra-clase individuales y lecturas asignadas.

- b) *Grupo de control.* Los principios y conceptos del movimiento parabólico y del movimiento circular uniforme fueron expuestos por el profesor. Asimismo, el docente desarrolló ejemplos de cada uno de estos movimientos utilizando el pizarrón. Los estudiantes resolvieron actividades en clase, en forma individual y colaborativa, con la asesoría del profesor. De igual forma, desarrollaron tareas extra-clase individuales y lecturas asignadas, previas a cada sesión. La complejidad de los ejemplos y ejercicios propuestos fue creciente con cada clase.

3.6.3 Fase post-instruccional.

En esta fase se evaluó la incidencia del uso del *software* de laboratorio virtual en el aprendizaje por descubrimiento de la cinemática bidimensional. Para ello se aplicó la posprueba tanto al grupo experimental como al grupo de control. Se administró el test de Penichet y Mato y la prueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional. De igual manera, se aplicó la prueba de solución de problemas relacionados con la cinemática bidimensional. Una vez calificadas dichas pruebas, se calcularon los resultados de las mismas y se desarrolló el análisis estadístico, tal como se describe en el siguiente apartado.

La figura 9 muestra el cronograma de las fases y actividades que fueron desarrolladas en el marco del presente estudio.

<i>Fase / Actividad</i>		<i>MAY '11</i>	<i>JUN '11</i>	<i>JUL '11</i>	<i>AGO '11</i>	<i>SEP '11</i>
<i>Fase pre-Instruccional</i>	<i>Muestra y grupos</i>	■				
	<i>Autorizaciones</i>		■			
	<i>Pruebas piloto</i>		■			
	<i>Preprueba</i>		■	■		
	<i>Equiv. de grupos</i>			■		
	<i>Contextualización</i>			■		
<i>Fase Instruccional</i>				■	■	■
<i>Post-Instruccional</i>	<i>Posprueba</i>					■
	<i>Calificación</i>					■
	<i>Análisis de datos</i>					■
	<i>Resultados</i>					■

Figura 9. Cronograma de desarrollo de las fases y actividades del cuasiexperimento.

3.7 Estrategia de análisis de datos.

Como se ha mencionado, el presente trabajo de investigación fue abordado desde una perspectiva cuantitativa, por lo tanto, la correlación entre la variable independiente y cada una de las variables dependientes, se analizó mediante pruebas estadísticas paramétricas, haciendo uso del Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (*Statistical Package for the Social Sciences* o *SPSS®* de *IBM*). La potencia y la variedad de pruebas disponibles de este programa, lo convierten en la elección más común en contextos que requieren predicciones rápidas y fiables. Una de las potencialidades de *SPSS®* es la facilidad de uso, ya que todos los cálculos se llevan a cabo mediante una interfaz intuitiva, que facilita la captura de un gran volumen de datos y variables.

Como fue descrito, el primer análisis inferencial correspondió a la comprobación de la fiabilidad como consistencia interna. Para el caso del test de Penichet y Mato se calculó el coeficiente de *Spearman-Brown* entre los ítems pares e impares, mientras que para la prueba sobre los principios de la cinemática bidimensional se calculó el *KR-20*. Asimismo, para comprobar la validez interna de construcción, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre los ítems de cada uno de estos dos instrumentos y se efectuó el análisis factorial por el método de los componentes principales. También se empleó el coeficiente de correlación de Pearson para verificar la fiabilidad interna y externa de la prueba de solución de problemas relacionados con la cinemática bidimensional.

En un segundo momento, el análisis estadístico paramétrico permitió validar la equivalencia inicial entre los dos grupos de estudio. A partir de los resultados de las prepruebas del grupo experimental y el grupo de control, se llevaron a cabo sendas

pruebas t de *Student*, con el propósito de evaluar si los dos grupos difieren entre sí de manera estadísticamente significativa respecto a las puntuaciones medias, tanto en el test de Penichet y Mato como en la prueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional.

En lo que respecta a la fase post-instruccional del estudio, una vez administradas y calificadas las pospruebas se llevó a cabo un análisis de los resultados aplicando estadística descriptiva. Para ello se calculó la media de cada prueba, tanto para el grupo experimental como para el grupo de control. Asimismo, se calculó la desviación estándar y la varianza de cada grupo, y se representaron estos datos mediante histogramas. Este análisis descriptivo abrió paso al análisis inferencial, el cuál se basó en el cálculo de la prueba t-*Student*.

Primeramente, se aplicó la prueba t-*Student* con los resultados de las prepruebas y las pospruebas para determinar si existía diferencia significativa entre los resultados iniciales y los resultados posteriores al cuasiexperimento. Luego la prueba se aplicó entre los resultados de las pospruebas del grupo experimental y el grupo de control. Para la prueba de hipótesis mediante la prueba t-*Student*, las hipótesis del estudio fueron transformadas en hipótesis estadísticas, de la siguiente manera:

Primera hipótesis de estudio:

Los estudiantes de décimo grado que estudian la cinemática bidimensional siguiendo una estrategia de aprendizaje por descubrimiento mediado por *software* de laboratorio virtual, desarrollan una mejor actitud hacia la ciencia, los conocimientos

científicos y las asignaturas de ciencias, que aquellos estudiantes que siguen una estrategia de enseñanza expositiva.

Hipótesis estadísticas:

H_1 : El grupo experimental y el grupo de control difieren entre sí de manera significativa respecto a la puntuación media obtenida en la posprueba del test para diagnosticar la actitud de los estudiantes hacia la ciencia.

H_0 : El grupo experimental y el grupo de control *no* difieren entre sí de manera significativa respecto a la puntuación media obtenida en la posprueba del test para diagnosticar la actitud de los estudiantes hacia la ciencia.

Segunda hipótesis de estudio:

Los estudiantes de décimo grado que estudian la cinemática bidimensional siguiendo una estrategia de aprendizaje por descubrimiento mediado por *software* de laboratorio virtual, tienen un mayor nivel de comprensión de los principios físicos involucrados que aquellos estudiantes que siguen una estrategia de enseñanza expositiva.

Hipótesis estadísticas:

H_2 : El grupo experimental y el grupo de control difieren entre sí de manera significativa respecto a la puntuación media obtenida en la posprueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional.

H_0'' : El grupo experimental y el grupo de control *no* difieren entre sí de manera significativa respecto a la puntuación media obtenida en la posprueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional.

Tercera hipótesis de estudio:

Los estudiantes de décimo grado que estudian la cinemática bidimensional siguiendo una estrategia de aprendizaje por descubrimiento mediado por *software* de laboratorio virtual, desarrollan más habilidades para resolver problemas de física que aquellos estudiantes que siguen una estrategia de enseñanza expositiva.

Hipótesis estadísticas:

H_3 : El grupo experimental y el grupo de control difieren entre sí de manera significativa respecto a la puntuación media obtenida en la posprueba de solución de problemas relacionados con la cinemática bidimensional.

H_0''' : El grupo experimental y el grupo de control *no* difieren entre sí de manera significativa respecto a la puntuación media obtenida en la posprueba de solución de problemas relacionados con la cinemática bidimensional.

Capítulo 4. Resultados

Este capítulo presenta las respuestas a las preguntas de investigación enunciadas previamente. Se explica el procedimiento seguido para la validación de los instrumentos y se describen las variables de investigación en términos de medidas de tendencia central y de dispersión. La prueba de hipótesis es desarrollada a través de análisis paramétrico. La información principal ha sido tabulada y se presenta a través de gráficos que ratifican los hallazgos. Todo este análisis se lleva a cabo con el propósito de dar respuesta a la pregunta general que se formuló en el planteamiento del problema: *¿Cuál es el impacto del laboratorio virtual en el aprendizaje por descubrimiento de la cinemática bidimensional en estudiantes de décimo grado de Educación Media?* La respuesta implica comparar el nivel alcanzado por los alumnos de cada grupo de trabajo, en las tres dimensiones del estudio: actitud hacia la ciencia, comprensión de los conceptos de la cinemática bidimensional y habilidades en resolución de problemas de física.

4.1 Comprobación de la validez y fiabilidad de los instrumentos.

Las tres variables dependientes descritas en el capítulo 3 deben ser medidas a través de instrumentos con fiabilidad y validez comprobadas. En primera instancia los tres instrumentos fueron revisados por cinco docentes de amplia experiencia y reconocida experticia en la didáctica de la física, quienes expresaron su concepto favorable con relación a la construcción de los instrumentos, los contenidos comprendidos, el grado de dificultad en relación al nivel de enseñanza en el cual se aplicarían y la adecuada presentación de la información.

En un segundo momento se empleó una muestra similar a la del estudio para realizar una prueba piloto con el propósito de comprobar la claridad en la construcción de estos instrumentos, de validar la fiabilidad como consistencia interna y la validez interna de construcción. A continuación se presenta el análisis estadístico que se desarrolló con los resultados de la aplicación preliminar de cada uno de estos instrumentos.

4.1.1 Test de Penichet y Mato.

Como se describió ampliamente en el capítulo 3, el test de Penichet y Mato es un test de escala Likert cuyo propósito es diagnosticar la actitud de los estudiantes hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias. La validación de este instrumento se fundamentó en los siguientes análisis estadísticos:

- g) *Fiabilidad como consistencia interna*: Se siguió el método de mitades partidas, con los ítems pares e impares. En un primer cálculo del *coeficiente de Spearman-Brown* se obtuvo un resultado de 0,644 que representa una correlación positiva media entre los ítems del test. Después de un reordenamiento de los ítems se volvió a calcular el *coeficiente de Spearman-Brown* y se obtuvo un resultado de 0,756 que constituye una correlación significativa al nivel 0,01 (bilateral).
- h) *Validez interna de construcción*: Luego del reordenamiento de los ítems del test, se calculó el *coeficiente de correlación de Pearson* entre ellos, dando paso al análisis factorial por el método de los componentes principales. La tabla 9 muestra los coeficientes de correlación de Pearson entre los cada uno de los ítems del test, en los que un 52% muestran una correlación significativa. Se puede deducir, a través del análisis de componentes principales, que existen cuatro

factores que explican un 65% de la varianza total de las respuestas al test. Si el análisis se limita a un solo componente, la proporción de varianza explicada se reduce a un 35%. Esto podría interpretarse como una incoherencia actitudinal de los estudiantes hacia los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias.

Tabla 9.
Coefficientes de correlación de Pearson entre ítems del test de Penichet y Mato.

Ítem	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	,282 *	,392 **	,381 **	,132	,337 *	-,114	,287 *	,555 **	,246	,222	,498 **	,225
2		,267	,481 **	,111	,234	,386 **	,016	,294 *	,371 **	,116	,299 *	,236
3			,479 **	,350 **	,426 **	-,026	,240	,246	,173	,419 **	,349 **	,141
4				,318 *	,428 **	,314 *	,326 *	,558 **	,477 **	,354 **	,441 **	,405 **
5					,174	,103	,064	,305 *	,061	,658 **	,310 *	,045
6						,286 *	,141	,402 **	,403 **	,361 **	,524 **	,181
7							-,036	,078	,349 **	,039	,208	,081
8								,263	,148	,158	,186	,063
9									,527 **	,275 *	,571 **	,417 **
10										,009	,553 **	,146
11											,280 *	,175
12												,150

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

4.1.2 Prueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional.

Como ha sido expuesto, el propósito de esta prueba es evaluar la comprensión de los conceptos y principios de los movimientos parabólico y circular uniforme. Este instrumento fue validado mediante las siguientes pruebas estadísticas:

- a) *Fiabilidad como consistencia interna*: Se calculó el *coeficiente de confiabilidad de Kuder-Richardson Fórmula 20 (KR-20)*, para el cual se obtuvo un resultado de 0,770 concluyéndose así que la fiabilidad como consistencia interna es significativa.
- b) *Validez interna de construcción*: Se calculó el *coeficiente de correlación de Pearson* entre los ítems de la prueba (los resultados se condensan en el apéndice G), de donde se concluye que un 30% muestran una correlación significativa. El análisis factorial por el método de los componentes principales permite deducir que existen ocho factores que explican un 81% de la varianza total de las respuestas a la prueba. Si el análisis se limita a un solo componente, la proporción de varianza explicada se reduce a un 21%. Esto podría interpretarse como una incoherencia nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional.

4.1.3 Prueba de solución de problemas relacionados con la cinemática bidimensional.

El objetivo de este instrumento es valorar el desarrollo de habilidades de resolución de problemas de física. Este instrumento fue validado a través de los siguientes procedimientos:

- a) *Fiabilidad intraevaluada*: Se le solicitó a un docente de física que calificara las mismas pruebas en dos momentos diferentes. Las pruebas no estaban marcadas y para la revisión se utilizaron fotocopias, de tal manera que la calificación no quedó anotada en el propio ejercicio. La segunda calificación fue efectuada 5 días después de la primera con el propósito de mitigar los efectos de una valoración

demasiado reciente. Se calculó el coeficiente de *correlación de Pearson* entre las calificaciones del primer y del segundo momento obteniendo un resultado de 1,00 que corresponde a una correlación significativa al nivel 0,01 (bilateral). La tabla 10 presenta los resultados de la validación de la fiabilidad intraevaluadora.

Tabla 10.
Resultados de la validación de la fiabilidad intraevaluadora.

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Varianza</i>
Primera valoración	24	7,00	0,40	0,16
Segunda valoración		7,30	0,24	0,06

b) *Fiabilidad interevaluadora*: Se contó con la colaboración de dos docentes de física quienes calificaron simultáneamente las mismas pruebas. Los ejercicios no estaban marcados y se emplearon fotocopias. Los evaluadores no tuvieron contacto entre sí para descartar un posible efecto de halo/horn. Se calculó el coeficiente de *correlación de Pearson* entre las calificaciones de los dos docentes evaluadores y se obtuvo un resultado de 0,945 que corresponde a una correlación significativa al nivel 0,01 (bilateral). La tabla 11 muestra los resultados del procedimiento de validación de la fiabilidad interevaluadora.

Tabla 11.
Resultados de la validación de la fiabilidad interevaluadora.

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Varianza</i>
Evaluador A	24	7,00	0,40	0,16
Evaluador B		7,10	0,21	0,04

4.2 Situación de los estudiantes en la fase pre-instruccional.

En este apartado se analizan los resultados obtenidos en la aplicación de las prepruebas. Este análisis se desarrolló con el propósito de determinar el estado de los alumnos antes de ejecutar las respectivas secuencias didácticas, tanto con el grupo experimental como con el grupo de control. Asimismo, esta etapa del estudio permitió validar la equivalencia inicial entre los grupos. A continuación se desarrolla el análisis de los resultados correspondientes a la fase pre-instruccional del estudio.

4.2.1 Actitud hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias.

4.2.1.1. Grupo experimental. La aplicación del test de Penichet y Mato en el grupo con el cual se desarrolló el procedimiento experimental arrojó una media de 48,65 con una desviación estándar de 7,42 y una varianza de 55,07. Estos resultados muestran un nivel bajo de actitud hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias. Asimismo, se observa que los puntajes están considerablemente dispersos en torno a la calificación media. Con el propósito de caracterizar con mayor precisión la actitud del grupo experimental hacia las asignaturas de ciencias, se conformaron tres subgrupos de alumnos en base a los resultados del test de Penichet y Mato. La tabla 12 presenta esta clasificación.

Tabla 12.

Clasificación de los estudiantes del grupo experimental según su actitud hacia la ciencia, en base a los resultados del pretest de Penichet y Mato.

<i>Nivel</i>	<i>Puntuación</i>	<i>% de estudiantes</i>
Bajo	0 a 49	42,31
Medio	50 a 52	34,62
Alto	53 a 65	23,08

La figura 10 muestra la distribución porcentual obtenida por el grupo experimental en el cuestionario.

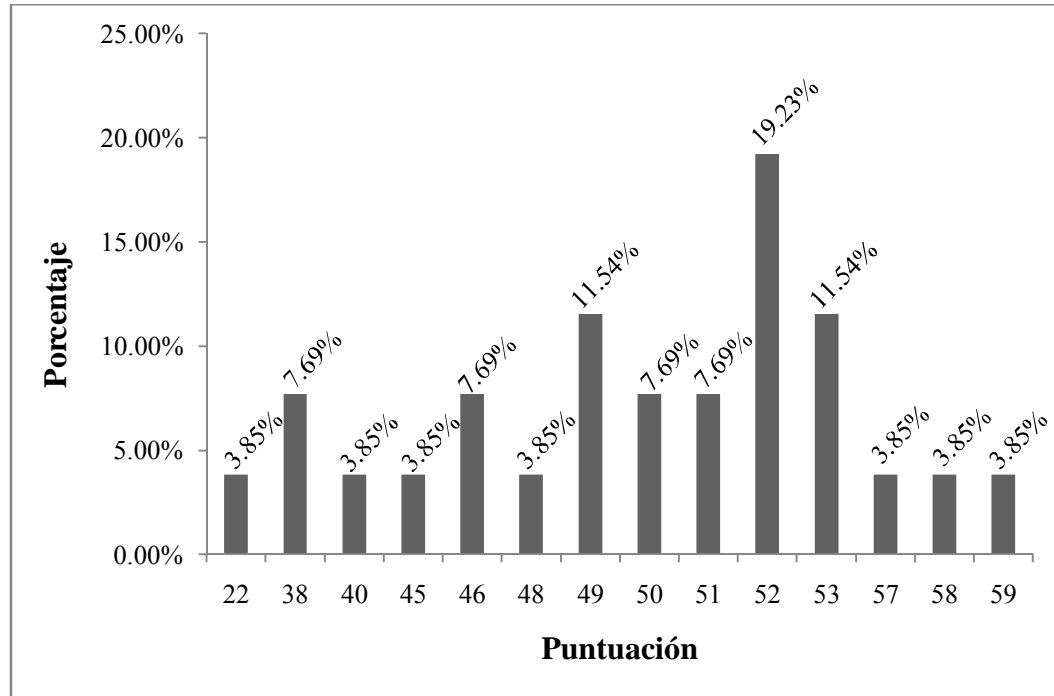


Figura 10. Distribución porcentual de las puntuaciones obtenidas por el grupo experimental en el pretest de Penichet y Mato.

Desglosando los resultados del test de Penichet y Mato se puede concluir que el 57,69% de los estudiantes no manifestaron explícitamente que el estudio de las ciencias experimentales sea el que realizan con más agrado. Asimismo, alrededor de la tercera parte de los alumnos reveló cierto rechazo a trabajar en la resolución de problemas relacionados con las ciencias, a pesar de que una gran mayoría, el 76,92%, reconoció que el estudio de la ciencia es importante como preparación para encontrar un puesto de trabajo y un 53,85% manifestó que las asignaturas de ciencias experimentales deberían tener más importancia en la enseñanza. La tabla 13 muestra la distribución de las respuestas de los alumnos a los ítems con enunciado positivo.

Tabla 13.

Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo experimental a los ítems con enunciado positivo del pretest de Penichet y Mato.

Ítem	Indicador	% de respuestas				
		A	B	C	D	E
1	Preferencia	0,00	11,54	46,15	34,62	7,69
3	Afinidad	0,00	15,38	19,23	38,46	26,92
5	Utilidad	0,00	3,85	19,23	61,54	15,38
8	Importancia	3,85	7,69	34,62	42,31	11,54
9	Interés	0,00	11,54	19,23	42,31	23,08
11	Utilidad	3,85	11,54	34,62	42,31	7,69
12	Satisfacción	3,85	15,38	23,08	42,31	15,38
E	Totalmente de acuerdo.					
D	De acuerdo.					
C	No tengo opinión definida.					
B	En desacuerdo.					
A	Totalmente en desacuerdo.					

Del mismo modo, el análisis de los resultados del test de actitud hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias permite determinar que un 15,39% de los estudiantes manifestó no encontrarle utilidad al estudio de las ciencias experimentales. Este valor coincide con el de la proporción de estudiantes que expresó rechazo a estudiar las asignaturas de ciencias experimentales. Asimismo, el 23,07% de los alumnos relacionó su resistencia al estudio de las asignaturas de ciencias con el grado de dificultad asociado a estas.

Los resultados muestran que una mayoría de 92,31% no comparte la opinión de que las asignaturas de ciencias experimentales sólo sirven para reprobar. No obstante, el 26,93% de los alumnos expresó que las clases de ciencias se les hacen hacer monótonas mientras que un 42,31% no declaró en forma explícita mantenerse concentrado durante

las clases de ciencias. La tabla 14 muestra la distribución de las respuestas de los alumnos a los ítems con enunciado negativo.

Tabla 14.
Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo experimental a los ítems con enunciado negativo del pretest de Penichet y Mato.

Ítem	Indicador	% de respuestas				
		A	B	C	D	E
2	Utilidad	0,00	3,85	11,54	42,31	42,31
4	Satisfacción	11,54	3,85	3,85	61,54	19,23
6	Grado de Dificultad	7,69	0,00	15,38	53,85	23,08
7	Reputación	3,85	0,00	3,85	30,77	61,54
10	Interés	11,54	3,85	11,54	61,54	11,54
13	Participación	3,85	15,38	23,08	42,31	15,38

A Totalmente de acuerdo.
 B De acuerdo.
 C No tengo opinión definida.
 D En desacuerdo.
 E Totalmente en desacuerdo.

4.2.1.2. *Grupo de control.* La media del test de Penichet y Mato en el grupo que siguió la estrategia de enseñanza expositiva fue de 48,04 con una desviación estándar de 6,97 y una varianza de 48,71, lo que muestra un bajo nivel actitudinal en relación al estudio de la ciencia. La tabla 15 presenta la clasificación de los estudiantes del grupo de control según su actitud hacia la ciencia en base a los resultados del test.

Tabla 15.
Clasificación de los estudiantes del grupo de control según su actitud hacia la ciencia, en base a los resultados del pretest de Penichet y Mato.

Nivel	Puntuación	% de estudiantes
Bajo	0 a 49	61,90
Medio	50 a 52	4,76
Alto	53 a 65	33,33

La distribución porcentual obtenida en el test de Penichet y Mato por el grupo de control es presentada en la figura 11.

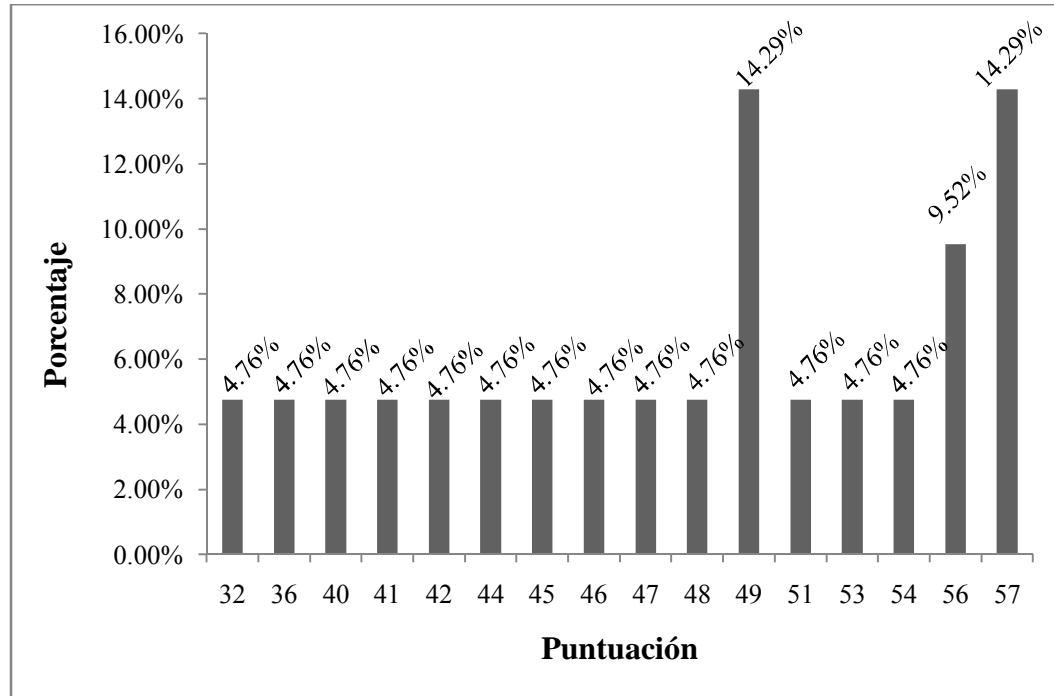


Figura 11. Distribución porcentual de las puntuaciones obtenidas por el grupo de control en el pretest de Penichet y Mato.

De la aplicación del test de Penichet y Mato a los alumnos del grupo de control se concluye que el 57,14% no expresó directamente si las asignaturas de ciencias experimentales deberían tener más importancia en la enseñanza. En ese mismo sentido, un 38,09% no manifestaron explícitamente si encontraban interesante todo lo relacionado con las ciencias experimentales, mientras que la tercera parte de los estudiantes no consideró en forma concluyente que las asignaturas de ciencias experimentales sean importantes para reflexionar mejor respecto de la futura profesión. Una proporción similar no manifestó sentir satisfacción al estudiar ciencias. La tabla 16 muestra la

distribución de las respuestas de los estudiantes del grupo de control a los ítems con enunciado positivo.

Tabla 16.

Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo de control a los ítems con enunciado positivo del pretest de Penichet y Mato.

Ítem	Indicador	% de respuestas				
		A	B	C	D	E
1	Preferencia	0,00	14,29	23,81	57,14	4,76
3	Afinidad	0,00	33,33	14,29	33,33	19,05
5	Utilidad	0,00	23,81	23,81	33,33	19,05
8	Importancia	4,76	9,52	42,86	33,33	9,52
9	Interés	0,00	28,57	9,52	42,86	19,05
11	Utilidad	4,76	19,05	9,52	28,57	38,10
12	Satisfacción	4,76	9,52	19,05	52,38	14,29
E	Totalmente de acuerdo.					
D	De acuerdo.					
C	No tengo opinión definida.					
B	En desacuerdo.					
A	Totalmente en desacuerdo.					

De otro lado, a partir de la aplicación del test de Penichet y Mato se puede determinar que un 19,05% de los estudiantes manifestó no encontrarle utilidad al estudio de las ciencias experimentales. En concordancia con lo anterior, se puede observar que un 19,04% expresó rechazo a estudiar las asignaturas de ciencias experimentales. En ese sentido, el 28,57% de los alumnos manifestó no tener una opinión definida sobre el vínculo entre la resistencia al estudio de las asignaturas de ciencias y el grado de dificultad asociado a estas.

La mayoría de los alumnos del grupo de control, un 95,23%, no asocia el estudio de las ciencias experimentales con reprobación. Por otro lado, aproximadamente la tercera parte de los alumnos no declaró en forma explícita mantenerse concentrado

durante las clases de ciencias. La tabla 17 muestra la distribución de las respuestas de los estudiantes del grupo de control a los ítems con enunciado negativo.

Tabla 17.

Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo de control a los ítems con enunciado negativo del pretest de Penichet y Mato.

Ítem	Indicador	% de respuestas				
		A	B	C	D	E
2	Utilidad	0,00	19,05	14,29	42,86	23,81
4	Satisfacción	0,00	9,52	9,52	61,90	19,05
6	Grado de Dificultad	0,00	0,00	28,57	52,38	19,05
7	Reputación	0,00	0,00	4,76	33,33	61,90
10	Interés	0,00	14,29	23,81	52,38	9,52
13	Participación	0,00	14,29	19,05	42,86	23,81

A Totalmente de acuerdo.
 B De acuerdo.
 C No tengo opinión definida.
 D En desacuerdo.
 E Totalmente en desacuerdo.

4.2.1.3. *Validación de la equivalencia inicial entre los grupos.* La prueba t arrojó un valor de 0,287. Este valor es inferior al que se muestra en la tabla de la distribución t de Student (1,671) a un nivel de confianza de 0,05 y con 60 grados de libertad. Por lo anterior se determinó que, antes de la ejecución de las respectivas secuencias didácticas, no existía diferencia estadísticamente significativa entre las calificaciones medias en el test de Penichet y Mato del grupo experimental y del grupo de control.

Lo anterior se interpreta en clave de coherencia entre la actitud hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias de los estudiantes del grupo experimental y los del grupo de control. Validada la equivalencia inicial entre los grupos en esta dimensión, se procedió a verificar la primera hipótesis de investigación.

4.2.2 Nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional.

4.2.2.1. *Grupo experimental.* La prueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional en el grupo experimental arrojó una media de 4,57 con una desviación estándar de 0,38 y una varianza de 0,14. Para identificar con rigor el nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional en el del grupo experimental, se conformaron cuatro subgrupos de alumnos de acuerdo al desempeño en la prueba. La tabla 18 presenta esta clasificación.

Tabla 18.

Clasificación de los estudiantes del grupo experimental según su nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional, en base a los resultados de la preprueba estandarizada.

<i>Nivel</i>	<i>Puntuación</i>	<i>% de estudiantes</i>
Bajo	0,0 a 5,9	100,00
Básico	6,0 a 7,9	0,00
Alto	8,0 a 8,9	0,00
Superior	9,0 a 10,0	0,00

Al analizar en detalle los resultados que obtuvo el grupo experimental en la prueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional, se advierte una correspondencia con las ideas previas relacionadas con la mecánica clásica de partículas, determinadas en el estudio de Oliva (1994) (véase la tabla 1). La tabla 19 presenta la distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo experimental en la prueba estandarizada. Esta información se interpreta en clave de incoherencia respecto de la comprensión de las características y conceptos relacionados con los movimientos parabólico y circular uniforme, así como del comportamiento de los vectores de velocidad y aceleración en cada uno de estos eventos cinemáticos.

Tabla 19.

Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo experimental en la preprueba estandarizada sobre los conceptos de la cinemática bidimensional.

Categoría	Subcategoría	Distribución de respuestas		
		Ítem	% de respuestas correctas	% de respuestas incorrectas
Comprensión de los conceptos relacionados con el movimiento parabólico	Características del movimiento horizontal	1	61,54	38,46
		5	46,15	53,85
		8	61,54	38,46
		10	46,15	53,85
	Efecto de la resistencia del aire	2	61,54	38,46
		3	61,54	38,46
	Comportamiento de la aceleración	4	50,00	50,00
		7	73,08	26,92
		9	57,69	42,31
	Comportamiento de la velocidad	6	42,31	57,69
		12	42,31	57,69
Relación entre altura, tiempo y alcance	11	3,85	96,15	
Comprensión de los conceptos relacionados con el movimiento circular uniforme	Comportamiento de la aceleración	13	19,23	80,77
		15	30,77	69,23
	Relación entre radio, velocidad lineal, tiempo y aceleración centrípeta	14	19,23	80,77
		16	38,46	61,54
	Fuerza centrípeta vs. fuerza centrífuga	17	53,85	46,15
		18	57,69	42,31
	Relación entre radio, frecuencia y periodo	19	34,62	65,38
		20	53,85	46,15

4.2.2.2. *Grupo de control.* Los resultados de la prueba estandarizada en este grupo arrojaron una media de 4,71 con una desviación estándar de 0,56 y una varianza de 0,32. Se procedió a conformar los cuatro subgrupos de desempeño en función de las puntuaciones obtenidas en la prueba. Esto permitió establecer el nivel de comprensión que tenían los estudiantes del grupo de control respecto a los conceptos relacionados con los eventos cinemáticos en cuestión. Esta categorización se muestra en la tabla 20.

Tabla 20.

Clasificación de los estudiantes del grupo de control según su nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional en base a los resultados de la preprueba estandarizada.

<i>Nivel</i>	<i>Puntuación</i>	<i>% de estudiantes</i>
Bajo	0,0 a 5,9	90,48
Básico	6,0 a 7,9	9,52
Alto	8,0 a 8,9	0,00
Superior	9,0 a 10,0	0,00

En relación a los ítems correspondientes al lanzamiento parabólico, la prueba estandarizada reveló que menos del 60% respondió correctamente las preguntas que hacían referencia a las características del movimiento horizontal. Asimismo, aproximadamente la mitad de los alumnos mostró desconocimiento de los efectos de la resistencia del aire en el desplazamiento y una proporción similar reveló tener ideas previas respecto de las características de la aceleración, distantes de los principios de la cinemática clásica de partículas. En cuanto al comportamiento de la velocidad, un 52,38% de los alumnos del grupo de control contestó correctamente los ítems relacionados con esta subcategoría, mientras que sólo la tercera parte relacionó adecuadamente el tiempo de vuelo con las variables altura máxima y alcance horizontal.

De otro lado, en la categoría de comprensión de los conceptos relacionados con el movimiento circular uniforme, una proporción menor al 40% contestó correctamente los ítems que requerían conocer el comportamiento de la aceleración centrípeta. Menos de la mitad de los alumnos del grupo de control reconoció la relación entre radio, velocidad lineal, tiempo y aceleración centrípeta, mientras que un porcentaje aproximadamente igual identifica la aplicación de la tercera ley de Newton en el fenómeno causa-efecto de

las fuerzas centrípeta y centrífuga. La tabla 21 sintetiza la distribución porcentual de las respuestas dadas por los alumnos del grupo de control en la prueba estandarizada.

Tabla 21.
Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo de control en la preprueba estandarizada sobre los conceptos de la cinemática bidimensional.

Categoría	Subcategoría	Distribución de respuestas		
		Ítem	% de respuestas correctas	% de respuestas incorrectas
Comprensión de los conceptos relacionados con el movimiento parabólico	Características del movimiento horizontal	1	52,38	47,62
		5	57,14	42,86
		8	57,14	42,86
		10	57,14	42,86
	Efecto de la resistencia del aire	2	52,38	47,62
		3	52,38	47,62
	Comportamiento de la aceleración	4	47,62	52,38
		7	52,38	47,62
		9	52,38	47,62
	Comportamiento de la velocidad	6	52,38	47,62
		12	52,38	47,62
Relación entre altura, tiempo y alcance	11	33,33	66,67	
Comprensión de los conceptos relacionados con el movimiento circular uniforme	Comportamiento de la aceleración	13	33,33	66,67
		15	38,10	61,90
	Relación entre radio, velocidad lineal, tiempo y aceleración centrípeta	14	33,33	66,67
		16	47,62	52,38
	Fuerza centrípeta vs. fuerza centrífuga	17	47,62	52,38
		18	47,62	52,38
Relación entre radio, frecuencia y periodo	19	28,57	28,57	
		20	47,62	52,38

4.2.2.3. *Validación de la equivalencia inicial entre los grupos.* El valor calculado para el parámetro de la prueba t fue de 0,946, que es menor al mostrado en la tabla de la distribución t de *Student* (1,671) a un nivel de confianza de 0,05 y con 60 grados de

libertad. Esto permitió concluir que, antes de la fase instruccional, no existía diferencia estadísticamente significativa entre las calificaciones medias de los grupos en la prueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional. En otras palabras, se encontró correspondencia entre los niveles de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional de cada uno de los grupos. Luego de haber comprobado la equivalencia inicial entre los grupos en esta categoría, se procedió con la verificación de la segunda y tercera hipótesis de investigación.

4.3 Resultados de la fase post-instruccional.

En los siguientes sub-apartados se analizan los resultados que arrojaron las pospruebas. El objetivo de este análisis fue establecer la situación de los estudiantes luego de haber ejecutado las dos secuencias didácticas; una de ellas, mediada por el uso del laboratorio virtual y la otra, a través de la estrategia de enseñanza expositiva. Estas secuencias didácticas se desarrollaron respectivamente con el grupo experimental y con el grupo de control. De la misma manera, esta fase permitió desarrollar la prueba de hipótesis, comprobando si existían diferencias significativas entre las actitudes, los niveles de comprensión y las habilidades desarrolladas por los estudiantes de uno y otro grupo. A continuación se presenta el análisis de los resultados correspondientes a la fase post-instruccional de la investigación.

4.3.1 Actitud hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias.

4.3.1.1. Grupo experimental. En el grupo experimental, el postest de Penichet y Mato presentó media de 60,75 con una desviación estándar de 2,81 y una varianza de 7,94. Se muestra un aumento considerable en el nivel de actitud hacia las asignaturas de

ciencias. Se observa, también, que las puntuaciones están más agrupadas alrededor de la media. La tabla 22 presenta la clasificación de los estudiantes del grupo experimental según su actitud hacia la ciencia en base a los resultados del postest de Penichet y Mato.

Tabla 22.

Clasificación de los estudiantes del grupo experimental según su actitud hacia la ciencia, en base a los resultados del postest de Penichet y Mato.

Nivel	Puntuación	% de estudiantes
Bajo	0 a 49	0,00
Medio	50 a 52	3,85
Alto	53 a 65	96,15

La figura 12 muestra la distribución porcentual obtenida por el grupo experimental en el postest de Penichet y Mato.

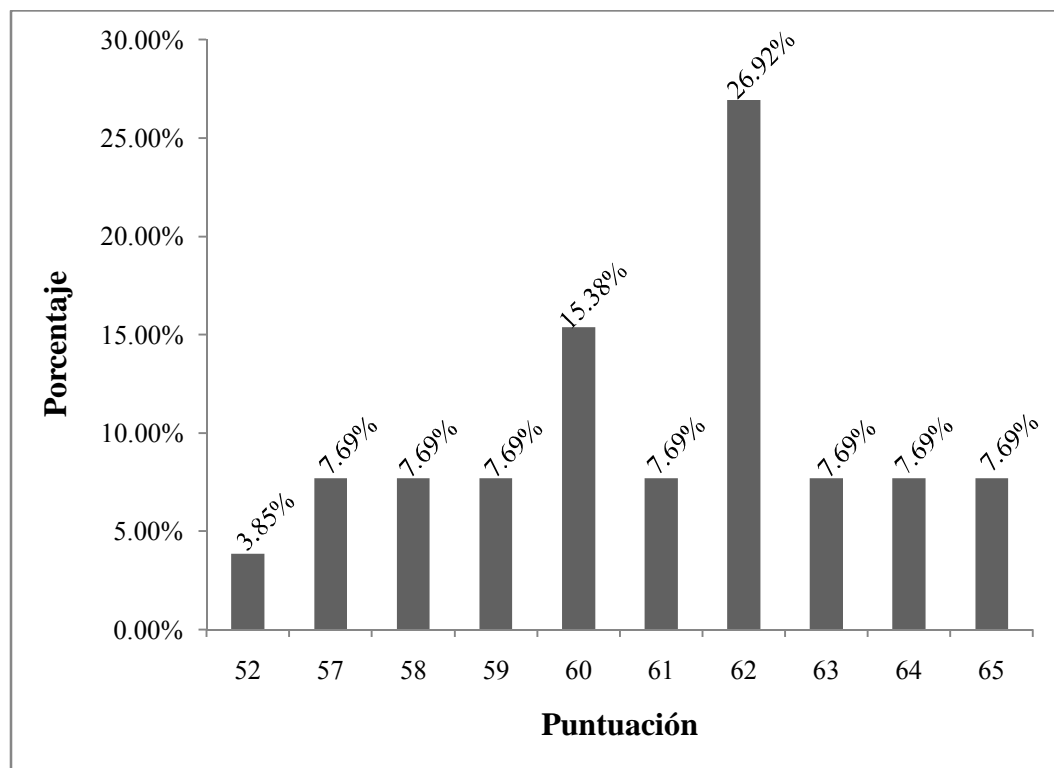


Figura 12. Distribución porcentual de las puntuaciones obtenidas por el grupo experimental en el postest de Penichet y Mato.

Un análisis detallado del postest de Penichet y Mato permite concluir que el 53,85% de los estudiantes manifestó estar totalmente de acuerdo con que las asignaturas de ciencias experimentales deberían tener más importancia en la enseñanza. Asimismo, alrededor de las dos terceras partes de los alumnos reveló un gran interés por todo aquello relacionado con las ciencias experimentales. En ese mismo sentido, el 61,54%, reconoció acentuadamente que las asignaturas de ciencias experimentales son importantes para reflexionar mejor con miras a la futura profesión. La tabla 23 muestra la distribución de las respuestas de los alumnos a los ítems con enunciado positivo.

Tabla 23.

Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo experimental a los ítems con enunciado positivo del postest de Penichet y Mato.

Ítem	Indicador	% de respuestas				
		A	B	C	D	E
1	Preferencia	0,00	0,00	0,00	57,69	42,31
3	Afinidad	0,00	0,00	0,00	34,62	65,38
5	Utilidad	0,00	0,00	0,00	23,08	76,92
8	Importancia	0,00	0,00	0,00	46,15	53,85
9	Interés	0,00	0,00	0,00	34,62	65,38
11	Utilidad	0,00	0,00	0,00	38,46	61,54
12	Satisfacción	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00
E	Totalmente de acuerdo.					
D	De acuerdo.					
C	No tengo opinión definida.					
B	En desacuerdo.					
A	Totalmente en desacuerdo.					

Del mismo modo, la tabla 24 muestra la distribución de las respuestas de los alumnos a los ítems con enunciado negativo. Es importante hacer notar que la totalidad de los estudiantes del grupo experimental manifestó explícitamente su rechazo a las afirmaciones negativas respecto de la utilidad de las asignaturas de ciencias

experimentales, así como del nivel de satisfacción, la imagen y el interés asociados al estudio de la ciencia.

Tabla 24.

Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo experimental a los ítems con enunciado negativo del postest de Penichet y Mato.

Ítem	Indicador	% de respuestas				
		A	B	C	D	E
2	Utilidad	0,00	0,00	0,00	15,38	84,62
4	Satisfacción	0,00	0,00	0,00	19,23	80,77
6	Grado de Dificultad	0,00	0,00	0,00	23,08	76,92
7	Reputación	0,00	0,00	0,00	7,69	92,31
10	Interés	0,00	0,00	0,00	30,77	69,23
13	Participación	0,00	0,00	0,00	42,31	57,69
A	Totalmente de acuerdo.					
B	De acuerdo.					
C	No tengo opinión definida.					
D	En desacuerdo.					
E	Totalmente en desacuerdo.					

Se aplicó la prueba t de *Student* para comparar los resultados del test de Penichet y Mato antes y después de haber ejecutado la secuencia didáctica mediada por el uso del laboratorio virtual. El valor calculado para el parámetro t fue de 7,781 que es considerablemente más alto que el mostrado en la tabla de la distribución t de *Student* (1,671) para un nivel de confianza de 0,05 y con 60 grados de libertad. Esto permitió concluir que, después de la fase instruccional, la calificación media del grupo experimental en el postest de Penichet y Mato presentó una diferencia estadísticamente significativa respecto de la media del pretest. En otras palabras, los resultados muestran un considerable aumento en el nivel de actitud hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencia en los alumnos del grupo experimental.

4.3.1.2. *Grupo de control.* El postest de Penichet y Mato aplicado al grupo de control arrojó una media de 51,00 con una desviación estándar de 4,02 y una varianza de 16,19. Se observa una variación de +2,96 en la media y de -2,95 en la desviación estándar, lo que indica que los datos están más agrupados. La tabla 25 presenta la clasificación del grupo de control en base a los resultados del postest de Penichet y Mato.

Tabla 25.

Clasificación de los estudiantes del grupo de control según su actitud hacia la ciencia, en base a los resultados del postest de Penichet y Mato.

Nivel	Puntuación	% de estudiantes
Bajo	0 a 49	42,85
Medio	50 a 52	23,80
Alto	53 a 65	33,33

La figura 13 muestra la distribución porcentual obtenida por el grupo de control en el postest de Penichet y Mato.

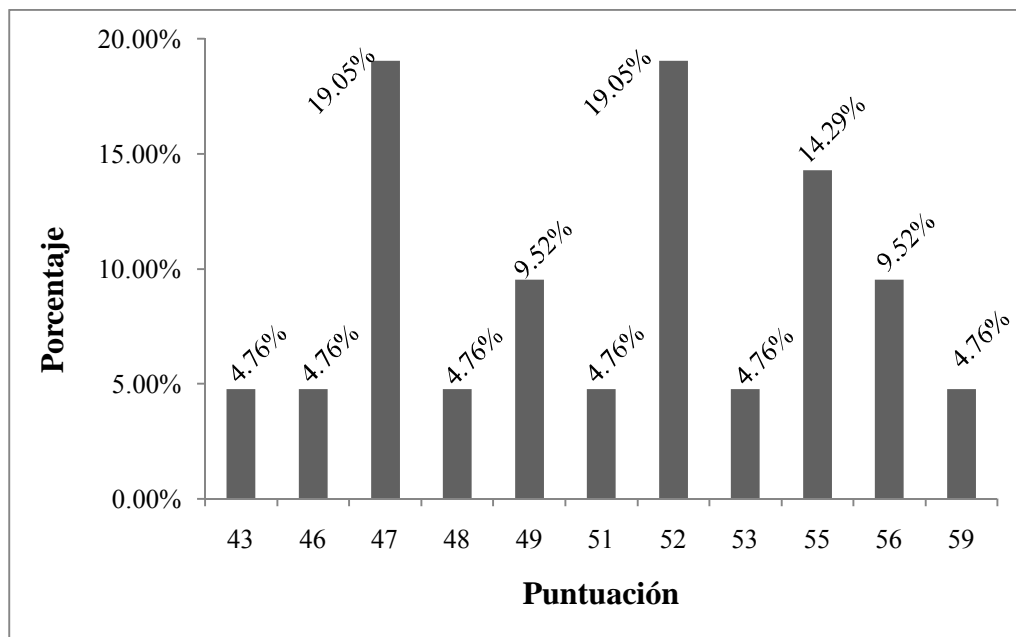


Figura 13. Distribución porcentual de las puntuaciones obtenidas por el grupo de control en el postest de Penichet y Mato.

Es importante hacer notar que la mayoría de los estudiantes del grupo de control expresaron una opinión favorable en los ítems con enunciado positivo del postest de Penichet y Mato, tal como lo muestra la tabla 26. No obstante, no es despreciable la proporción de alumnos que manifestó no tener una opinión clara en cada uno de los tópicos indagados. Así, un 14,29% manifestó cierta indecisión sobre su preferencia por las asignaturas de ciencias, mientras que el 28,57% no manifestó explícitamente tener afinidad por el estudio de las ciencias experimentales.

La tercera parte de los alumnos del grupo de control se abstuvo de expresar opinión alguna sobre la utilidad del conocimiento científico. Aproximadamente la quinta parte de ellos no reconoció la importancia de estudiar ciencias, en tanto que una proporción similar no reveló sentir satisfacción por ello. Finalmente, se puede observar que un 28,57% no definió su postura sobre la utilidad que encuentra en el estudio de las asignaturas de ciencias experimentales.

Tabla 26.
Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo de control a los ítems con enunciado positivo del postest de Penichet y Mato.

Ítem	Indicador	% de respuestas				
		A	B	C	D	E
1	Preferencia	0,00	0,00	14,29	80,95	4,76
3	Afinidad	0,00	0,00	28,57	52,38	19,05
5	Utilidad	0,00	0,00	33,33	52,38	14,29
8	Importancia	0,00	0,00	19,05	76,19	4,76
9	Interés	0,00	0,00	28,57	57,14	14,29
11	Utilidad	0,00	0,00	14,29	80,95	4,76
12	Satisfacción	0,00	0,00	19,05	71,43	9,52
E	Totalmente de acuerdo.					
D	De acuerdo.					
C	No tengo opinión definida.					
B	En desacuerdo.					
A	Totalmente en desacuerdo.					

Asimismo, la tabla 27 presenta la distribución de las respuestas de los estudiantes del grupo de control a los ítems con enunciado negativo del postest de Penichet y Mato. Se puede observar que la mayoría de los alumnos del grupo de control rechazó las afirmaciones negativas respecto de la utilidad de las asignaturas de ciencias experimental. Sin embargo un número importante de ellos manifestó no tener una opinión claramente definida respecto a esos enunciados negativos.

Tabla 27.

Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo de control a los ítems con enunciado negativo del postest de Penichet y Mato.

Ítem	Indicador	% de respuestas				
		A	B	C	D	E
2	Utilidad	0,00	0,00	4,76	85,71	9,52
4	Satisfacción	0,00	0,00	14,29	76,19	9,52
6	Grado de Dificultad	0,00	0,00	19,05	61,90	19,05
7	Reputación	0,00	0,00	0,00	80,95	19,05
10	Interés	0,00	0,00	19,05	80,95	0,00
13	Participación	0,00	0,00	14,29	85,71	0,00

A Totalmente de acuerdo.
 B De acuerdo.
 C No tengo opinión definida.
 D En desacuerdo.
 E Totalmente en desacuerdo.

Se estableció una comparación entre las puntuaciones medias obtenidas por el grupo de control en el test de Penichet y Mato antes y después de desarrollar secuencia didáctica mediante enseñanza expositiva. La prueba t de *Student* arrojó un valor de 1,679. Este resultado es levemente mayor al mostrado en la tabla de la distribución t de *Student* (1,671) para un nivel de confianza de 0,05 y con 60 grados de libertad. Esto permitió concluir que la media del grupo de control en el postest de Penichet y Mato presentó una diferencia estadísticamente significativa respecto de la media en el pretest.

4.3.1.3. *Prueba de la primera hipótesis de investigación.* En el capítulo anterior se plantearon tres hipótesis de estudio, de las cuales la primera se estableció así: *Los estudiantes de décimo grado que estudian la cinemática bidimensional siguiendo una estrategia de aprendizaje por descubrimiento mediado por software de laboratorio virtual, desarrollan una mejor actitud hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias, que aquellos estudiantes que siguen una estrategia de enseñanza expositiva.*

Para efectos de realizar la prueba t-*Student*, esta hipótesis se transformó en las siguientes hipótesis estadísticas:

- H_1 : El grupo experimental y el grupo de control difieren entre sí de manera significativa respecto a la puntuación media obtenida en la posprueba del test para diagnosticar la actitud de los estudiantes hacia la ciencia.
- H_0 : El grupo experimental y el grupo de control *no* difieren entre sí de manera significativa respecto a la puntuación media obtenida en la posprueba del test para diagnosticar la actitud de los estudiantes hacia la ciencia.

La siguiente tabla condensa los resultados de ambos grupos en el postest de Penichet y Mato:

Tabla 28.
Resultados de los grupos experimental y de control en el postest de Penichet y Mato.

	<i>Grupo Experimental</i>	<i>Grupo de Control</i>	Δ
Media	60,76	51,00	+9,76
Desviación estándar	2,81	4,02	-1,21
Varianza	7,94	16,19	-8,25

Como puede verse, el grupo experimental obtuvo una puntuación media más alta que la alcanzada por el grupo de control. Asimismo, los alumnos que siguieron la secuencia didáctica mediada por el laboratorio virtual obtuvieron puntajes más agrupados en torno a la media. Con estos resultados se realizó la prueba t de *Student*, la cual arrojó un valor de 9,415. Este resultado es considerablemente mayor al mostrado en la tabla de la distribución t de *Student* (1,671) para un nivel de confianza de 0,05 y con 60 grados de libertad. Este valor sigue siendo mayor al mostrado en la tabla, inclusive para un nivel de confianza de 0,005 y el mismo número de grados de libertad (2,617). Entonces, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la primera hipótesis de investigación (H_1).

4.3.2 Nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional.

4.3.2.1. *Grupo experimental.* La aplicación de la posprueba arrojó una media de 9,36 con una desviación estándar de 0,49 y una varianza de 0,24. En relación con los resultados de la preprueba, se observa una variación de +4,78 en la media y de +0,10 en la desviación estándar. El incremento significativo en la puntuación media justifica el leve aumento en la dispersión de las puntuaciones. La tabla 29 muestra la clasificación de los alumnos del grupo experimental según los resultados de la posprueba estandarizada.

Tabla 29.

Clasificación de los estudiantes del grupo experimental según su nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional, en base a los resultados de la posprueba estandarizada.

<i>Nivel</i>	<i>Puntuación</i>	<i>% de estudiantes</i>
Bajo	0,0 a 5,9	0,00
Básico	6,0 a 7,9	0,00
Alto	8,0 a 8,9	11,53
Superior	9,0 a 10,0	88,46

Los resultados de la posprueba dan cuenta de un excelente nivel de comprensión de los conceptos de la cinemática bidimensional por parte de los alumnos del grupo experimental. La tabla 30 presenta la distribución porcentual de las respuestas de los estudiantes a cada ítem de la prueba estandarizada. En contraste con los resultados de la preprueba, los altos porcentajes de respuestas correctas en cada una de las preguntas evidencian que los estudiantes han hecho un reajuste cognitivo de sus ideas previas.

Tabla 30.

Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo experimental en la posprueba estandarizada sobre los conceptos de la cinemática bidimensional.

Categoría	Subcategoría	Distribución de respuestas		
		Ítem	% de respuestas correctas	% de respuestas incorrectas
Comprensión de los conceptos relacionados con el movimiento parabólico	Características del movimiento horizontal	1	100,00	0,00
		5	100,00	0,00
		8	96,15	3,85
		10	92,31	7,69
	Efecto de la resistencia del aire	2	100,00	0,00
		3	100,00	0,00
	Comportamiento de la aceleración	4	100,00	0,00
		7	100,00	0,00
		9	92,31	7,69
	Comportamiento de la velocidad	6	100,00	0,00
		12	92,31	7,69
	Relación entre altura, tiempo y alcance	11	88,46	11,54
Comprensión de los conceptos relacionados con el movimiento circular uniforme	Comportamiento de la aceleración	13	88,46	11,54
		15	88,46	11,54
	Relación entre radio, velocidad lineal, tiempo y aceleración centrípeta	14	88,46	11,54
		16	88,46	11,54
	Fuerza centrípeta vs. fuerza centrífuga	17	92,31	7,69
	Relación entre radio, frecuencia y periodo	18	88,46	11,54
		19	88,46	11,54
		20	88,46	11,54

Se aplicó una prueba t de *Student* para establecer una comparación entre los resultados de la preprueba y la posprueba de comprensión de conceptos. La prueba arrojó un valor de 39,12. Este resultado es mucho mayor al que muestra la tabla de la distribución t de *Student* (1,671) para un nivel de confianza de 0,05 y con 60 grados de libertad. Esto permitió concluir que la media del grupo experimental en la posprueba de comprensión de conceptos presentó una diferencia estadísticamente significativa respecto de la media en la preprueba.

4.3.2.2. *Grupo de control.* La media del grupo de control en la prueba estandarizada fue de 8,90 con una desviación estándar de 0,78 y una varianza de 0,60. Tomando como referencia el resultado de la preprueba, la variación de la media fue de +4,19 mientras que la desviación estándar se incrementó en +0,21. Esta significativa variación positiva de la media se reflejó en la clasificación del grupo en función de las puntuaciones obtenidas en la prueba, la cual se muestra en la tabla 31.

Tabla 31.
Clasificación de los estudiantes del grupo de control según su nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional, en base a los resultados de la posprueba.

<i>Nivel</i>	<i>Puntuación</i>	<i>% de estudiantes</i>
Bajo	0,0 a 5,9	0,00
Básico	6,0 a 7,9	9,52
Alto	8,0 a 8,9	28,57
Superior	9,0 a 10,0	61,91

La tabla 32 muestra una descripción detallada del desempeño de los estudiantes del grupo de control por medio de una distribución porcentual de sus respuestas en la posprueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional.

El porcentaje de respuestas correctas en cada una de las categorías en que fueron agrupados los ítems fue significativamente alto. Se observan que en 13 de los 20 reactivos el porcentaje de respuestas correctas superaban el 90%. En la categoría de comprensión de los conceptos relacionados con el movimiento parabólico, 7 de los 12 ítems superaron el 90% de respuestas correctas, mientras que en la categoría de comprensión del movimiento circular uniforme, fueron 6 de 8.

Tabla 32.

Distribución porcentual de las respuestas de los alumnos del grupo de control en la posprueba estandarizada sobre los conceptos principios de la cinemática bidimensional.

Categoría	Subcategoría	Distribución de respuestas		
		Ítem	% de respuestas correctas	% de respuestas incorrectas
Comprensión de los conceptos relacionados con el movimiento parabólico	Características del movimiento horizontal	1	100,00	0,00
		5	100,00	0,00
		8	80,95	19,05
		10	85,71	14,29
	Efecto de la resistencia del aire	2	100,00	0,00
		3	100,00	0,00
	Comportamiento de la aceleración	4	100,00	0,00
		7	71,43	28,57
		9	76,19	23,81
	Comportamiento de la velocidad	6	90,48	9,52
		12	90,48	9,52
	Relación entre altura, tiempo y alcance	11	80,95	19,05
Comprensión de los conceptos relacionados con el movimiento circular uniforme	Comportamiento de la aceleración	13	80,95	19,05
		15	90,48	9,52
	Relación entre radio, velocidad lineal, tiempo y aceleración centrípeta	14	90,48	9,52
		16	66,67	33,33
	Fuerza centrípeta vs. fuerza centrífuga	17	95,24	4,76
		18	95,24	4,76
	Relación entre radio, frecuencia y periodo	19	90,48	9,52
		20	95,24	4,76

La prueba t de *Student* entre los resultados de la preprueba y la posprueba de comprensión de conceptos arrojó un valor de 22,11, el cual es considerablemente más alto al mostrado en la tabla de la distribución t de *Student* (1,671) para un nivel de confianza de 0,05 y con 60 grados de libertad, y sigue siendo mayor incluso para un nivel de confianza de 0,005. Se concluyó, entonces, que la media del grupo de control en la posprueba de comprensión de conceptos presentó una diferencia estadísticamente significativa respecto de la media en la preprueba.

4.3.2.3. *Prueba de la segunda hipótesis de investigación.* La segunda hipótesis de investigación se enunció de la siguiente manera: *Los estudiantes de décimo grado que estudian la cinemática bidimensional siguiendo una estrategia de aprendizaje por descubrimiento mediado por software de laboratorio virtual, tienen un mayor nivel de comprensión de los principios físicos involucrados que aquellos estudiantes que siguen una estrategia de enseñanza expositiva.*

Con el propósito de realizar la prueba de hipótesis, este enunciado es reestructurado, transformándose en las siguientes hipótesis estadísticas:

- H_2 : El grupo experimental y el grupo de control difieren entre sí de manera significativa respecto a la puntuación media obtenida en la posprueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional.
- H_0'' : El grupo experimental y el grupo de control *no* difieren entre sí de manera significativa respecto a la puntuación media obtenida en la posprueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional.

La siguiente tabla sintetiza los resultados de ambos grupos en la posprueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional:

Tabla 33.

Resultados de los grupos experimental y de control en la posprueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática bidimensional.

	<i>Grupo Experimental</i>	<i>Grupo de Control</i>	Δ
Media	9,36	8,90	+0,46
Desviación estándar	0,49	0,78	-0,32
Varianza	0,24	0,60	-0,36

El grupo experimental obtuvo una puntuación media más alta y, además, los puntajes fueron menos dispersos que los obtenidos por los alumnos del grupo de control. El cálculo de la prueba t de *Student* dio un resultado de 2,352 que es mayor al que se muestra en la tabla de la distribución t de *Student* (1,671) para un nivel de confianza de 0,05 y con 60 grados de libertad. Por lo tanto la hipótesis nula (H_0) es rechazada y se acepta la segunda hipótesis de investigación (H_2).

4.3.3 Uso del laboratorio virtual y desarrollo de habilidades para resolver problemas de física.

4.3.3.1. Resultados de los grupos de estudio. La prueba de solución de problemas relacionados con la mecánica bidimensional únicamente se aplicó después de la ejecución de las secuencias didácticas con cada uno de los grupos. Esto debido a que las particularidades de la estrategia de solución de problemas de lanzamiento parabólico exigían un trabajo instruccional previo. Los resultados globales obtenidos por ambos

grupos en esta prueba se ubican en el nivel de desempeño superior, de acuerdo con la rúbrica presentada en el apéndice D.

En la tabla 34 se presenta la puntuación media y la desviación estándar obtenida por cada grupo de estudio en las cinco categorías que definen el nivel de desarrollo de habilidades para resolver problemas de física. Se observa que el grupo experimental logró un desempeño ligeramente mayor en la representación gráfica de los vectores velocidad y aceleración, así como en el planteamiento y solución de un modelo matemático para el evento. De otra parte el grupo de control mostró una leve diferencia en el nivel de desarrollo de las habilidades para identificar la información y las incógnitas. Asimismo, los alumnos de este grupo tuvieron una ventaja marginal en la efectividad del proceso, en relación con los estudiantes del grupo experimental.

Tabla 34.

Media (\bar{x}) y desviación estándar (σ) obtenida por los grupos experimental y de control en la prueba de solución de problemas relacionados con la cinemática bidimensional.

<i>Categoría</i>	<i>Medida</i>	<i>Grupo experimental</i>	<i>Grupo de control</i>
Representación gráfica de los vectores velocidad y aceleración	\bar{x}	1,76	1,69
	σ	0,24	0,24
Identificación de la información suministrada y de las incógnitas	\bar{x}	1,59	1,90
	σ	0,19	0,19
Modelación matemática del evento	\bar{x}	1,88	1,80
	σ	0,21	0,24
Solución del modelo matemático	\bar{x}	1,88	1,78
	σ	0,21	0,24
Efectividad del proceso	\bar{x}	1,52	1,69
	σ	0,10	0,24
<i>Resultado global de la prueba</i>	\bar{x}	8,64	8,88
	σ	0,67	0,21

4.3.3.2. *Prueba de la tercera hipótesis de investigación.* El siguiente es el enunciado de la tercera hipótesis de investigación: *Los estudiantes de décimo grado que estudian la cinemática bidimensional siguiendo una estrategia de aprendizaje por descubrimiento mediado por software de laboratorio virtual, desarrollan más habilidades para resolver problemas de física que aquellos estudiantes que siguen una estrategia de enseñanza expositiva.*

Esta hipótesis de investigación se transformó en las siguientes hipótesis estadísticas, con el propósito de realizar la prueba t de *Student*:

- H_3 : El grupo experimental y el grupo de control difieren entre sí de manera significativa respecto a la puntuación media obtenida en la posprueba de solución de problemas relacionados con la cinemática bidimensional.
- H_0'''' : El grupo experimental y el grupo de control *no* difieren entre sí de manera significativa respecto a la puntuación media obtenida en la posprueba de solución de problemas relacionados con la cinemática bidimensional.

El grupo de control obtuvo una ventaja de $+0,24$ en su puntuación media y una diferencia de $-0,46$ en la desviación estándar, en relación con los resultados del grupo experimental. El cálculo de la prueba t de *Student* dio un resultado de $1,580$. Este valor es menor al presentado en la tabla de la distribución t de *Student* ($1,671$) para un nivel de confianza de $0,05$ y con 60 grados de libertad. Por lo tanto se rechaza la tercera hipótesis de investigación (H_3) y se acepta la hipótesis nula (H_0'''').

4.4 Análisis de resultados.

Los resultados reportan que los alumnos que desarrollaron la estrategia de aprendizaje por descubrimiento mediado por laboratorio virtual tuvieron un mejor desempeño tanto en la dimensión de actitud hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias, como en la de nivel de comprensión de los principios de la cinemática bidimensional. Esto guarda concordancia con los resultados de estudios como los de Amaya (2009), Casadei *et al.* (2008), Debel *et al.* (2009) y Sierra (2005).

En lo que concierne a la dimensión actitudinal del aprendizaje, es importante hacer notar que, a la luz de los resultados, el uso de una herramienta tecnológica como lo es el *software* de laboratorio virtual, en el marco de una estrategia basada en aprendizaje por descubrimiento, aumenta la motivación de los estudiantes, favorece la adopción de un rol más activo, de una actitud de mayor interés en el proceso y provoca un mayor sentimiento de satisfacción. Bayrak (2008), Becerra (2005), García y Gil (2006), en sus respectivas investigaciones, ya habían coincidido en remarcar ese efecto del *software* de simulación en la actitud de los estudiantes.

Asimismo, referente a la dimensión cognitiva, los resultados del presente estudio demuestran que el uso del laboratorio virtual incide positivamente en el nivel de comprensión de los conceptos y principios de la física, particularmente en el eje temático concerniente a la cinemática bidimensional. Estos resultados son ampliamente respaldados por la teoría consultada. Otros estudios ya habían concluido sobre los efectos positivos del uso de *software* de simulación en la comprensión de los procesos

termodinámicos (Becerra, 2005), del electromagnetismo (Giorgi *et al.*, 2004), de la mecánica clásica de partículas (Valente y Neto, 1992) y de la ley de Ohm (Amaya, 2008).

La aplicación de las prepruebas demostró que las ideas previas de los alumnos eran distantes de los principios físicos sobre cinemática bidimensional universalmente aceptados. Esta situación se relaciona con los resultados del estudio de Oliva (1994) sobre la influencia de las variables cognitivas en la construcción de conocimientos de mecánica. Ahora bien, el desarrollo de las secuencias didácticas respectivas para cada grupo de estudio desembocó en un desequilibrio cognitivo que favoreció el cambio conceptual de esas ideas previas. Los resultados demuestran que ese proceso fue más efectivo en los estudiantes que siguieron la estrategia de aprendizaje mediado por el laboratorio virtual.

Finalmente, respecto a la tercera hipótesis de investigación, los resultados de este estudio no permitieron concluir que la estrategia de aprendizaje mediada por el laboratorio virtual fuera más efectiva que la estrategia de enseñanza expositiva. Al respecto, Fogliati *et al.* (2004) ya había identificado ciertas dificultades procedimentales en la resolución de problemas con simulaciones computarizadas. En esta dimensión procedimental no hubo diferencias significativas entre las dos estrategias empleadas.

En suma, retomando la pregunta general de investigación, ¿Cuál es el impacto del laboratorio virtual en el aprendizaje por descubrimiento de la cinemática bidimensional en estudiantes de décimo grado de Educación Media?, los resultados del presente estudio permiten establecer que el uso del laboratorio virtual tiene una incidencia significativamente positiva en la actitud y en el nivel de comprensión de los estudiantes.

En ese sentido, una estrategia de aprendizaje mediada por el uso de esta herramienta resulta más eficaz que una basada en enseñanza expositiva. Si bien no existen diferencias significativas entre una y otra en lo que tiene que ver con el desarrollo de habilidades para la resolución de problemas, los resultados de esta investigación reportan más beneficios en el uso del *software* de laboratorio virtual.

Capítulo 5. Conclusiones

En este capítulo se resumen los principales hallazgos del estudio en sus dimensiones actitudinal, cognitiva y procedimental. Estas conclusiones son asociadas a las preguntas y a los objetivos que orientaron la investigación. Posteriormente se plantean algunas recomendaciones puntuales sobre aplicaciones prácticas, derivadas de manera directa de los hallazgos del estudio. Asimismo, se señalan algunos aspectos que pueden considerarse como puntos débiles del trabajo de investigación. Finalmente, se sugieren algunas investigaciones relacionadas con el tema que pueden ser desarrolladas a futuro.

5.1 Hallazgos

Los resultados obtenidos en el presente estudio dan cuenta de los beneficios que reporta el uso del *software* de laboratorio virtual como herramienta mediadora en el estudio de la física, siguiendo una estrategia didáctica de aprendizaje por descubrimiento, específicamente en torno al eje temático de la cinemática bidimensional. A continuación se exponen los principales hallazgos de este trabajo de investigación a partir de las tres dimensiones en que se desarrolló el estudio, a saber: actitudinal, cognitiva y procedimental.

a) *Dimensión actitudinal.* Este ámbito circunscribe aquellos elementos que determinan la actitud de los estudiantes hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias. Los resultados del presente estudio permiten concluir que el uso pedagógico del *software* de laboratorio virtual tiene un impacto altamente positivo en la actitud de los estudiantes hacia el estudio de las ciencias naturales, en particular de la física.

En ese sentido, los estudiantes que desarrollaron la secuencia didáctica mediada por el uso del laboratorio virtual expresaron haberse sentido mucho más motivados para emprender el proceso de aprendizaje de la temática propuesta. Asimismo, de acuerdo a los resultados que reporta este estudio, el uso de esta herramienta tecnológica favorece el interés hacia las asignaturas del área de las ciencias naturales e incide en las preferencias de los alumnos por estudiar estas materias.

Los resultados de la fase post-instruccional evidencian que los estudiantes que emplean el *software* de laboratorio virtual dentro de una estrategia de aprendizaje por descubrimiento, logran desarrollar una mayor afinidad hacia el estudio de los eventos físicos que tienen lugar a su alrededor. De igual manera, es importante hacer notar que el uso de esta clase de *software* incide positivamente en la opinión que expresan los alumnos sobre la utilidad y la importancia del estudio de las asignaturas de ciencias.

Finalmente, los resultados reportan que los estudiantes que emplearon el *software* de laboratorio virtual mostraron un nivel de satisfacción más alto en comparación con aquellos alumnos que siguieron una estrategia de enseñanza tradicional mediante un modelo expositivo. En suma, en relación con el primer objetivo del estudio y dando respuesta a la primera pregunta que orientó la investigación se establece que, para el nivel de Educación Media, la utilización del *software* de laboratorio virtual tiene una incidencia significativamente alta en el desarrollo de una buena actitud hacia el estudio de las asignaturas del área de ciencias naturales.

b) *Dimensión cognitiva.* En este aspecto se consideran aquellos indicadores que permiten establecer el nivel de comprensión de los principios de la cinemática

bidimensional. En primer término, en lo que respecta al estudio del lanzamiento parabólico de proyectiles, los resultados de este trabajo de investigación permiten concluir que el uso del *software* del laboratorio virtual favorece la comprensión de los conceptos asociados a este evento cinemático. Los estudiantes que utilizaron esta herramienta evidenciaron una mejor comprensión de las características de los movimientos horizontal y vertical, en el marco del principio de independencia de movimientos.

Las potencialidades ofrecidas por este tipo de programas favorecen la comprensión de diversos fenómenos tales como la resistencia del aire y sus efectos en el movimiento de los cuerpos. De igual modo, las herramientas disponibles en el entorno de trabajo (exhibición de la magnitud y dirección de la aceleración y la velocidad, presentación en pantalla del tiempo, la posición, etc.), permiten alcanzar un mejor nivel de comprensión del comportamiento de cada una de las variables cinemáticas. En contraste, los estudiantes que siguieron un modelo de enseñanza expositiva presentaron dificultades al tratar de comprender las características de este tipo de eventos cinemáticos.

La visualización de la simulación en la pantalla del computador por medio de una animación, favorece la asociación entre la altura máxima alcanzada, el alcance horizontal máximo y el tiempo de vuelo de un cuerpo que sigue una trayectoria parabólica. Este alto nivel de comprensión de estas relaciones se hizo evidente en el desempeño en la posprueba estandarizada sobre los conceptos de la cinemática bidimensional, en donde los resultados del grupo experimental fueron significativamente más altos y agrupados.

En lo concerniente al nivel de comprensión de los conceptos relacionados con el movimiento circular uniforme, es importante hacer notar que la utilización del laboratorio virtual como herramienta mediadora del proceso de aprendizaje, permitió que los estudiantes integraran más fácilmente a su esquema cognitivo las características de la aceleración, así como la relación entre radio, velocidad lineal, tiempo y aceleración centrípeta. De la misma manera, la animación en la pantalla del computador favoreció la comprensión de la interacción entre las fuerzas centrípeta y centrífuga como una consecuencia de la tercera ley de Newton. El uso de este instrumento tecnológico contribuyó, igualmente, la construcción de una asociación entre el radio, la frecuencia y el periodo de giro.

Los resultados de la posprueba permiten concluir que los estudiantes con los que se siguió el procedimiento experimental mostraron un nivel de comprensión más alto en comparación con aquellos alumnos con los que se siguió un procedimiento tradicional. Entonces, en lo concerniente al segundo objetivo del estudio y a la segunda pregunta de la investigación, se ha encontrado que, para el nivel de Educación Media, el uso del laboratorio virtual influye positivamente en el mejoramiento del nivel de comprensión de los conceptos y principios de la cinemática bidimensional.

b) *Dimensión procedimental.* Esta dimensión incluye aquellos indicadores que describen el nivel de habilidad para la resolución de problemas de física. Los resultados de la posprueba muestran que el desempeño de ambos grupos de estudio fue muy similar en cada una de las categorías evaluadas en este aspecto. Esto permite concluir que el uso de *software* de laboratorio virtual no es, en sí mismo, un factor que influya de manera significativa en el mejoramiento de las habilidades para resolver problemas de física.

No obstante, los resultados de la posprueba permiten establecer que los estudiantes pertenecientes al grupo experimental tuvieron un desempeño ligeramente superior al representar gráficamente los vectores de velocidad y aceleración. Es decir, que el trabajo con las animaciones del laboratorio virtual y las potencialidades gráficas que este tipo de *software* tiene disponibles, favorecen el desarrollo de habilidades para la esquematización de problemas de física y el trazado de vectores.

En lo que tiene que ver con el procedimiento algorítmico para resolver un problema, se observó que el grupo experimental tuvo una ventaja marginal en comparación con el grupo de control. Este aspecto incluye el planteamiento de un modelo matemático que represente la situación a través de un sistema de ecuaciones y la posterior solución de dicho sistema. En ese sentido, el indicador de efectividad del proceso es muy similar en ambos grupos, con una ligera diferencia a favor del grupo de control.

Los resultados de la posprueba indican que no hay diferencia significativa en el nivel de desarrollo de habilidades para la resolución de problemas de física entre los estudiantes que utilizan el laboratorio virtual en una estrategia de aprendizaje por descubrimiento, y aquellos que siguen un modelo de enseñanza expositiva. En relación al tercer objetivo del estudio y a la tercera pregunta de investigación, se establece que, para el nivel de Educación Media, el uso de laboratorio virtual como estrategia exclusiva de aprendizaje, permite desarrollar algunas habilidades para resolver problemas de física. Sin embargo la incidencia de esta herramienta, *per se*, no reporta una ventaja significativa en relación con una estrategia de enseñanza tradicional.

5.2 Recomendaciones

5.2.1 Aplicaciones prácticas derivadas del estudio

A continuación se plantean algunas recomendaciones sobre aplicaciones prácticas derivadas de manera directa de los hallazgos de la investigación:

- El laboratorio virtual se convierte en un instrumento valioso para establecer un diagnóstico inicial de los estudiantes, es decir, para identificar sus ideas previas en relación con los fenómenos físicos estudiados. Para ello, el docente orientador puede diseñar actividades apoyadas en el uso del *software*, que requieran de la argumentación por parte de los estudiantes. Esta estrategia puede implementarse en forma colaborativa, favoreciendo la construcción social del conocimiento.
- La utilización de esta herramienta tecnológica permite realizar un abordaje de los eventos físicos desde una perspectiva cualitativa. De esta manera puede lograrse un afianzamiento de los conceptos y principios estudiados antes de hacer la transición hacia el enfoque cuantitativo del estudio, en el que se privilegia la modelación matemática y la eficacia del procedimiento algorítmico.
- El *software* de laboratorio virtual puede ser utilizado como una herramienta mediadora en el proceso de aprendizaje de la cinemática en el nivel de Educación Media. En ese sentido, el docente orientador de esta asignatura debe diseñar secuencias didácticas que faciliten el desarrollo de los diferentes temas. La explotación de la riqueza gráfica de este tipo de *software* permite afianzar los conceptos y principios que intervienen en los diferentes eventos físicos.

- El docente de física puede encontrar en el laboratorio virtual, un medio de evaluación de los aprendizajes de los estudiantes. En este sentido, el evaluador puede proponer actividades que pongan a prueba las competencias investigativas del alumno, sus capacidades para interpretar información, establecer condiciones, plantear hipótesis y regularidades, indagar y proponer soluciones.
- El laboratorio virtual puede emplearse como instrumento para el desarrollo de actividades especiales de recuperación con los estudiantes que requieran de un trabajo adicional para alcanzar los logros propuestos. De otro lado, este tipo de *software* también puede ser utilizado como herramienta facilitadora en la ejecución de actividades de profundización con los alumnos que han superado los logros mínimos.
- En aquellas instituciones educativas donde el montaje de un laboratorio *real* de física resulte un proyecto difícil de realizar en términos de coste, adquisición de material y seguridad de los estudiantes, la utilización de laboratorios virtuales se constituye en una alternativa perfectamente plausible y de alto impacto pedagógico.

5.2.2 Debilidades

Seguidamente se señalan algunos aspectos que pueden considerarse como puntos débiles de este trabajo de investigación. Es muy importante tener en cuenta estos aspectos al momento de implementar las recomendaciones propuestas y al desarrollar futuros estudios relacionados con el tema tratado.

- Los grupos de sujetos participantes en el estudio estaban conformados antes del cuasiexperimento y con independencia de éste, es decir, eran grupos intactos. Esto podría tener cierta incidencia en el grado de confiabilidad que pueda tenerse sobre la

equivalencia inicial de los grupos, aunque dicho efecto fuera disipado por la realización de pruebas de correspondencia antes de la ejecución del procedimiento experimental.

- Pese a los esfuerzos por aislar el procedimiento experimental de diversos factores externos, resulta improbable anular en forma absoluta la influencia de algunos elementos que afectan en diferente medida el desempeño de los alumnos en la ejecución de la secuencia didáctica. Entre estos factores podemos mencionar: heterogeneidad en el nivel de habilidad para utilizar el computador, diversidad en el grado de razonamiento lógico y en la comprensión lectora de los alumnos, disparidad en el desempeño académico, variedad en los estilos de aprendizaje, etc.
- El grado de madurez asociado a la edad de los participantes (14 a 16 años) puede influir de cierta forma en los resultados de las pruebas; particularmente en el test para determinar la actitud de los estudiantes hacia la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias.
- Otros factores que podrían tener alguna incidencia en el desarrollo de las secuencias didácticas son las creencias, intenciones y acciones que conforman las perspectivas de enseñanza del docente orientador.
- El desarrollo del estudio desde un enfoque exclusivamente cuantitativo limita las posibilidades de comprensión del fenómeno estudiado. Cierta tipo de elementos, que hacen parte de la complejidad del proceso de aprendizaje, no fueron abordados por el estudio: conductas, posturas, disciplina en el aula, interacción entre pares, expresiones, autonomía, autogestión, metacognición, intervención por parte del docente, etc.

5.2.3 Futuras investigaciones

En desarrollo del presente estudio han surgido preguntas que sugieren nuevos trabajos de investigación. Las siguientes sugerencias sobre futuros estudios se formulan con el propósito de ampliar el conocimiento sobre el tema:

- El presente trabajo de investigación se focalizó en la utilización del laboratorio virtual en el aprendizaje de la cinemática bidimensional. Es posible desarrollar trabajos similares al presente con el propósito de indagar sobre el impacto del laboratorio virtual en el aprendizaje de otros ámbitos de la física, tales como: cinemática unidimensional, leyes de la dinámica, conservación de la energía, mecánica de fluidos, termodinámica, fenómenos ondulatorios, óptica, acústica, corriente eléctrica y circuitos, electromagnetismo, etc.
- Asimismo, se pueden desarrollar estudios que midan la incidencia de esta herramienta tecnológica en otros niveles de enseñanza: Educación Básica Secundaria y Educación Superior.
- Un elemento que resulta sumamente interesante de investigar es la manera como inciden los estilos de aprendizaje en la eficacia de la utilización del laboratorio virtual. En ese sentido también es importante conocer la influencia que tienen en el grado de éxito de esta estrategia, diversos factores como el razonamiento lógico, la comprensión lectora, el desempeño académico y las habilidades en el uso del computador.
- Una investigación abordada desde un enfoque cualitativo o mixto permitirá comprender de manera integral el impacto del laboratorio virtual en el aprendizaje de

la física. Así será posible conocer los diversos comportamientos, posiciones, actitudes, formas de comunicación, expresiones, competencias para conocer cómo se aprende, el rol del docente, etc.

- Un estudio comparativo permitiría contrastar las fortalezas y debilidades de los laboratorios virtuales frente a los laboratorios *reales*.
- De manera similar, a través de una investigación comparativa podría establecerse un paralelismo entre los beneficios y limitaciones de diversos programas de laboratorios virtuales, empleándolos como instrumentos mediadores del proceso de aprendizaje de un ámbito de la física en particular.
- Hay disponible un considerable número de programas de laboratorios virtuales para otras ciencias naturales como la Biología y la Química. El campo de investigación en este tema es, por lo tanto, vasto. Es posible llevar a cabo otros estudios que establezcan la relación entre el uso de laboratorios virtuales y la actitud, el nivel de comprensión y el desarrollo de habilidades en los estudiantes en cada una de estas asignaturas.

El uso del laboratorio virtual, como instrumento mediador en una estrategia de aprendizaje por descubrimiento, reporta importantes beneficios en las dimensiones actitudinal (interés, motivación, afinidad, satisfacción, utilidad, metacognición, participación, etc.) y cognitiva (nivel de comprensión de conceptos y principios). Asimismo, con esta herramienta y una estrategia didáctica adecuada, se puede lograr un avance considerable en el desarrollo de habilidades para la solución de problemas. Como puede verse, las bondades de esta herramienta justifican su integración en la enseñanza de la física en el nivel de Educación Media.

Referencias

- Alejandro, C. y Perdomo, J. (2009). Aproximando el laboratorio virtual de Física General al laboratorio real [Versión electrónica]. *Revista Iberoamericana de Educación*, 48 (6), 1-7.
- Amaya, G. (2008). La simulación computarizada como instrumento del método en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física, desde la cognición situada: ley de Ohm. *Revista electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, 8 (1).
Recuperado de <http://revista.inie.ucr.ac.cr/articulos/1-2008/archivos/ohm.pdf>
- Amaya, G. (2009). Laboratorios reales versus laboratorios virtuales, en la enseñanza de la física [Versión electrónica]. *El hombre y la máquina*, 21 (33), 82-95
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Distrito Federal, México: Trillas.
- Bayrak, C. (2008). Effects of computer simulations programs on university students' achievements in physics. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 9 (4).
Recuperado de http://tojde.anadolu.edu.tr/tojde32/pdf/article_3.pdf
- Becerra, F. (2005). Aprendizaje en colaboración mediado por simulación en computador. Efectos en el aprendizaje de procesos termodinámicos. [Versión electrónica], *Revista de estudios sociales*, 20, 13-26.

- Bender, S. & Fish, A. (2000). The transfer of knowledge and the retention of expertise: The continuing need for global assignments. *Journal of Knowledge Management*, 4 (2), 125-137.
- Bork, A. (1981). *Learning with computers*. Bedford, Estados Unidos: Digital Press.
- Bradley, P. (2005). *La historia de la simulación en la educación médica y el posible futuro*. Plymouth, Reino Unido: Peninsula Medical School.
- Cabrera, F. (2003). *Desarrollo de simuladores basados en casos y modelación dinámica para el sostenimiento de sistemas de calidad*. Tesis de maestría no publicada. Departamento de Ingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey.
- Cabero, J. (1999). *Tecnología Educativa*. Buenos Aires, Argentina: Síntesis.
- Carin, A., Bass, J. & Contant, T. (2008). *Methods for teaching science as inquiry*. Londres, Reino Unido: Ally & Bacon/Pearson Education.
- Casadei, L., Cuicas, M., Debel, E. y Álvarez, Z. (2008). La simulación como herramienta de aprendizaje en física. *Actualidades Investigativas en Educación*, 8, (2). Recuperado de <http://revista.inie.ucr.ac.cr/articulos/2-2008/archivos/fisica.pdf>
- Catalán, L. C., Serrano, G. M., y Concari, S. B. (2010). Construcción de significados en alumnos de nivel básico universitario sobre la enseñanza de física con empleo de software [Versión electrónica]. *Revista mexicana de investigación educativa*, 15 (46), 873-893.

- Chatterton, J. L. (1985). Evaluating CAL in the classroom. En Reid, I. y Rushton, J. (Eds.), *Teachers, computers and the classroom* (pp. 85 – 95). Manchester, Reino Unido: Manchester University Press.
- Chou, C. (1998). *The effectiveness of using multimedia computer simulations coupled with social constructivist pedagogy in a college introductory physics classroom*. Disertación doctoral no publicada. Graduate School of Education, Columbia University.
- Cildir, I. (2005). *Identification of High School students' misconception about electric current by concept maps*. Tesis de maestría no publicada. Department of Secondary Science and Mathematics Education, Faculty of Education. Hacettepe University.
- Contreras, G. A., García, R., y Ramírez, M. S. (2010). Uso de simuladores como recurso digital para la transferencia de conocimiento [Versión electrónica]. *Apertura*, 10 (12), 86-100
- Cotton, K. (1991). Computer-Assisted Instruction. *School Improvement Research Series*, 5. Recuperado de http://educationnorthwest.org/webfm_send/532
- Debel, E., Cuicas, M., Casadei, L., y Álvarez, Z. (2009). Experimento real y simulación como herramientas de apoyo para lograr aprendizajes significativos en la asignatura Laboratorio de Física II. *Multiciencias*, 9, (1), 80-88.
- Escamilla, J. G. (2000). *Selección y uso de tecnología educativa*. Distrito Federal, México: Trillas.

- Escribano, A. (2008). *El aprendizaje basado en problemas: una propuesta metodológica en educación superior*. Madrid, España: Narcea.
- Esquembre, F. (2005). *Creaciones de simulaciones interactivas en Java*. Madrid, España: Pearson Educación.
- Evans, C. & Gibbons, N. (2007). The interactivity effect in multimedia learning. *Computers & Education*, 49, 1147–1160.
- Fernández, M. (1983). *Enseñanza Asistida por Ordenador*. Madrid, España: Anaya.
- Fogliati, P., Catalán, L. C. y Concari, S. B. (2004, Octubre). *Dificultades procedimentales en la resolución de problemas con simulaciones computarizadas*. Presentado en el 7º Simposio de Investigación en Educación en Física. Santa Rosa, La Pampa, Argentina.
- Fonseca, M., Hurtado, A., Lombana, C. y Ocaña, O. (2006). La simulación y el experimento como opciones didácticas integradas para la conceptualización en física. *Revista colombiana de física*, 38 (2), 707 – 710.
- García, A. y Gil, M. (2006). Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones interactivas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2). Recuperado de http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen5/ART6_Vol5_N2.pdf
- Gibert, J. & Boulter, C. (2000). *Developing models in science*. Norwell, Estados Unidos: Kluwer Academic Publishers.

- Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, 1*, 26 – 33.
- Gil, D., Carrascosa, J, Furió, C. y Martínez, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona, España: ICE de la Universitat de Barcelona-Horsori.
- Giorgi, S., Cámara, C. y Kofman, H. (2004, Octubre). *El uso de la computadora en las modalidades de simulación y adquisición de datos para el estudio del campo magnético en un solenoide por el que circula corriente continua*. Presentado en el 7º Simposio de Investigación en Educación en Física. Santa Rosa, La Pampa, Argentina.
- Griffith, W. T. (1985). Factors affecting performance in introductory physics courses. *American Journal of Physics, 53*. 839 – 842.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P., (2006). *Metodología de la investigación* (4ª ed.). Distrito Federal, México: McGraw – Hill Interamericana.
- Heywood, D. & Parker, J. (2007). *The pedagogy of physical science*. Londres, Reino Unido: Springer.
- Huffman, D., Goldberg, F. & Michlin, M. (2003). Using computers to create constructivist learning environments: Impact on pedagogy and achievement. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 22* (2), 151 – 168.

- Kelly, G. A. (1955). *The psychology of personal constructs*. Nueva York, Estados Unidos: Norton.
- Kofman, H. A., Catalán, L. C. & Concari, S. B. (2004, Marzo). *A training distance course on the use of simulations for physics teaching*. Presentado en el World Congress on Engineering and Technology Education. Guarujá, São Paulo, Brasil.
- Kowalski, L. (1985). A comment about the definition of simulation. *Journal of Computer in Mathematics and Science Teaching*, 4, 50-51.
- Lee, Y. F., Guo, Y. & Ho, H. J. (2008). Explore effective use of computer simulations for physics education. *Journal of Computer in Mathematics and Science Teaching*, 27 (4), 443 – 466.
- Ministerio de Educación, (2008). *Plan Decenal de Educación 2006-2016*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Educación Nacional.
- Mintzes, J., Wandersee, J. & Novak, J. (2004). *Teaching science for understanding: a human constructivist view*. Londres, Reino Unido: Academic Press.
- Moyer, R., Hackett, J. & Everett, S. (2007). *Teaching science as investigations: Modeling Inquiry through Learning Cycle Lessons*. Colombus, Ohio, Estados Unidos: Pearson Merrill/Prentice Hall.
- Njoo, M. & de Jong, T. (1991, abril). *Support for learning with computer simulations: Giving hints, supporting learning processes and providing hypotheses*.

Presentado en Annual Convention of the American Educational Research Association. Chicago, Illinois, Estados Unidos.

Njoo, M. & de Jong, T. (1993). Exploratory Learning with a computer simulation for control theory: Learning processes and instructional support. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (8), 821 - 844.

Novak, J. D. y Gowin, B. D. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona, España: Martínez Roca.

OCDE. (1989). Information technologies in education: The quest for quality software. *Educational technology research and development*, 39 (1), 107 – 110.

Oliva, J. M. (1994). *Influencia de las variables cognitivas en la construcción de conocimientos de mecánica. Un estudio empírico y un análisis computacional*. Disertación doctoral no publicada. Facultad de Educación. Universidad Nacional de Educación a Distancia, España.

Olivero, J. y Chirinos, J. (2007). Estrategias interactivas basadas en las nuevas tecnologías de la información aplicadas en física [*Versión electrónica*]. *Multiciencias*, 7 (2), 207-217

Penichet, A. y Mato, M. C. (1999). Las actitudes del alumnado de secundaria hacia las ciencias experimentales. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 22, 9-16.

- Prado, W. (2008). Simulación computacional para la enseñanza de la física. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 2 (3), 111 - 124.
- Pozo, J. y Gómez, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid, España: Ed. Morata/MEC.
- Rodríguez, D., Mena, D. y Rubio, C. (2009). Uso de software de simulación en la enseñanza de la Física. Una aplicación en la carrera de Ingeniería Química [Versión electrónica], *Tecnología, Ciencia, Educación*, 24, (2), 127-136.
- Rosario, J. (2005). La tecnología de la información y la comunicación (TIC). Su uso como herramienta para el fortalecimiento y el desarrollo de la educación virtual. *Archivo del Observatorio para la Ciber-Sociedad*. Recuperado de <http://www.cibersociedad.net/archivo/articulo.php?art=218>
- Serway, R. y Jewett, J. (2004). *Física para ciencias e ingeniería*. Distrito Federal, México: Thomson.
- Shulman, L. y Keislar, E. (1974). *Aprendizaje por descubrimiento: evaluación crítica*. Distrito Federal, México: Trillas.
- Sierra, J. L., Perales, F. J., y Vílchez, J. M. (1999). Estudio de la influencia en la mejora de la calidad de la enseñanza de la Física y Química en E.S.O. y Bachillerato de nuevas estrategias docentes basadas en el aprendizaje por descubrimiento y por investigación, utilizando programas informáticos de modelización y simulación de fenómenos físico-químicos. En Junta de Andalucía (Ed.), *Proyectos de*

Investigación Educativa (pp. 156 – 165). Madrid, España: Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Andalucía.

Sierra, J. L. (2000). Informática y enseñanza de las ciencias. En Perales, F. J. y Cañal, P. (Eds.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 339 - 360) Alcoy, España: Marfil.

Sierra, J. L., (2005). *Estudio de la influencia de un entorno de simulación por ordenador en el aprendizaje por investigación de la Física en Bachillerato*. Madrid, España: Gobierno de España, Ministerio de Educación y Ciencia.

Squires, D. (1985). Planning a motorway: Making CAL work in today's classrooms. En Tagg, W. (Ed.), *A parent's guide to educational software* (pp. 65 – 73). Londres, Reino Unido: Telegraph Publications.

Tüizüz, C. (2010). The effect of the virtual laboratory on students' achievement and attitude in chemistry. *International Online Journal of Educational Sciences*, 2 (1). Recuperado de http://www.iojes.net/userfiles/Article/IOJES_167.pdf

Trucco, D. (2004, Abril). *Informes sobre las TIC en educación en América Latina y el caribe*. Presentado en la Conferencia Internacional de la UNESCO El impacto de las TIC en la educación. Brasilia, Brasil.

Valente, M. y Neto, A. J. (1992). El ordenador y su contribución a la superación de las dificultades del aprendizaje en mecánica. *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (1), 80-85.

- Watson, D. (1993). *The Impact Report*. Londres: Reino Unido: King's College.
- Webb, N. M. (1984). Microcomputers learning in small groups: Cognitive requirements and group processes. *Journal of Educational Psychology*, 76, 1076-1088.
- Webb, N. M. (1989). Peer interaction and learning in small groups. *International Journal of Educational Research*, 13, 21-39.
- White, B.Y. (1998). Computer Microworlds and Scientific Inquiry: An alternative approach to Science Education. En Fraser, B. J. y Tobin, K. G. (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 295 – 315). Norwell, Estados Unidos: Kluwer Academic Publishers.
- Yenice, N. (2003). *Effect of Computer Assisted Science Instruction on Attitudes Towards Computers and Science*. The Turkish Online Journal of Educational Technology, 2(4). Recuperado de <http://www.tojet.net/volumes/v2i4.pdf>

Apéndice A

Test de Penichet y Mato para diagnosticar la actitud de los estudiantes hacia la ciencia

El siguiente test tiene por objeto recoger información acerca de lo que piensas sobre la ciencia, los conocimientos científicos y las asignaturas de ciencias.

1. El estudio de las ciencias experimentales es el que realizo con más agrado.

- () totalmente de acuerdo.
- () de acuerdo.
- () no tengo opinión definida.
- () en desacuerdo.
- () totalmente en desacuerdo.

2. El estudio de las ciencias experimentales me resulta algo pesado porque no le veo utilidad.

- () totalmente de acuerdo.
- () de acuerdo.
- () no tengo opinión definida.
- () en desacuerdo.
- () totalmente en desacuerdo.

3. Me gusta resolver problemas relacionados con las ciencias experimentales.

- () totalmente de acuerdo.
- () de acuerdo.
- () no tengo opinión definida.
- () en desacuerdo.
- () totalmente en desacuerdo.

4. Me resulta desagradable estudiar las asignaturas de ciencias experimentales.

- totalmente de acuerdo.
- de acuerdo.
- no tengo opinión definida.
- en desacuerdo.
- totalmente en desacuerdo.

5. Me interesa el estudio de las ciencias experimentales porque lo considero importante como preparación para encontrar un puesto de trabajo.

- totalmente de acuerdo.
- de acuerdo.
- no tengo opinión definida.
- en desacuerdo.
- totalmente en desacuerdo.

6. No me gustan las asignaturas de ciencias experimentales porque su estudio me resulta difícil.

- totalmente de acuerdo.
- de acuerdo.
- no tengo opinión definida.
- en desacuerdo.
- totalmente en desacuerdo.

7. Las asignaturas de ciencias experimentales sólo sirven para reprobar y obtener malas notas.

- totalmente de acuerdo.
- de acuerdo.
- no tengo opinión definida.
- en desacuerdo.
- totalmente en desacuerdo.

8. Considero que las asignaturas de ciencias experimentales deberían tener más importancia en la enseñanza.

- totalmente de acuerdo.
- de acuerdo.
- no tengo opinión definida.
- en desacuerdo.
- totalmente en desacuerdo.

9. Todo aquello relacionado con las ciencias experimentales lo encuentro interesante.

- totalmente de acuerdo.
- de acuerdo.
- no tengo opinión definida.
- en desacuerdo.
- totalmente en desacuerdo.

10. Las clases de ciencias experimentales se me hacen aburridas y pesadas.

- totalmente de acuerdo.
- de acuerdo.
- no tengo opinión definida.
- en desacuerdo.
- totalmente en desacuerdo.

11. Las asignaturas de ciencias experimentales las considero importantes porque me ayudan a reflexionar mejor para mi futura profesión.

- totalmente de acuerdo.
- de acuerdo.
- no tengo opinión definida.
- en desacuerdo.
- totalmente en desacuerdo.

12. El estudio de las ciencias experimentales me produce satisfacción.

- () totalmente de acuerdo.
- () de acuerdo.
- () no tengo opinión definida.
- () en desacuerdo.
- () totalmente en desacuerdo.

13. Normalmente me desconecto de las clases de ciencias experimentales.

- () totalmente de acuerdo.
- () de acuerdo.
- () no tengo opinión definida.
- () en desacuerdo.
- () totalmente en desacuerdo.

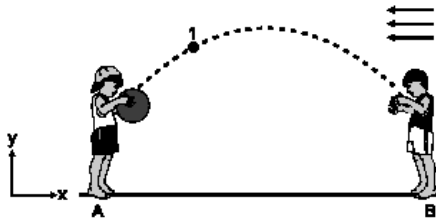
Apéndice B

Prueba estandarizada sobre los conceptos y principios de la cinemática

bidimensional

RESPONDA LAS PREGUNTAS 1 Y 2 DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE INFORMACIÓN

Dos niños juegan en la playa con una pelota de caucho. El niño A lanza la pelota al niño B, la cual describe la trayectoria mostrada en la figura.



En uno de los lanzamientos, cuando la pelota se encuentra en el punto 1, comienza a soplar un viento lateral que ejerce una fuerza hacia la izquierda sobre la pelota.

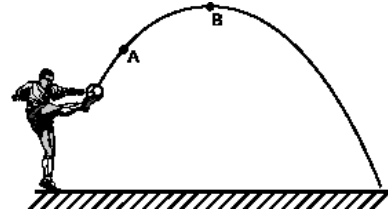
1. Suponiendo que el aire quieto no ejerce ninguna fricción sobre la pelota, el movimiento horizontal de la pelota antes de que haya llegado al punto 1 es

- A. uniforme.
- B. acelerado pero no uniformemente.
- C. uniformemente acelerado hacia la derecha.
- D. uniformemente acelerado hacia la izquierda.

2. A partir del instante 1 el movimiento horizontal de la pelota

- A. no sufrirá cambios.
- B. tendrá velocidad nula.
- C. tendrá velocidad constante.
- D. tendrá velocidad decreciente.

3. Se patea un balón que describe una trayectoria parabólica como se aprecia en la figura:



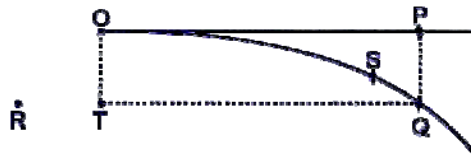
La magnitud de la aceleración en el punto A es a_A y la magnitud de la aceleración en el punto B es a_B . Es cierto que

- A. $a_A < a_B$
- B. $a_A = a_B = 0$
- C. $a_A > a_B$
- D. $a_A = a_B \neq 0$

4. De los siguientes vectores, el que corresponde a la aceleración del balón en el punto A, es



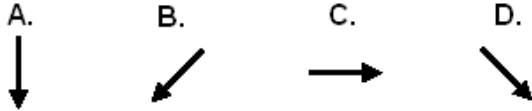
EL PARACAIDISTA



5. Un avión vuela con velocidad constante en una trayectoria horizontal OP, como lo muestra la figura. Cuando el avión se encuentra en el punto O un paracaidista se deja caer. Suponiendo que el aire no ejerce ningún efecto sobre el paracaidista mientras cae libremente, ¿en cuál de los puntos Q, R, S o T se encontrará el paracaidista cuando el avión se encuentra en P?

- A. Q
- B. R
- C. S
- D. T

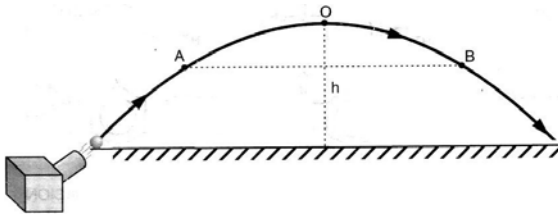
6. Unos pocos segundos después de que el paracaidista se deja caer, antes de que se abra el paracaídas, ¿cuál de los siguientes vectores representa mejor su velocidad con respecto a la Tierra, suponiendo que el aire no ejerce ningún efecto sobre el paracaidista?



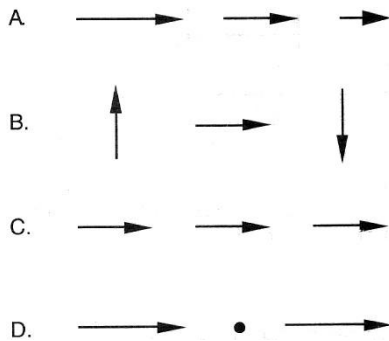
7. Mientras el paracaidista cae libremente, ¿cuál de los siguientes vectores representa mejor su aceleración con respecto a la Tierra, suponiendo que el aire no ejerce ningún efecto sobre el paracaidista?



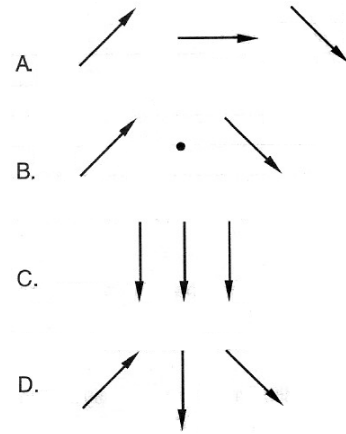
Una máquina de entrenamiento lanza pelotas de tenis, que describen una trayectoria parabólica como se indica en la figura.



8. Los vectores que mejor representan la componente horizontal de la velocidad de una pelota en los puntos A, O y B son



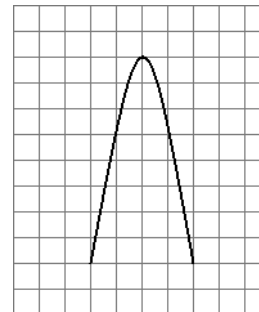
9. Los vectores que representan la aceleración de una pelota en los puntos A, O y B son



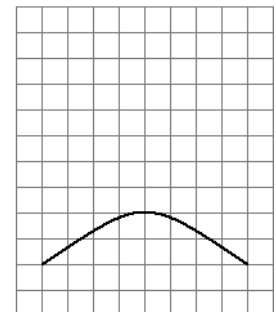
10. Un avión viaja a 720 Km/h hacia el norte y deja caer un paquete cuando está directamente encima de una torre, desde una altura de 4500 m . Despreciando la resistencia del aire, y tomando para la gravedad el valor aproximado de $g = 10 \text{ m/s}^2$, el paquete caerá

- A. entre la torre y un punto situado a 4 Km de ella hacia el norte.
- B. entre un punto situado a 4 Km de la torre hacia el norte y otro situado a 8 Km en la misma dirección.
- C. directamente sobre la torre.
- D. entre la torre y un punto situado a 10 Km de ella hacia el sur.

RESPONDA LAS PREGUNTAS 11 Y 12 A PARTIR DE LAS SIGUIENTES FIGURAS QUE MUESTRAN LOS SALTOS EFECTUADOS POR UNA PULGA Y UN SALTAMONTES.



Pulga



Saltamontes

11. Considere las siguientes afirmaciones:

I. La altura a la que sube la pulga es cuatro veces mayor que la altura que alcanza el saltamontes.

II. La duración del salto de la pulga es el doble que la duración del salto del saltamontes.

III. La distancia horizontal del saltamontes es el doble que la de la pulga.

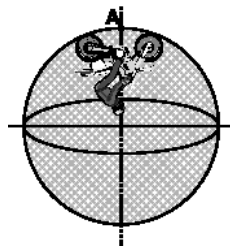
Teniendo en cuenta las leyes del movimiento de los proyectiles es cierto que

- A. se puede deducir II a partir de I.
- B. se puede deducir II a partir de III.
- C. de III se puede deducir que II es falso.
- D. de I se puede deducir que II es falso.

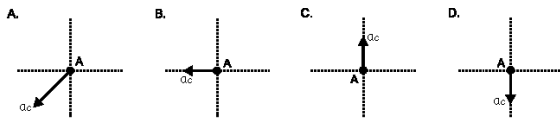
12. De las siguientes afirmaciones respecto a las trayectorias de la pulga y el saltamontes es **FALSO** que

- A. las trayectorias son parabólicas.
- B. para ambas trayectorias, la aceleración en el punto más alto es g .
- C. las componentes horizontal y vertical de la velocidad inicial del saltamontes son iguales
- D. las componentes horizontal y vertical de la velocidad inicial de la pulga son iguales.

13. Un motociclista está dando vueltas dentro de una "jaula de la muerte", la cual es esférica de radio r como muestra la figura. La masa del conjunto moto-motociclista es m .

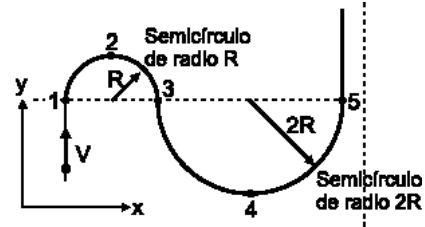


La aceleración centrípeta a_c del conjunto moto-motociclista en el punto A es la mostrada en



RESPONDA LAS PREGUNTAS 14 Y 15 DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE INFORMACIÓN

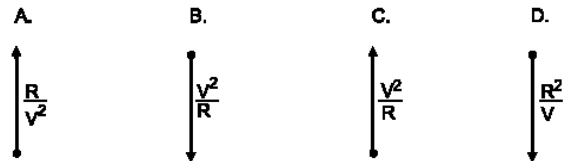
Una esfera de masa m se mueve con rapidez constante V sobre un plano horizontal, a lo largo de la trayectoria que se muestra en la figura



14. El tiempo que gasta la esfera en ir del punto 1 al punto 5 es

- A. $\frac{3\pi R}{V}$
- B. $\frac{6R}{V}$
- C. $\frac{\pi R}{V}$
- D. $\frac{4\pi R}{V}$

15. La aceleración de la esfera en el punto 2, en magnitud y dirección, se representa como



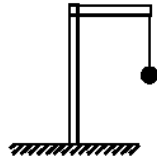
RESPONDA LAS PREGUNTAS 16 Y 17 DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE INFORMACIÓN

La lectura del peso de una persona en una báscula es el valor de la fuerza normal aplicada sobre ella. Imaginemos que la Tierra rota con una rapidez angular tal que sobre su ecuador toda báscula marca cero sin importar el objeto colocado sobre ella.

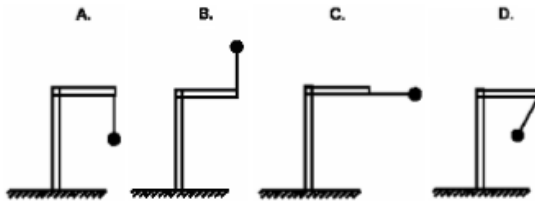
16. La duración del día sería aproximadamente 1 hora y 23 minutos. Como función del radio de la tierra R y su aceleración gravitacional g , este tiempo se puede expresar como

- A. $2\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}$
- B. $2\pi\sqrt{\frac{R}{2g}}$
- C. $2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$
- D. $\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$

17. Imaginemos ahora que sobre el ecuador tenemos una esfera suspendida de un hilo, como muestra la figura.

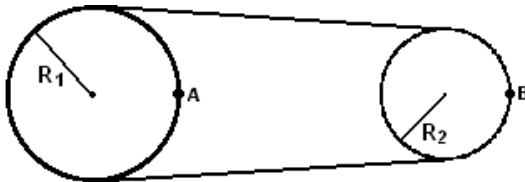


Si la velocidad angular del planeta pasa a un valor mayor que el correspondiente a la situación, cuando toda báscula sobre el ecuador marca cero, la posición de la esfera será:



RESPONDA LAS PREGUNTAS 18 A 20 DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE INFORMACIÓN

En el sistema de transmisión mostrado en la figura, R_1 y R_2 son respectivamente los radios de las poleas grande y pequeña, de tal manera que $R_2 = \frac{3}{4}R_1$.



18. La relación entre las frecuencias de las poleas es:

f_1 = Frecuencia de la polea grande

f_2 = Frecuencia de la polea pequeña.

A. $f_1 = \frac{4}{3} f_2$

B. $f_1 = \frac{3}{4} f_2$

C. $f_2 = \frac{3}{4} f_1$

D. $f_2 = f_1$

19. Los puntos A y B volverán a coincidir en la posición mostrada en la figura

A. Cada vez que la polea grande complete 4 vueltas.

B. Cada vez que la polea pequeña complete 3 vueltas.

C. Cada vez que la polea pequeña complete 4 vueltas.

D. Nunca volverán a coincidir en esa misma posición.

20. La relación entre los períodos de rotación de las poleas es:

T_1 = Período de rotación de la polea grande

T_2 = Período de rotación de la polea pequeña.

A. $T_1 = \frac{4}{3} T_2$

B. $T_1 = \frac{3}{4} T_2$

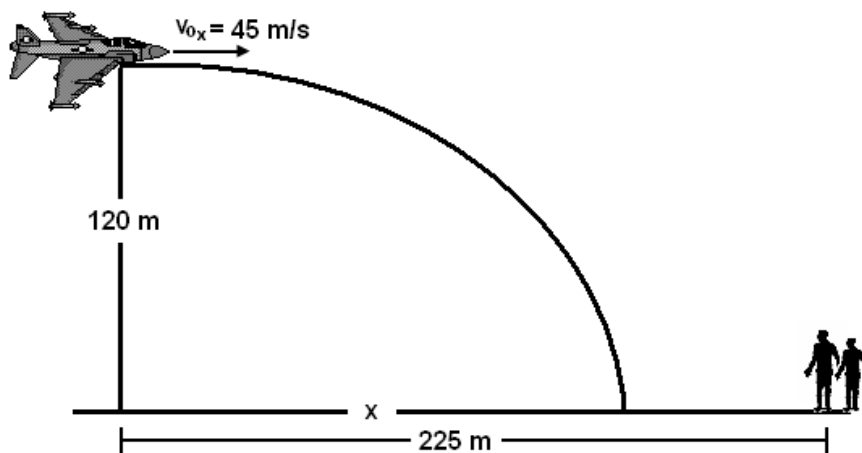
C. $T_2 = \frac{4}{3} T_1$

D. $T_2 = T_1$

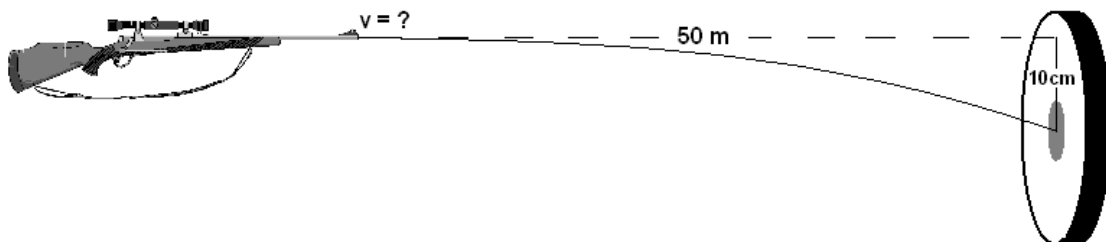
Apéndice C

Prueba de solución de problemas relacionados con la cinemática bidimensional

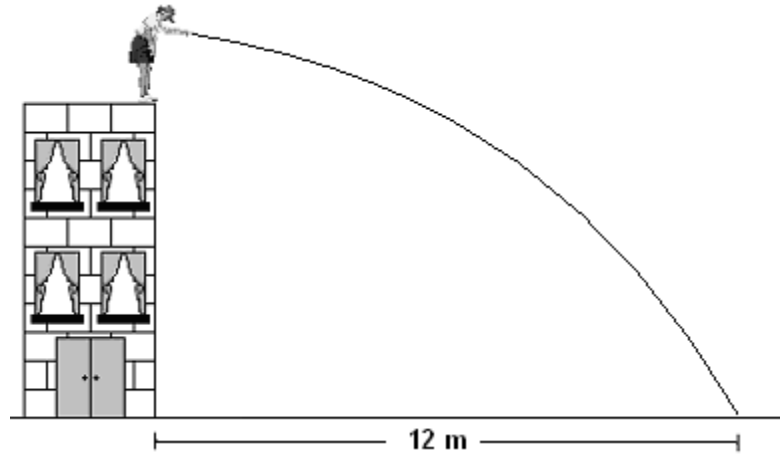
1. Un avión deja caer un paquete de alimentos a un grupo de excursionistas situado horizontalmente a 225 m. El avión vuela en forma horizontal a 120 m de altura y su vector de velocidad instantánea tiene un valor de 45 m/s en la dirección mostrada en la figura. ¿A qué distancia caerá el paquete de alimentos y cuánto deben caminar los excursionistas para recogerlo?



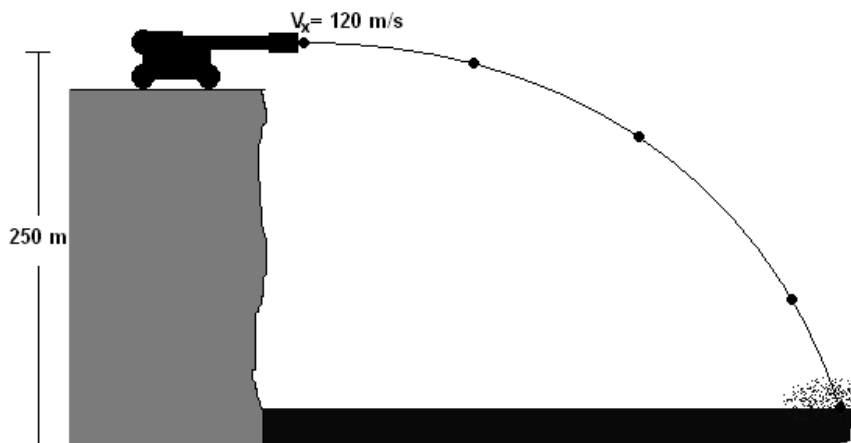
2. Un fusil dispara una bala en dirección horizontal y da en el blanco que se encuentra a 50 m de distancia. Si el centro del blanco está a 10 cm bajo la línea de mira del fusil, ¿Cuál fue la velocidad de salida de la bala?



3. Desde lo alto de un edificio una persona lanza horizontalmente una pelota que tarda 6 segundos en llegar a la base del edificio. Si la pelota cae a 12 m de la base del edificio, ¿Con qué velocidad horizontal se lanzó la pelota? ¿Cuál es la altura del edificio?



4. Una bala de cañón se dispara horizontalmente con una velocidad inicial de 120 m/s desde lo alto de un acantilado de 250 m de altura sobre el nivel de un lago. ¿Qué tiempo tardará la bala en caer en el agua? ¿Cuál será la distancia horizontal del pie del acantilado al punto de impacto de la bala? ¿Cuál es la magnitud y la dirección de la velocidad de la bala cuando cae al agua?



Apéndice D

Rúbrica de evaluación para cada ejercicio de la prueba de solución de problemas relacionados con la cinemática bidimensional

<i>Categorías</i>	<i>Superior</i>	<i>Alto</i>	<i>Básico</i>	<i>Bajo</i>	<i>Cod.</i>
<i>Representación gráfica de los vectores velocidad y aceleración</i>	Representa correctamente ambos vectores	Sólo representa correctamente el vector de la velocidad	Sólo representa correctamente el vector de la aceleración	No representa correctamente ninguno de los dos vectores	
<i>Identificación de la información suministrada y de las incógnitas</i>	Identifica todos los datos del problema	Identifica la información suministrada en el enunciado	Identifica las incógnitas planteadas en el enunciado	No identifica los datos del problema	
<i>Modelación matemática del evento</i>	Representa el fenómeno mediante un sistema de ecuaciones consistente	Plantea un sistema de ecuaciones con algunas inconsistencias	Escribe algunas fórmulas aisladas pero no las relaciona	No plantea modelo matemático alguno	
<i>Solución del modelo matemático</i>	Desarrolla un proceso adecuado y ordenado para dar solución al problema	Desarrolla un proceso adecuado, pero con algunos errores operacionales	El proceso que intenta seguir no es el adecuado	No desarrolla proceso alguno	
<i>Efectividad del proceso</i>	El proceso seguido conlleva a la solución de todas las incógnitas	El proceso seguido conlleva a la solución de la mayoría de las incógnitas	Con el proceso seguido se obtienen algunos resultados intermedios	No se obtienen ninguno de los resultados requeridos	

Total

Apéndice E

Solicitud de autorización al Rector de la Institución Educativa

[Ciudad, Fecha]

[Nombre del destinatario]

Rector de [Nombre del establecimiento educativo]

E. S. D.

Cordial saludo.

Le comparto mis deseos de éxito en la importante labor de gestión que realiza al frente de la institución educativa [Nombre del establecimiento educativo].

Como es de su conocimiento, me encuentro cursando la Maestría en Tecnología Educativa en la Escuela de Graduados en Educación del Tecnológico de Monterrey (México). Actualmente adelanto mi trabajo de tesis en el marco del proyecto de investigación denominado *Diseño, implementación y evaluación de nuevas tecnologías educativas*, dirigido por la Dra. Gabriela García Ortiz, y perteneciente a la línea de investigación *Uso de las tecnologías en la educación*.

Considerando las necesidades que en materia de tecnología educativa se presentan en la mayoría de los centros escolares, me he propuesto desarrollar una investigación en la institución educativa [Nombre del establecimiento educativo], cuyo objetivo es determinar el impacto del laboratorio virtual en el aprendizaje por descubrimiento de la cinemática bidimensional en estudiantes de décimo grado de Educación Media.

Por lo anterior, solicito su autorización para desarrollar el estudio en el plantel educativo que usted dirige. Se trabajará con una muestra representativa de estudiantes de décimo grado, durante las horas de la clase de física. El período de la investigación abarcará los meses de mayo a septiembre y los resultados serán publicados durante la tercera semana de noviembre.

Adjunto a la presente se hace entrega del informe sobre el planteamiento del problema y la metodología, para que usted tenga la oportunidad de conocer más detalles del estudio. Conocedor de su interés en la mejora continua de la educación, espero poder contar con su autorización y establecer un marco de mutua colaboración.

Sin otro particular, quedo de usted.

Gustavo Adolfo Angulo Mendoza (A01306667@itesm.mx)

Adjunto: Informe sobre el planteamiento del problema y la metodología.

Apéndice F

Formato de consentimiento de los padres de familia de los alumnos participantes

Información sobre el proyecto de investigación

Título del proyecto: Impacto del laboratorio virtual en el aprendizaje por descubrimiento de la cinemática bidimensional en estudiantes de Educación Media.

Objetivo del estudio: Determinar el impacto del laboratorio virtual en el aprendizaje por descubrimiento de la cinemática bidimensional en estudiantes de décimo grado de Educación Media.

Procedimiento: Los estudiantes desarrollarán sesiones de trabajo en un programa de laboratorio virtual y posteriormente, mediante unas evaluaciones, se determinará el impacto del uso del programa.

Confidencialidad: Toda la información recopilada en este estudio es confidencial. El nombre de los participantes no será mencionado en ningún momento. Los datos obtenidos serán tratados con absoluta confidencialidad.

Riesgos: No existen riesgos asociados al presente trabajo de investigación.

Beneficios: La participación de los alumnos en este estudio permitirá conocer los efectos del uso de *software* de laboratorio virtual en el aprendizaje por descubrimiento de la física en la educación media. Esto permitirá tener elementos de juicio para integrar este tipo de elementos al programa de la asignatura.

Investigador: Gustavo Adolfo Angulo Mendoza.

Para obtener copia de los resultados de esta investigación:

Contactar al investigador:

Gustavo Adolfo Angulo Mendoza (A01306667@itesm.mx)

Declaro que soy padre (madre o tutor) de _____, estudiante del grado _____ en la Institución educativa [*Nombre del establecimiento educativo*] y consiento que participe en este estudio. Entiendo que los datos obtenidos serán tratados como confidenciales y que el estudio no revelará el nombre de los participantes por ningún motivo. Los datos proporcionados serán agrupados con otros datos para el reporte y la presentación de los resultados de la investigación.

Entiendo que no existen riesgos asociados con este estudio.

Entiendo que puedo hacer preguntas y que en cualquier momento puedo retirar mi permiso para la participación en el estudio, si cambio de opinión.

Nombres y Apellidos: _____

Fecha: _____

Firma: _____

Apéndice G

Coeficientes de Pearson entre ítems de la prueba estandarizada sobre conceptos y principios de la cinemática bidimensional.

Ítem	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-,019	-,019	-,044	-,019	-,057	-,027	-,077	-,057	-,039
2		-,019	-,044	-,019	-,057	-,027	-,077	-,057	,486**
3			,430**	-,019	,329*	-,027	-,077	-,057	-,039
4				-,044	,047	-,063	-,280*	-,273*	-,090
5					,329*	,700**	-,077	-,057	-,039
6						,470**	-,273*	-,274*	,280*
7							-,270*	-,082	-,055
8								-,273*	,006
9									-,278*

Ítem	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	,270*	-,093	-,270*	,294*	-,275*	-,089	-,027	-,053	,272*	-,027
2	,270*	-,093	-,270*	,294*	-,105	-,089	-,027	-,053	,272*	-,027
3	-,272*	-,093	-,270*	,294*	-,275*	-,089	-,027	-,053	,272*	-,027
4	-,007	,334*	-,275*	,281*	-,275*	-,277*	-,063	-,273*	-,274*	-,063
5	,110	-,093	,172	,194	-,105	-,089	-,027	-,053	-,270*	-,027
6	,276*	-,283*	,416**	,479**	,004	-,156	-,082	-,161	-,276*	-,082
7	,276*	-,133	,246	,277*	,053	-,127	-,038	-,076	-,156	-,038
8	,360**	,644**	,617**	-,306*	,644**	,678**	-,110	-,217	-,449**	-,110
9	,279*	-,283*	-,276*	,277*	-,274*	-,271*	-,082	-,161	,416**	-,082

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

<i>Ítem</i>	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10	,081	-,192	,064	,270*	,076	-,184	-,055	-,109	-,081	-,055
11		,377**	,481**	,403**	,279*	,185	-,246	-,484**	-,143	-,246
12			,359**	-,226	,388**	,521**	-,133	-,272*	-,541**	-,133
13				,000	,489**	,481**	-,156	-,308*	-,558**	-,156
14					-,277*	-,373**	-,139	-,273*	,161	-,139
15						,678**	-,150	-,068	-,376**	-,150
16							-,127	,273*	-,185	-,127
17								,276*	,276*	1,000**
18									,484**	,276*
19										,276*

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).