



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

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

**“SECUENCIAS DIDACTICAS ABP PARA
PRINCIPIOS DE LA DINÁMICA Y LEYES DE
NEWTON EN BACHILLERATO”**

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

P R E S E N T A :
ADELA TÉLLEZ FELIPE

Directores: Dr. Alfredo López Ortega

Dr. César Eduardo Mora Ley



México, D. F., Febrero de 2010



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 11:00 horas del día 22 del mes de febrero del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICATA Legaria para examinar la tesis titulada:

"Secuencias didácticas ABP para principios de la dinámica y Leyes de Newton en bachillerato"

Presentada por el alumno:

Téllez

Apellido paterno

Felipe

Apellido materno

Adela

Nombre(s)

Con registro:

A	0	7	0	6	4	0
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Maestra en Ciencias en Física Educativa

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

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

Dr. Alfredo López Ortega

Dr. César Eduardo Mora Ley

Dr. Ricardo García Salcedo

Dr. Apolo Castañeda Alonso

Dr. Daniel Sánchez Guzmán

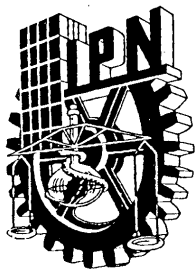
PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. José Antonio Irán Díaz Góngora



CICATA IPN

Centro de investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México el día 22 del mes febrero del año 2010, el (la) que suscribe Adela Téllez Felipe alumno (a) del Programa de Maestría en Ciencias en Física Educativa con número de registro A070640, adscrito a CICATA Legaria, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de Dr. Alfredo López Ortega y Dr. César Eduardo Mora Ley y cede los derechos del trabajo intitulado “Secuencias didácticas ABP para principios de la dinámica y Leyes de Newton en bachillerato”, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección atellezfelipe@yahoo.com.mx, alopez@ipn.mx, cmoral@ipn.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


Adela Téllez Felipe

Nombre y firma

RESUMEN

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) se ha usado en la enseñanza de diferentes áreas de la ciencia y los resultados obtenidos muestran que favorece el aprendizaje significativo de las mismas. En esta tesis presentamos los resultados del uso del ABP en la enseñanza de la Física a nivel bachillerato. Los temas estudiados fueron los principios de la Dinámica y Leyes de Newton, que son parte del temario de materia de Física I de las Escuelas Preparatorias Oficiales del Subsistema de Bachillerato General del Estado de México.

Tomando en cuenta los principios del ABP y los objetivos del programa de estudios diseñamos tres secuencias didácticas ABP. Estas fueron desarrolladas en los cursos de Física I que se imparten en dos preparatorias localizadas en el Estado de México. En cada una de estas preparatorias tuvimos dos grupos experimentales y un grupo de control.

La efectividad de las secuencias didácticas ABP fue evaluada con el Cuestionario sobre el Concepto de Fuerza. Nuestros resultados muestran que el ABP es un método de enseñanza más efectivo que el método tradicional. Encontramos que el ABP fomenta la interacción entre los estudiantes, la participación activa de los estudiantes, el análisis y resolución crítica de los problemas de física planteados, así como la autogestión del conocimiento a través de la investigación orientada.

Los resultados de las evaluaciones aplicadas al inicio y al final de nuestro estudio muestran que los estudiantes comprenden mejor los temas de Física cuando usamos las secuencias ABP que cuando utilizamos el método tradicional. También comentamos las impresiones de los estudiantes sobre el ABP.

ABSTRACT

Problem Based Learning (PBL) has been used in teaching of different scientific areas and the obtained results show that it motivates the significant learning. In this work we describe the results of the application of PBL in teaching physics for High School students. The studied subjects are the Dynamics principles and Newton's Laws. These subjects are contained in the curriculum of the High Schools Physics I course of the Subsystem of General High Schools in the México State, México.

Taking into account the PBL principles and the curriculum, we designed three PBL didactic sequences. These sequences were explained in the courses of the Physics I curriculum that are given in two High Schools at the México State. In the two High Schools we have two experimental groups and one control group.

The effectiveness of the PBL didactic sequences were evaluated with the Force Concept Inventory. Our results show that the PBL is a more effective method than the traditional one. We found that the PBL motivates the interaction between students, their active participation, the analysis and the solution of the physics problems under study, as well as the self-management of the knowledge by means of the directed research.

The results of the applied tests at the beginning and the end of our study show a better understanding of the physics subjects when we use the PBL sequences instead of the traditional method. We also expound the opinions of the students about PBL.

Contenido

1. Introducción.....	3
1.1 Objetivo.....	4
1.2 Preguntas de investigación	5
1.3 Justificación	7
2. Antecedentes.....	10
3. Aprendizaje Basado en Problemas	18
3.1 El ABP como propuesta didáctica en la Física.	20
3.2 Descripción del método ABP	21
3.3 Características de los problemas ABP	24
3.4 El rol del estudiante y del docente en el ABP.....	25
4. El cuestionario sobre el concepto de fuerza (FCI)	28
4.1 Evaluación del aprendizaje de los estudiantes	29
4.2 ¿Qué son los test?	29
4.3 ¿Qué es el FCI?	30
4.4 Otros test utilizados en la valuación de enseñanza de la Física.....	34
4.5 El FCI en la evaluación de estrategias didácticas para la mecánica Newtoniana.....	36
4.6 Aplicación e interpretación del FCI	38
5. Metodología.....	40
5.1 Caracterización de los grupos de investigación	40
5.2 Implementación de la estrategia didáctica del ABP en la enseñanza de los fundamentos de Dinámica en el nivel medio superior.....	47
6. Resultados de la ganancia relativa de aprendizaje conceptual	52
6.1 La ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) por dimensión y pregunta del FCI	61
6.1.1 Dimensión de la primera Ley de Newton.....	61
6.1.2 Dimensión de la Tercera Ley de Newton	68
6.1.3 Dimensión sobre los Tipos de fuerza	76
6.1.4 Dimensión sobre el Principio de superposición de fuerzas	78
7. Conclusiones.....	81
6.1 Consideraciones generales sobre la instrumentación de las secuencias didácticas ABP.	85
6.1.1 Algunas recomendaciones a los docentes de bachillerato sobre la instrumentación del ABP.	86
Bibliografía.....	88
Anexos.....	94

Anexo 1 Secuencias ABP	94
Anexo 2 Formato de seguimiento de las secuencias didácticas ABP	98
Anexo 3 Force Concept Inventory (FCI) (Cuestionario sobre el Concepto de Fuerza)	99
Anexo 4 Cuestionario sobre el desarrollo de las secuencias ABP	109

1. Introducción

La enseñanza de las ciencias en el nivel preuniversitario es un factor fundamental en la formación de los estudiantes, *“su desarrollo favorece acciones responsables y fundamentadas”* (Diario Oficial, 2008). Dentro del currículo del nivel preuniversitario, la Física es una materia básica, orientada al conocimiento de conceptos, métodos y procedimientos para la resolución de problemas cotidianos y la comprensión racional del entorno.

En México, debemos tener en cuenta que para muchos jóvenes que acceden al nivel bachillerato, éste será el último nivel de educación formal que tendrán oportunidad de cursar. De acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, en México la cobertura en el nivel medio superior es de 76% mientras la cobertura del nivel superior es sólo de un 25%. Por lo que es indispensable lograr un mejor aprovechamiento de los cursos que se desarrollan en el nivel medio superior con el fin de favorecer el logro de una mejor calidad de vida. En particular debemos favorecer una comprensión de los temas del curso de Física cuyos conocimientos permiten la comprensión, explicación y transformación del entorno que les rodea.

Las Escuelas Preparatorias Oficiales del Subsistema de Bachillerato General del Estado de México (EPOEM), son instituciones del nivel preuniversitario en donde la enseñanza de la Física tiene como propósito que el estudiante logre *“la comprensión del comportamiento físico de la naturaleza; así como, la capacidad de entender y expresarse en un lenguaje científico y apropiado”* (EPOEM, 2008). Para ello se enfatiza que, *“el docente deberá planear y programar actividades que desarrollen el aprendizaje colaborativo; así como, motivar que el alumno aplique en su vida cotidiana los conocimientos adquiridos”* (EPOEM, 2008); sin embargo, la experiencia diaria nos indica que las prácticas tradicionales de enseñanza aún siguen vigentes y limitan el logro de este propósito.

En los últimos años en la didáctica de la Física se ha promovido el uso de estrategias de aprendizaje activo, metodologías enfocadas a que el alumno construya su propio conocimiento de los conceptos físicos a través de observaciones directas del mundo físico (Sokoloff, 2006). Por lo tanto lograr que la enseñanza de la ciencia sea eficiente en el

desarrollo de aprendizajes significativos es uno de los principales objetivos de investigación en didáctica de las ciencias. Entre las propuestas alternativas para lograr que la enseñanza sea dinámica, atractiva y eficiente está el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP en lo siguiente), también conocido como PBL (de su nombre en inglés Problem Based Learning). El ABP se enfoca en desarrollar habilidades de trabajo colaborativo, fundamentar conclusiones, y mejorar las capacidades de análisis y deducción. El alumno debe movilizar constantemente sus conocimientos, ya que existe una mejor integración del conocimiento y su aplicación (Campanario, 1999).

El presente trabajo expone el proceso y resultados de la aplicación del ABP en la enseñanza de la Física en el nivel preuniversitario, se instrumentaron tres secuencias didácticas tipo ABP sobre los siguientes temas de la mecánica Newtoniana del curso de Física I: los principios de la Dinámica y las Leyes de Newton. La implementación de las secuencias ABP propuestas se realizó en dos instituciones del Bachillerato General del Estado de México: la Escuela Preparatoria Anexa a la Normal de Atlacomulco (Escuela A en lo siguiente) y la Escuela Preparatoria Oficial No. 166 (Escuela B en lo siguiente). El proceso fue evaluado con el Cuestionario sobre el Concepto de Fuerza, usualmente conocido como FCI, abreviatura de su nombre en inglés: Force Concept Inventory.

1.1 Objetivo

El objetivo principal de este trabajo es aplicar la estrategia didáctica del ABP a la enseñanza de los temas de la de mecánica Newtoniana: los principios de la Dinámica y las Leyes de Newton. Esto con el fin de obtener resultados de su factibilidad y eficiencia en el logro de aprendizajes significativos de los estudiantes. Usaremos el ABP en dos grupos de la Escuela A y dos grupos de la Escuela B.

1.2 Preguntas de investigación

A partir del objetivo se formularon las preguntas de investigación que tienen la función de orientar el proceso de estudio en la implementación de las secuencias didácticas ABP en la enseñanza de la mecánica Newtoniana, en particular de los temas, los principios de la Dinámica y las Leyes de Newton, y con ello determinar en qué medida ha sido alcanzado el objetivo. De las preguntas se derivan, también, hipótesis como posibles respuestas. En los capítulos subsecuentes se describe el trabajo de investigación y análisis para probar las hipótesis y dar respuesta a las preguntas de investigación.

Las preguntas formuladas para orientar la investigación son las siguientes:

- A. ¿Se puede aplicar el ABP en la enseñanza de la mecánica Newtoniana, en particular de los temas: los principios de la Dinámica y Leyes de Newton en la Escuela A y la Escuela B?
- B. ¿Es factible en la Escuela A y la Escuela B usar el ABP para el logro de aprendizajes significativos de los temas: los principios de la Dinámica y Leyes de Newton?
- C. ¿Es eficiente el ABP para la enseñanza y el aprendizaje de los temas: los principios de la Dinámica y Leyes de Newton en la Escuela A y la Escuela B?
- D. ¿Existe diferencia entre los resultados obtenidos en el aprendizaje cuando usamos el método tradicional y el ABP en la enseñanza de los temas antes mencionados? Si existe diferencia, ¿es ésta evidente?
- E. ¿Consideran los estudiantes que el ABP es un mejor método de enseñanza que el método tradicional?

Las preguntas de investigación motivan el proceso de investigación a partir de la delimitación de los aspectos a estudiar para encontrar las respuestas de cada una de ellas, es decir, dan pauta a las acciones de las que se obtendrán los datos para probar o

falsear las hipótesis derivadas de ellas. Las hipótesis que se generaron de nuestras preguntas de investigación son las siguientes:

1. Es posible aplicar el método del ABP en la enseñanza de la Física en el nivel preuniversitario usando secuencias de aprendizaje basadas en problemas tipo ABP.
2. El ABP se puede desarrollar en los cursos de Física del nivel preuniversitario impartidos en la Escuela A y la Escuela B. En particular se puede desarrollar para enseñar los temas básicos: los principios de la Dinámica y Leyes de Newton.
3. Al usar secuencias didácticas basadas en problemas tipo ABP se pueden lograr aprendizajes significativos y desarrollar habilidades para solución de problemas de Física contextualizados, como a los que se enfrenta el estudiante en la vida cotidiana.
4. El ABP es más eficiente en el logro de aprendizaje significativo en los estudiantes del nivel preuniversitario de la Escuela A y la Escuela B.
5. En contraste con la enseñanza con formato tradicional, el ABP motiva el aprendizaje de la ciencia en los estudiantes y se logran mejores resultados en el desempeño académico en los temas: los principios de la Dinámica y Leyes de Newton.
6. La metodología del ABP es considerada por los estudiantes una mejor estrategia de aprendizaje que el método tradicional debido a que en la instrucción tradicional sólo reciben información y memorizan el conocimiento, mientras que con la metodología del ABP se puede aprender a través de la reflexión, investigación, análisis crítico e intercambio de ideas con los compañeros de clase.

Las hipótesis plantean las posibles respuestas a las preguntas de investigación, y el proceso de investigación desarrollado se orienta en probar o falsear dichas hipótesis y lograr el objetivo establecido.

1.3 Justificación

La dificultad en el aprendizaje de la Física es uno de los principales problemas que atiende la investigación en la didáctica de las ciencias. El conocimiento de la Física es importante en la comprensión del universo y los fenómenos que ocurren en él. De acuerdo con Campanario “*los estudiantes tienen diversas dificultades en los procesos de aprendizaje de las ciencias*” (Campanario, 1999). Se ha encontrado que entre los principales obstáculos para el aprendizaje de las ciencias está la estructura lógica de los contenidos conceptuales, los conocimientos previos y la falta de habilidad en la resolución de problemas (Maloney, 1994; Buteler, Gangoso, Brincones & González, 1999; Buteler, Gangoso, Brincones & González, 2001).

La resolución de problemas es uno de los principales aspectos que se valoran en el aprendizaje de la Física y un alto porcentaje de tiempo de los cursos de Física es dedicado en su instrucción. Sin embargo, éste es uno de los aspectos en donde se denota una problemática que aún es poco comprendida. Una propuesta para aprender a resolver problemas y lograr el aprendizaje significativo de la ciencia es la estrategia didáctica del ABP, aun cuando inicialmente se orientó a la enseñanza universitaria de la Medicina (Universidad de McMaster en Ontario Canadá), se ha ampliado su aplicación a otras áreas de la educación superior y otros niveles educativos.

En los resultados de investigación en didáctica de las ciencias existe amplia evidencia de que el ABP como estrategia didáctica favorece tanto la adquisición de conocimientos como el desarrollo de habilidades y actitudes positivas al aprendizaje de la ciencia. Por otro lado, es importante señalar que su aplicación ha sido limitada en la enseñanza de la Física y sobre todo en el nivel preuniversitario. En el caso de la enseñanza de la Física los estudios se han desarrollado principalmente en el nivel superior (Campanario, 1999; Wu Jian, 2004; Aznar, Lahoz, Montañez, Porta & Seguí, 2009; Raine & Symons, 2005). En tanto, no encontramos reportes de la aplicación del ABP en el nivel preuniversitario.

Por lo tanto este estudio es relevante en tanto se analiza la conveniencia de la incorporación de la metodología del ABP como estrategia didáctica para la enseñanza de la Física en el nivel preuniversitario en México, en particular en la Escuela A y la Escuela B, enfocándose en el estudio de los temas de la mecánica Newtoniana: los principios de la Dinámica y Leyes de Newton. El planteamiento de este estudio es una respuesta a las prácticas tradicionales de enseñanza de la Física que aún persisten en el nivel preuniversitario del Estado de México.

En la enseñanza de Física en el nivel preuniversitario difícilmente se incorporan metodologías alternativas a la del modelo tradicional. Usualmente la instrucción es unidireccional, el docente es quien “*expone, explica y resuelve problemas*” sin permitir a los estudiantes construcción de su propio conocimiento. Por ello es incuestionable la necesidad de transformar la enseñanza de la Física con estrategias didácticas innovadoras que permitan a los estudiantes participar de manera activa en su propio aprendizaje (Moreira, 1985; Pozo, 1989).

La importancia de este trabajo se sustenta en los aportes a la didáctica de la Física y a la investigación de la enseñanza de las ciencias. Entre los aspectos que se pueden valorar como aportes a la didáctica de la Física y a la investigación de la enseñanza de las ciencias se puede considerar: el uso de la estrategia didáctica del ABP en la enseñanza de la Física en el nivel preuniversitario y el diseño de secuencias didácticas basadas en el problemas tipo ABP para el aprendizaje de los fundamentos de la Dinámica. También, se comparó la ganancia relativa de aprendizaje conceptual obtenida con la instrucción tradicional y con la estrategia didáctica ABP.

La estructura del presente trabajo se divide en siete capítulos que exponen el desarrollo del estudio, estos se describen en las siguientes líneas. Además cuenta con 4 anexos que contienen material suplementario.

El segundo capítulo contiene el estado del arte del tema de investigación, se presentan algunos estudios en didáctica de la ciencia, publicados en los últimos años y enfocados a la solución de problemas de Física. Los trabajos que se reportan, de manera específica, son los que tienen como propuesta el desarrollo de estrategias didácticas para la solución de

problemas. De acuerdo a Fávero & Gomes (2001), hasta el año de 2001 se habían publicado al menos 72 estudios que versan sobre esta temática en idioma portugués.

Enseguida, en el capítulo tres, se explica en qué consiste la estrategia didáctica del ABP. Se describen sus orígenes, concepciones, estructura y características. A continuación, en el cuarto capítulo, se expone lo relativo al Cuestionario sobre el Concepto de Fuerza, debido a que este instrumento se utiliza para evaluar el aprendizaje conceptual logrado usando la estrategia del ABP. El FCI además puede usarse para evaluar el aprendizaje conceptual de los conceptos básicos de la mecánica Newtoniana y para evaluar la eficiencia del desarrollo de otras estrategias didácticas (Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992).

Después, en el capítulo cinco, caracterizamos los grupos de investigación y describimos la implementación de las secuencias didácticas ABP diseñadas en este trabajo. En el penúltimo capítulo, se muestran los resultados de la ganancia relativa de aprendizaje conceptual en la aplicación del FCI obtenida a partir de los datos obtenidos en el pre-test y el post-test. Se inicia con la explicación de lo que es la ganancia relativa de aprendizaje conceptual o factor de Hake, elemento que permite hacer la interpretación de los resultados de la aplicación del FCI, luego se encuentran los resultados obtenidos de manera global e inmediatamente se presentan en forma específica (por dimensión del FCI).

Al final, en el último capítulo, se presentan las conclusiones formuladas a partir de los resultados de la investigación. Se da respuesta a las preguntas de investigación y las hipótesis estructuradas al inicio de la investigación. Se presenta la argumentación del logro del objetivo establecido y se plantean algunas recomendaciones acerca de la factibilidad de la aplicación del ABP en la enseñanza de la Física a nivel preuniversitario.

En la sección de anexos se incluyen las secuencias APB desarrolladas (Anexo 1), el formato ABP para el seguimiento de las secuencias ABP propuestas en este trabajo (Anexo 2), el cuestionario del concepto de fuerza (Anexo 3) y el cuestionario de la encuesta realizada al final del desarrollo de las secuencias en los grupos experimentales (Anexo 4).

2. Antecedentes

Ante el creciente valor del conocimiento en la vida moderna, el aprendizaje es un elemento esencial en el desarrollo de las personas. Los procesos de adquisición tienen un papel fundamental, y favorecer la apropiación del conocimiento mediante diversas estrategias es uno de los principales objetivos de estudio en las investigaciones educativas de los últimos años.

Las estrategias propuestas para el aprendizaje de la Física surgen de investigaciones teóricas y metodológicas realizadas en la didáctica de esta ciencia. En el caso de la solución de problemas de Física los estudios publicados de las últimas décadas del siglo XX (a partir de los 70's) tienen por objeto mejorar el rendimiento de los estudiantes en la resolución de problemas. En el periodo de 1970 a 1999 hemos encontrado que se publicaron al menos los resultados de 72 diferentes investigaciones sobre la solución de problemas en Física. Las líneas de investigación correspondían a la comparación entre expertos y principiantes o novatos, análisis de metodologías, propuestas didácticas y factores que influyen en la correcta solución de problemas en el aula (Fávero & Gomes, 2001).

La resolución de problemas es uno de los aspectos fundamentales en el aprendizaje de la Física, sin embargo, *“es también uno de los obstáculos más frecuentes con que se encuentra el alumnado durante el proceso de aprendizaje en los cursos de ciencias”* (Buteler, Gangoso, Brincones, & González, 2001); por lo que es necesario considerar la construcción de un marco teórico que permita explicar, comprender y desarrollar el proceso de solución de problemas de Física.

Sin embargo de acuerdo McDermontt (2009).

“Muchos de los alumnos que han finalizado un curso de Introducción a la Física pueden resolver los problemas cualitativos, como los de final de capítulo de un manual escolar estándar. Sin embargo los éxitos sobre tales problemas no garantizan que los alumnos puedan desarrollar una comprensión funcional.”

Generalmente la resolución de problemas en clase se da mediante una experiencia pasiva, pero la resolución de los problemas de Física exige un razonamiento cualitativo y una explicación verbal fundamentada.

La definición de estrategias en la solución de problemas es compleja, aun cuando las perspectivas de estudio se han delimitado y desarrollado desde determinadas líneas de investigación que tienen como objetivo la comprensión de las tareas involucradas en la solución de problemas, la distinción del conocimiento declarativo y procedimental en la solución de problemas y los factores que influyen en la solución de problemas. Existen diversos trabajos sobre estos temas, para ilustrar lo anterior enumeramos algunos de estos trabajos publicados en idioma portugués y recopilados por Fávero & Gomes, (2001) (sus referencias bibliográficas pueden encontrarse en (Fávero & Gomes, 2001)). La intención al describir estos trabajos de investigación es mostrar las diferentes aristas, enfoques, métodos, y propósitos del tema conocido como Resolución de Problemas (RP). Además, esta lista nos da una idea de los diferentes temas y niveles educativos en los cuales se ha usado la resolución de problemas.

Peduzzi, LOQ & Moreira M. A. (1981). *Estratégias para a RP: avaliação dos efeitos de um treinamento sistemático baseado num procedimento particular no desempenho da RP.* (Estrategias para la RP: evaluación de los efectos de una formación sistemática sobre la base de un procedimiento particular en el desempeño de la RP). La estrategia se aplicó al nivel universitario y estaba constituida por once pasos que establecían un procedimiento para la solución de problemas de mecánica clásica.

Gil Pérez, P., Martínez Torregrosa, J. (1983). *Proposta de procedimento didático: estratégias de ensino que reflitam devidamente o processo ea natureza da investigação.* (Propuesta de un procedimiento didáctico: estrategias de enseñanza que reflejen adecuadamente la naturaleza y el proceso de investigación). Básicamente promueven el desarrollo de un modelo de investigación para la solución de problemas. Se desarrolló en el nivel medio (secundaria).

Larkin, J. H. & Rainard, D. B. (1984) *Estratégias para a RP: o raciocínio desenvolvido durante a realização de tarefas complexas; construção de um modelo de processamento de*

RP. (Estrategias para la RP: el razonamiento desarrollado durante la ejecución de tareas complejas, la construcción de un modelo de RP). Tuvo como fin la construcción de un modelo para la solución de problemas, el proceso se integra por 4 etapas y fue desarrollado en el nivel universitario.

Sebastiá, J. M. (1984). *Proposta de procedimento didático: baseado na descrição, interpretação e explicação das origens cognitivas da Física intuitiva, desenvolvida espontaneamente pelos estudantes na Mecânica Clássica (particularmente em força e movimento)*. (Propuesta de un procedimiento de enseñanza: con base en la descripción, interpretación y explicación de los orígenes cognitivos de la Física intuitiva desarrollada espontáneamente por los estudiantes de mecánica clásica (principalmente en fuerza y movimiento)). Se trabajó con situaciones problemáticas relacionadas con la física, en el nivel universitario, los estudiantes enunciaban sus razonamientos e interpretaciones en torno a estas situaciones problemáticas. En el desarrollo se analizó la evolución que lograron en el proceso mediante entrevistas.

Gil Pérez, D., Carrascosa, A. J. (1985). *Proposta de metodologia didática: reforça a necessidade de converter o modelo da mudança conceitual em um modelo de mudança conceitual e metodológica*. (Propuesta metodológica de enseñanza: refuerzo a la necesidad de convertir el modelo de cambio conceptual en un modelo de cambio conceptual y metodológico). Tenía como fin la RP como una tarea de investigación.

Driver, R. (1986). *Proposta de procedimento didático: investigação dos seguintes aspectos associados ao ensino ea aprendizagem em mecânica*. (Propuesta de un proceso didático: investigación relacionada con la enseñanza y el aprendizaje en la mecánica clásica). La estrategia propuesta se basa en la enseñanza constructivista, se inicia identificando los esquemas conceptuales de los estudiantes, se analiza la evolución de estos sistemas al introducir nuevos conocimientos y sus implicaciones en el aprendizaje.

Gorodetsky, M., Hoz, R., Vinn, S. (1986). *Proposta de procedimento didático: baseado em sistemas hierárquicos de estratégias para a solução de um tipo específico de RP de velocidade*. (Propuesta de un proceso de enseñanza: basado en los sistemas de jerarquización de estrategias para la resolución de problemas de velocidad). Se propone el

desarrollo de la capacidad de caracterizar el sistema jerárquico de los modelos de solución usados por los alumnos para una mejor comprensión de los procesos de solución y una generalización de éstos.

Mohapatra, J. K. (1987). *Estratégias para a RP: proposta de um modelo para a RP*. (Estrategias de RP: propuesta de un modelo de RP). El modelo propone hacer un análisis de los principales aspectos del proceso de la resolución de problemas de Física. El estudio se desarrolló con dos grupos de estudiantes, con un grupo se hizo una revisión del proceso mediante la lectura cuidadosa del problema y el análisis del proceso desarrollado para resolverlo; el otro grupo sólo resolvió numerosos ejercicios de manera mecánica. Los resultados de ambos procesos mostraron que el primero es más eficaz para el aprendizaje de la resolución de problemas. El autor concluye que el conocimiento del proceso favorece la comprensión de conocimientos específicos de la Física.

Peduzzi, LOQ. (1987). *Proposta de procedimento didático: Discussão de problemas onde a solução correta contrasta com as idéias intuitivas dos alunos* (Propuesta de un procedimiento didáctico: Discusión de problemas contrastando la solución correcta y las ideas intuitivas de los estudiantes). La solución de problemas se plantea como un proceso de análisis que va del debate de las ideas intuitivas de los estudiantes a la formulación de la solución formal, el mecanismo para lograr el cambio conceptual y actitud hacia la solución de problemas.

Altes A. S., Merce, M. M. (1988). *Proposta de procedimento didático: o uso, por parte dos alunos, de uma metodologia baseada no método científico para configurar hipóteses "a posteriori"*. (Propuesta de un procedimiento didáctico: el uso por parte de los alumnos de una metodología basada en el método científico para establecer hipótesis "a posteriori"). El desarrollo de la propuesta didáctica se integra por dos etapas: 1) propuesta de un método de enseñanza para la resolución de problemas, que consta de tres fases: fenomenológica, hipotética y teórica; 2) análisis de una situación problemática (sobre la oscilación del péndulo) mediante el uso de preguntas.

Fuzer, B. M. (1988). *Proposta de procedimento didático: utilização de situações de experimentação para estabelecer relações entre grandezas físicas*. (Propuesta de un

procedimiento de enseñanza: el uso de casos de experimentación para establecer relaciones entre las magnitudes físicas). El proceso didáctico que se propone es el análisis y reflexión de temas de mecánica (movimiento rectilíneo uniforme) y termodinámica (leyes de los gases) en actividades experimentales.

Saltiel, E. (1991) *Proposta de procedimento didático: ênfase na importância dos exercícios qualitativos como recursos para o ensino e avaliação*. (Propuesta de un procedimiento de enseñanza: énfasis en la importancia de los ejercicios cualitativos como recursos para la enseñanza y la evaluación). Promueve el uso de ejercicios funcionales cualitativos (presentan relación entre tres magnitudes físicas con las que se puede orientar la predicción). Éstos permiten al alumno concientizar las relaciones físicas entre las variables del problema.

Peduzzi, LOQ *et al.* (1992) *Proposta de procedimento didático: modificação da atitude em RP de Física, por meio de material escrito*. (Propuesta de un procedimiento de didáctico: el cambio de actitud en la RP de Física a través de material escrito). La estrategia didáctica se basa en el análisis de un texto (sobre mecánica clásica), seguido de un cuestionario y problemas abiertos.

Mestre, J. P. *et al.* (1993). *Estratégia para a RP: as mudanças no comportamento em RP que resulta da prática de análises qualitativas dos problemas que integram princípios, conceitos e procedimentos*. (Estrategia para la RP: cambios en el comportamiento que los resultados de la RP en la práctica de análisis cualitativo de los problemas que incorporen principios, conceptos y procedimientos). Se propone el estudio de problemas de mecánica clásica con una herramienta de análisis jerárquico que promueve un análisis cualitativo de los problemas de Física.

Lanflois, F. *et al.* (1995). *Estratégia para a RP: a relação entre estratégia de resolução eo texto do problema*. (Estrategia para la RP: la relación entre la estrategia resolución y el texto del problema). La propuesta considera el trabajo en parejas, se realiza una lectura del problema, los estudiantes deben establecer y fundamentar sus conjeturas sobre la solución del problema. Los problemas se presentan a los estudiantes como una descripción de alguna situación desconocida que han de analizar para resolver el problema.

Escudero, C. (1995). *Estratégias para a RP: a utilização do V de Gowin como ferramenta útil para facilitar a RP*. (Estrategias para RP: la utilización de la “V” Gowin como herramienta útil para facilitar la RP). Esta metodología para la solución de problemas de Física tiene como elemento principal la “V” de Gowin. En su construcción se muestran los elementos que intervienen en el aprendizaje de la ciencia y llevan a la solución del problema objeto de análisis.

Lopes, B. y Cost, N. (1996). *Proposta de procedimento didático: apresentação de um modelo de ensino-aprendizagem centrado na RP*. (Propuesta didáctica para un procedimiento didático: presentación de un modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la RP). El modelo consta de tres principios que orientan el proceso, inicialmente se definen los conceptos clave, enseguida se establecen ejes rectores y finalmente se presenta una estructura general.

Halloum, I. (1996). *Proposta de procedimento didático: a modelagem esquemática como estrutura epistemológica para a instrução em Física*. (Propuesta de procedimiento de la enseñanza: un modelo esquemático como estructura epistemológica de la enseñanza de la Física). Con el uso de tutoriales se promovió la construcción de algunos modelos básicos de la mecánica Newtoniana y de la solución de problemas.

Varela Nieto, M. P. y Matínez Aznar, M. M. (1997). *Proposta de procedimento didático: a RP como estratégia de mudança conceitual*. (Propuesta didáctica: la RP como estrategia de cambio conceptual). La estrategia propuesta se basa en la investigación, los estudiantes analizan el problema, establecen hipótesis, elaboran estrategias de solución y hacen el análisis de resultados (fue desarrollada con temas de mecánica y electricidad).

Peduzzi, LOQ. (1997). *Estratégias para a RP: proposta de uma estratégia para a resolução significativa de um problema*. (Estrategias para la RP: propuesta de una estrategia para resolver un problema de forma significativa). Establece doce pasos para la solución del problema, la estrategia propuesta se basa en actividades de investigación teórica de los conceptos implícitos en el problema. El estudiante estructura un plan de investigación para obtener información y establecer el resultado del problema.

Cudmani, L. C. (1998). *Proposta de procedimento didático: a RP em aula, segundo um marco teórico com significados claros e precisos do que seja "problemas" e sua "resolução"*. (Propuesta de un procedimiento de enseñanza: RP en el aula, en un marco teórico claro y preciso con el significado de los "problemas" y su "resolución"). En este trabajo se propone un proceso cuyo objetivo es lograr una definición clara del problema, seleccionar un modelo, planificar un experimento y hacer un análisis crítico de resultados obtenidos.

Algunas de las propuestas más recientes sobre la resolución de problemas de Física, se enfocan al desarrollo de metodologías sustentadas en el aprendizaje activo, las cuáles promueven el desarrollo cognitivo, la participación activa, el trabajo colaborativo de los estudiantes. Algunos reportes de trabajos de investigación en este sentido son los siguientes:

Carcavilla y Escudero (2004). *Los conceptos en la resolución de problemas de física "bien estructurados": Aspectos identificativos y aspectos formales*. Consideran que para la resolución de problemas se debe hacer una representación gráfica mediante una serie de tareas que integren la identificación y actividades formales a las que llaman de competencia lógica. El modelo de representación-resolución que proponen inicia con la lectura del problema, después se hace una representación gráfica, enseguida se da lugar al reconocimiento de patrones, conceptos y relaciones entre conceptos; esto permite la comprensión y representación algebraica de la solución del problema.

Sierra y Barojas (2004). *Planeación y evaluación del trabajo colaborativo*. En este trabajo desarrollaron una alternativa para la solución de problemas que consta de un protocolo heurístico al que denominaron TADIR, que promueve el razonamiento crítico a través de cinco acciones: Traducir (establecer la situación problemática en lenguaje de la Física), Analizar (hacer explícitos los elementos involucrados), Diseñar (construir un esquema y/o diagrama conceptual para lograr la solución del problema), Implementar (hacer uso de criterios teórico metodológicos) y Revisar (evaluación del proceso desarrollado).

Pino & Ramírez (2008). *Estrategia que favorece la comprensión de problemas y la planificación de su resolución, durante la enseñanza de la Física*. Proponen en su

estrategia un *problema físico–docente*, que es una “*situación en la que existe una contradicción a la que el alumno no le encuentra una solución inmediata*”. Al hacer el análisis descubre cómo resolverla aplicando los conceptos de la Física, planea una estrategia de solución y construye una representación de la abstracción lograda. Esta propuesta enfatiza la importancia del proceso de solución en el desarrollo de habilidades.

Gangoso, Truyol, Brincones & Gattoni (2008). *Resolución de Problemas, comprensión, modelización y desempeño: un caso con estudiantes de ingeniería*. Proponen “el Modelo de Comprensión para la Resolución de Problemas de Física”, este postula la existencia de tres niveles de representación con diferente naturaleza ontológica y diferente nivel de abstracción”. La comprensión evoluciona del Modelo de Situación, al Modelo Físico Formalizado hasta alcanzar el desarrollo del Modelo Físico Conceptual. La propuesta está enfocada en la representación mental que hace el estudiante como producto de una lectura comprensiva del enunciado que contiene la situación a modelar (el problema a resolver), el proceso permite el desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas.

3. Aprendizaje Basado en Problemas

Entre las nuevas metodologías que se basan en la resolución de problemas se encuentra el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) (Problem Based Learning, PBL por sus siglas en inglés), estrategia didáctica en la que los estudiantes se enfrentan conceptualmente a problemas estructurados a partir de contextos reales para encontrarles soluciones significativas (Rane & Symons, 2005).

El método ABP tiene sus inicios en la segunda mitad del siglo XX, (décadas de los 60's y 70's) en la Escuela de Medicina de la Universidad de McMaster (Cánada) con el objetivo de mejorar la calidad del proceso de formación de los estudiantes y los resultados obtenidos en la formación tradicional, debido a que *“la enseñanza tradicional muy difícilmente contribuye a desarrollar habilidades y competencias en los estudiantes”* (Morales & Landa, 2004). El aprendizaje basado en problemas fue incorporado al currículo de varias escuelas de medicina alrededor del mundo (Gibson, 2009; Morales & Landa, 2004; Huber, 2008), posteriormente se extendió a otras áreas de la educación superior y otros niveles educativos.

A continuación escribimos algunas descripciones sobre ABP de diferentes autores debido a que el método ABP ha sido usado en campos muy diversos. En estas expresiones sobre su significado encontramos el sentido de este modelo de enseñanza-aprendizaje ya que las diferentes posturas coinciden en la característica fundamental que le da estructura al método: *la solución de problemas de situaciones reales*.

El manual de la Universidad de Queen (Home page Queen's University, 2009) establece que el ABP es *“un formato educativo centrado en la discusión y el aprendizaje emanados de un problema clínico base”*.

Barrows (1999) describe al ABP como *“un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos”*.

Díaz (2003) se refiere al ABP como *“la presentación de situaciones reales o simulaciones auténticas vinculadas a la aplicación o ejercicio de un ámbito de conocimiento o ejercicio profesional”*.

La Dirección de Investigación y Desarrollo Educativo del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM, 1999), define el método ABP como *“una estrategia de enseñanza-aprendizaje en la que tanto la adquisición de conocimientos como el desarrollo de habilidades y actitudes resulta importante”*.

Harol (1997) considera que *“en el aprendizaje basado en problemas, los estudiantes trabajan en grupos pequeños que deben identificar lo que saben, y que es más importante, lo que no saben y deben aprender (aprendizaje permanente) para resolver un problema. Estos son requisitos indispensables para la comprensión del problema y la toma de decisiones requeridas por el problema”*.

Wu Jian (2004) encuentra que el ABP *“es una estrategia de aprendizaje, un proceso dirigido por la solución de problemas, un buen método para fomentar el pensamiento crítico, permite el desarrollo de aprendizaje cooperativo y habilidades de solución de problemas de la vida real”*.

Rane & Symons (2005). Piensan que el ABP es *“una estrategia de instrucción en la que los estudiantes se enfrentan conceptualmente a problemas más estructurados para tratar de encontrar soluciones significativas”*.

En esencia el ABP es un método de enseñanza-aprendizaje fundado en el principio de la solución de problemas reales. En este método se sitúa al estudiante en un contexto que le permite integrar nuevos conocimientos mediante el desarrollo de un proceso de investigación y aplicación del conocimiento, y en la presentación de alternativas de solución del problema de un área del conocimiento.

3.1 El ABP como propuesta didáctica en la Física.

En los últimos años el ABP se ha usado en diversas disciplinas (ingeniería, literatura, filosofía, medicina, psicología, sociología, biología, química, etc.). Si tomamos en cuenta que en la resolución de problemas de Física se requiere que los estudiantes comprendan y planifiquen las soluciones, como etapas a partir de las cuales se desarrolla la resolución de éstos (Pino & Ramírez, 2008), sin duda el uso de un método que estimule la resolución de problemas puede ser muy útil en la enseñanza de la Física.

En la Física la aplicación del método ABP ha sido limitada y hasta donde conocemos esta metodología de enseñanza-aprendizaje se ha usado principalmente en cursos de nivel superior. Algunos trabajos en esta línea de investigación son los siguientes:

Wu Jian (2004) investigó en la Universidad de Sydney diversos métodos para enseñar Física, y considera que en el ABP se fomenta el pensamiento crítico, el aprendizaje cooperativo y la mejora de habilidades en la solución de problemas. A partir de una situación problemática de la vida real a la que se enfrenta al estudiante se da la pauta para aprender el nuevo conocimiento, además de diseñar experimentos, hacer observaciones y discutir en grupo. El papel del profesor es orientar la solución del problema y la del estudiante ser un sujeto activo y responsable de la adquisición del conocimiento.

Aznar, Lahoz, Montañez, Porta & Seguí (2009) aplicaron el método ABP y técnicas de trabajo colaborativo en la Universidad de Zaragoza con alumnos matriculados en la asignatura de Teorías de Circuitos (TC), propusieron el ABP como estrategia de aprendizaje, para generar una nueva dinámica en el curso de Teorías de Circuitos. El objetivo era que para el alumno fuera atractivo, y se les presentó un problema tipo ABP como base del trabajo a desarrollar en el aula. Entre los resultados que obtuvieron están los siguientes: a) que los alumnos prefieren el sistema de enseñanza – aprendizaje tradicional por comodidad, b) existe una mayor motivación en las sesiones desarrolladas usando ABP, c) una mejora en las habilidades de comunicación y trabajo en equipo si se usa el ABP, y d) no necesariamente un mejor nivel en las evaluaciones (exámenes) aplicados al final del proceso.

Raine y Symons (2005) reportan algunas experiencias del ABP en Física y Astronomía. Éstas muestran el éxito de la aplicación de la estrategia en diferentes cursos universitarios impartidos en forma tradicional. Ellos implementaron la estrategia en la Universidad de Delaware, la Universidad de Hertfordshire, el Instituto Tecnológico de Dublin, la Universidad de Sheffield, la Universidad de Lancaster y el Instituto Tecnológico de Dundalk. Los resultados indican que con el uso del ABP se logró una mayor motivación y compromiso, una mayor comprensión de los principios fundamentales de física y una mejor retención de conocimientos. También se ha observado que los estudiantes asumen la responsabilidad de su propio aprendizaje, y la estrategia promueve el desarrollo el pensamiento crítico, (Morales y Landa, 2004; Rane & Symons, 2005).

3.2 Descripción del método ABP

La naturaleza de la propuesta metodológica didáctica del ABP es de corte constructivista, esta metodología es una alternativa innovadora basada en el uso de situaciones problemáticas reales que los alumnos resuelven desarrollando un aprendizaje colaborativo, ya que los estudiantes trabajan en equipos de tres a doce participantes en coordinación con un tutor (ITESM, 2005). Además, la epistemología del ABP se basa en la formulación de una serie de cuestionamientos alrededor de una situación, fenómeno o hecho que requiere ser aclarado o resuelto bajo un fundamento conceptual usando un proceso de investigación.

En esta metodología los estudiantes son enfrentados a problemas que se sitúan en el mundo real, los problemas que se presentan tienen la característica de ser complejos en la naturaleza de su estructura, requieren de pensamiento e investigación y representan un desafío a su intelecto (Rane & Symons, 2005).

La planificación de la enseñanza no se orienta solamente hacia los contenidos y objetivos de aprendizaje, sino a los procesos de adquisición y construcción de conocimiento, se pretende que los estudiantes tengan una participación activa en el proceso de aprendizaje (Huber, 2008). Se busca promover el desarrollo de un proceso de interacción entre el individuo y el conocimiento en una situación real en donde se utilice lo aprendido. Es decir

el enfoque del ABP se centra no sólo en el objeto de aprendizaje sino también del proceso que se desarrolla para adquirirlo. Los estudiantes buscan la solución a un problema real que se les presenta, aprenden a identificar el núcleo problemático y plantear diversas estrategias como alternativas de solución.

El método del ABP como estrategia de aprendizaje inicia con la lectura y el análisis de un problema real (normalmente definido por el docente y en ocasiones definido por los mismos estudiantes), se solicita a los estudiantes que en grupos de trabajo estudien de manera sistemática el problema, a través del trabajo coordinado se desarrollan las diferentes fases que implica el proceso de la resolución del problema tipo ABP. En el desarrollo de la estrategia ABP, de manera general, en el problema planteado se deben identificar las cuestiones importantes en el problema, hacer caso omiso de los aspectos que no son esenciales para la discusión y solución del problema, determinar los términos que no son claros, considerar posibles explicaciones y/o soluciones, establecer una estrategia de solución, investigar la información necesaria para dar solución al problema, resolver el problema y presentar un informe sobre la solución y el proceso.

Los objetivos centrales del ABP se estructuran en relación al logro de los propósitos del plan de estudios, y el principal objetivo es el aprendizaje del estudiante. Con su uso se busca el desarrollo de habilidades y competencias como las siguientes:

- Identificar el problema en forma concreta para permitir su análisis posterior.
- Razonar en el proceso de solución del problema.
- Buscar alternativas de solución.
- Participar activamente en el grupo de trabajo para resolver el problema.
- Mejorar el desempeño personal y grupal, así como las aptitudes en la resolución de problemas.
- Fomentar y promover un profundo nivel de razonamiento y comprensión.
- Concientizar el proceso desarrollado para resolver el problema (metacognición).
- Responsabilizarse de su propio aprendizaje.
- Valorar el trabajo en equipo.

- Tomar decisiones fundamentadas en bases sólidas.
- Comunicar ideas.

El modelo de trabajo del ABP considera un proceso integrado por fases o etapas, éstas presentan variaciones en cuanto a su estructura, y dependen del autor que las propone. Así, encontramos un modelo con siete pasos (Morales & Landa, 2004), un ciclo de tres fases (Lasry & Abbott, 2007), el modelo de ocho pasos (ITESM, 1999), los cinco pasos básicos (Home page Queen's University, 2009), etc. Sin embargo estas propuestas coinciden en los siguientes puntos: la identificación de lo que se conoce, lo que se necesita conocer (predicciones, hipótesis), la formulación de un plan para resolver el problema (discusión y asignación de tareas) y la presentación de la solución (valoración de resultados). El proceso se desarrolla en grupos de trabajo, en éstos la cooperación de los estudiantes es fundamental en la búsqueda de la solución del problema, se da una combinación de aprendizaje individual y aprendizaje colaborativo, en tanto se organizan actividades de investigación (individual y grupal) para la solución del problema.

Con base en lo anterior, en nuestro trabajo consideramos las siguientes fases para la metodología ABP:

Actividad inicial (Fase I)

Análisis y discusión de las posibles respuestas a la situación problemática y cuestionamientos planteados, argumentando los razonamientos de cada una de ellas. Registrar las ideas (predicciones), los datos e información conocida, lo que se requiere saber para resolver el problema y dar respuesta a los cuestionamientos.

Actividad de desarrollo (Fase II)

Definir el problema de manera concreta e identificar como demostrar o probar su respuesta en forma fundamentada. Desarrollar una estrategia de investigación para localizar, acopiar,

organizar e interpretar información de diversas fuentes que permita establecer la solución con fundamento en los principios de la Física.

Actividad de cierre (Fase III)

Presentación de un reporte o exposición en la que se indique el proceso desarrollado y la solución a la que se llegó con fundamento en los conceptos de Física. Para el informe, considerar: el diseño de un modelo gráfico y matemático, las hipótesis, procedimientos científicos, cálculos y sus resultados.

En el ABP el estudiante tiene un rol activo en el proceso de aprendizaje al facilitarle las condiciones para que investigue, indague, razone, exprese, haga predicciones, genere ideas alternativas, etc. (Morales & Landa, 2004). La función del docente es determinante en el éxito del logro de los objetivos del método ABP. Como facilitador del aprendizaje su apoyo es requerido en todo el proceso; debe guiar a los estudiantes, lo que significa que debe dar seguimiento permanente a la solución del problema, es decir, asistir el proceso motivando, planteando cuestionamientos de reflexión, promoviendo el pensamiento crítico, enfatizando aspectos relevantes, retroalimentando y evaluando resultados.

Al encontrar la solución del problema se genera un proceso de valoración y evaluación, se presenta un reporte del resultado, éste puede ser un informe, un examen, una presentación, una página web, etc. (Rane & Symons, 2005). En el producto final se da cuenta del resultado y el proceso.

3.3 Características de los problemas ABP

Los problemas que se usan en el ABP (problemas tipo ABP por brevedad) deben situar el aprendizaje en contextos reales, corresponder a los contenidos curriculares y atender a los objetivos de aprendizaje preestablecidos.

Entre los criterios generales para estructurar problemas del tipo ABP podemos mencionar los siguientes (Rane & Symons, 2005; Lasry & Abbott, 2007; Home page Queen's University, 2009):

Cada problema debe ser diseñado sobre un escenario real y presentar a los estudiantes información relacionada con la vida cotidiana. Se pueden considerar aspectos históricos, conflictos, fenómenos, hechos, relatos, experiencias, etc. Además es conveniente considerar los siguientes aspectos

1. El problema debe permitir el desarrollo de varios procedimientos de solución.
2. El tutor debe ser un facilitador que oriente y guíe las actividades para la solución de los problemas.
3. El problema ha de provocar el debate y la investigación, haciendo hincapié en el análisis de las temáticas involucradas en el problema.
4. Los problemas pueden complementarse con fotografías, informes de laboratorio, esquemas, etc. Esto con el fin de evitar la limitación de su análisis.

Asimismo en el diseño de problemas tipo ABP se deben considerar situaciones que permitan analizar los temas con suficiente profundidad para lograr su comprensión, no deben incluir demasiadas pistas falsas o distractores, deben reducir al mínimo las preguntas imprevistas y deben evitar la superposición con otros problemas o cuestiones que guíen en otro sentido el análisis del problema.

3.4 El rol del estudiante y del docente en el ABP

Con el desarrollo del método del ABP se da un cambio en los roles de estudiantes y profesores, los estudiantes son quienes tienen la responsabilidad principal del *qué* se aprende y *cómo* se aprende, el maestro guía el proceso, diseña el escenario (por ejemplo, el problema tipo ABP), plantea interrogantes que desafían el pensamiento de los estudiantes y ayudan a construir el aprendizaje auto dirigido de manera que la búsqueda de sentido se

convierte en una construcción personal del alumno. La comprensión se produce a través del trabajo colaborativo, de la resolución de problemas mediante la autogestión del conocimiento, de la autoevaluación y de la autorregulación del proceso. Esto, dice Barrows (1997), es lo que distingue el ABP de métodos que utilizan problemas en el proceso de la enseñanza-aprendizaje.

Entre las principales funciones del estudiante en el desarrollo del APB están:

- Aportar y contribuir a la solución de problemas.
- Respetar la organización de las actividades del grupo de trabajo.
- Expresar las ideas en forma clara, concreta y precisa.
- Valorar la importancia de la participación individual y del grupo.
- Investigar sobre el tema del problema.
- Trabajar en equipo.
- Identificar la información irrelevante o excesiva.
- Tomar la iniciativa para ayudar a resolver el problema.

El docente tiene como rol ser guía y facilitador del proceso de aprendizaje al orientar en todo momento a los estudiantes. Su función es programar, dar seguimiento permanente y evaluar el proceso. Por lo tanto entre las funciones del docente en el desarrollo de la estrategia del ABP encontramos:

- Orientar las tareas del grupo de trabajo.
- Especificar los objetivos.
- Programar el proceso de aprendizaje basado en problemas.
- Evaluar el aprendizaje de los estudiantes.
- Llevar un seguimiento del progreso del grupo.
- Valorar el uso de los recursos y el manejo de las habilidades de los estudiantes tutorados.
- Plantear cuestiones que orienten a los estudiantes.
- Motivar a los estudiantes en todo el proceso.
- Promover el razonamiento.

- Ser tolerantes en el proceso de aprendizaje.
- Enfatizar los aspectos que deben considerarse para la solución de problemas.
- Cuestionar periódicamente a los estudiantes para que ellos definan la dirección a seguir.

4. El cuestionario sobre el concepto de fuerza (FCI)

La evaluación de los conocimientos, aptitudes y aprendizajes en el ámbito educativo es un factor determinante en la orientación de las actividades académicas. Evaluar la eficacia de los métodos de enseñanza es fundamental para saber en qué nivel se están cumpliendo los objetivos, por ello es importante (Ausubel, Novak & Henesian, 2006):

- a) Medir la comprensión de los conceptos clave de toda disciplina*
- b) Efectuar pruebas previas y posteriores de largo plazo, así como pruebas progresivas posteriores e inmediatas*
- c) Determinar el aprendizaje por el dominio de conocimientos*
- d) Evaluar indirectamente el conocimiento del aprendizaje previo midiendo la capacidad de aprender materiales secuencialmente dependientes*
- e) Confiar más en las pruebas de capacidades que en los test de velocidad.*

La utilidad de las pruebas de evaluación y medición en la práctica educativa está definida por criterios de *validez, confiabilidad, representatividad, discriminación y factibilidad*. La *validez* se refiere al nivel con que la prueba mide un determinado aspecto y se define en términos de objetivos preestablecidos. Una prueba válida de aprovechamiento pone en relieve la comprensión y dominio de un área conocimiento, esto es si el conocimiento de la persona evaluada es claro, estable, bien organizado y constituye el sustento de nuevos aprendizajes.

La *confiabilidad* indica el grado de satisfacción con las mediciones obtenidas de la prueba, la consistencia de los resultados y depende de la correlación de las puntuaciones derivadas de conjuntos comparables de ítems. La *representatividad*, es la presentación datos significativos de una medición, mediante el muestreo se define al azar una parte del universo de estudio.

El criterio de *discriminación* tiene como fin distinguir la variación de los resultados con respecto a una determinada variable, está dada en función de la estructura de los ítems y el total de puntos obtenidos en una determinada escala. La *factibilidad* considera la importancia de la medición y sus criterios, la utilidad y el costo-tiempo en su aplicación.

4.1 Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

La evaluación del aprendizaje permite conocer el nivel en que se han alcanzado los objetivos y la efectividad de las estrategias de enseñanza utilizadas. Los instrumentos y estrategias que se pueden utilizar para realizar la evaluación son diversos. La evaluación se desarrolla en función de lo que se desee evaluar, medir y valorar. Entre las formas de evaluación podemos mencionar los siguientes: la observación, la entrevista, el test, la encuesta, la prueba objetiva, la lista de cotejo, la técnica de análisis, el anecdotario, la lista de control, sin olvidar que existen otras opciones.

En la evaluación de la eficacia y éxito de técnicas de enseñanza se utilizan principalmente los métodos que mencionamos en el párrafo anterior. En la enseñanza de la Física, y de la mecánica clásica en particular, uno de los instrumentos más utilizados es el Cuestionario sobre el Concepto de Fuerza (Force Concept Inventory, FCI, por sus siglas en inglés), test que mide el nivel de comprensión de los conceptos básicos de la Física Newtoniana.

4.2 ¿Qué son los test?

Los test son pruebas para evaluar los conocimientos y/o aptitudes de los estudiantes, en los cuales se elige la respuesta correcta, entre varias opciones, a una pregunta respecto a un tema específico. Los test están constituidos por un conjunto de preguntas orientadas a determinar el nivel de conocimiento, los procesos cognitivos o habilidades de los estudiantes.

Los test miden de manera indirecta un rasgo o característica, puede ser un constructo teórico, que se define en las preguntas que lo constituyen, y se considera que un test es un instrumento de evaluación fiable de recolección de datos. La información obtenida de estos instrumentos es de gran utilidad en la clasificación de grupos, elaboración de diagnósticos, predicción de resultados, determinación del rendimiento de los sujetos, promoción de la integración grupal y descripción del comportamiento humano, entre otros.

Sin embargo, los tipos y las clasificaciones varían (Castillo y Cabrerizo, 2003), algunos de los criterios considerados en la clasificación son: la forma de aplicación (individuales o colectivos), según el material (impresos o manipulativos), considerando el tipo a de tareas a realizar (de capacidad o de velocidad), según el rendimiento exigido (rendimiento máximo o rendimiento típico), de acuerdo al objeto a medir (aptitudes o personalidad).

4.3 ¿Qué es el FCI?

El Cuestionario sobre el Concepto de la Fuerza (FCI) es un test diseñado para determinar el nivel de comprensión del estudiante sobre los conceptos básicos de la mecánica Newtoniana y en particular para determinar el nivel de conocimiento que tienen los estudiantes respecto al concepto de fuerza, elemento fundamental en la mecánica Newtoniana de los cursos introductorios de Física. (Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992; Thornton & Sokoloff, 1997; Henderson, 2002; Colleta & Phillips, 2007; Cohen, 2007; Stewart, Griffin & Stewart, 2007; Savinainen & Viiri, 2008).

El test contiene 30 preguntas que evalúan las áreas principales de la mecánica Newtoniana. Cada pregunta del test tiene una sola respuesta correcta, y por lo tanto de las cinco las opciones que se presentan cuatro son distractores. Estos distractores están basados en las ideas previas del estudiante respecto al tema en cuestión y han sido obtenidos mediante una investigación minuciosa por medio de entrevistas realizadas a los estudiantes.

El FCI se diseñó a partir del test de diagnóstico de mecánica (MDT), un 60 % de los ítems de FCI son iguales a los del MDT, así que FCI es una versión mejorada; los resultados de estos dos test son consistentes y de soporte mutuo (Hestenes y Halloun, 1995). Las principales ventajas del FCI son que provee un análisis más sistemático de los conceptos

básicos de la mecánica Newtoniana, permite evaluarlos con mayor profundidad y facilita la interpretación de los resultados de las evaluaciones.

El FCI se estructuró considerando que las creencias comunes que se tienen acerca del movimiento y la fuerza son incompatibles con los conceptos Newtonianos, que la instrucción convencional en los cursos de Física produce pequeños cambios en esas creencias y que los resultados son independientes del docente y del modo de instrucción.

Hestenes, Wells & Swackhamer (1992), crearon el FCI no sólo como un instrumento de evaluación conceptual sino también como una herramienta capaz de ofrecer conocimiento técnico sobre la mecánica Newtoniana, así como para apoyar a los docentes en la evaluación y valoración de las ideas comunes que tienen los estudiantes respecto a los conceptos fundamentales de la Física clásica.

La validez del FCI como instrumento de medición se sustenta en el análisis cuidadoso que se hizo a los cuestionamientos y diagramas que lo constituyen por profesores de Física, quiénes además hicieron sugerencias para mejorarlos (Hestenes & Halloun, 1995). La elección de la respuesta correcta se basa en los conceptos Newtonianos, para disminuir la probabilidad de acertar por error, se presentan cinco opciones.

Generalmente, el FCI se usa como una *herramienta de diagnóstico* cuando se utiliza para evaluar las ideas previas de los estudiantes respecto al concepto de fuerza en la mecánica Newtoniana. También puede ser utilizado como *examen de ubicación* para determinar el nivel de conocimiento de los estudiantes sobre la mecánica Newtoniana y poder ubicarlos en determinado grupo.

Otro de los usos que también se le han dado al FCI es la evaluación de la efectividad de una estrategia de enseñanza en cursos de Física clásica. Con este fin se aplica como un pre-test y después del desarrollo de una propuesta como un post-test (Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992; Benegas, 2007; Viiri, 2009). Por ejemplo, Hestenes, Wells & Swackhamer (1992) lo utilizaron como pre-test y post-test en un curso de Física introductoria, en escuelas secundarias y universidades en Estados Unidos, los resultados que se obtuvieron para el cuestionario del FCI en el post-test fueron más bajos para los grupos en los que el curso se desarrolló con clases tradicionales que en los grupos en los que se usó una nueva metodología (en este caso fue la de investigación dirigida).

El instrumento también provee información acerca de las ideas erróneas que normalmente tienen los estudiantes respecto a la mecánica Newtoniana, datos que permiten comprender las dificultades de los estudiantes en el aprendizaje de esta disciplina.

Las preguntas del FCI están enfocadas a evaluar seis dimensiones conceptuales que integran los fundamentos de la mecánica clásica. Estas dimensiones conceptuales son las siguientes (Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992):

- **Cinemática**
- **Primera Ley de Newton**
- **Segunda Ley de Newton**
- **Tercera Ley de Newton**
- **Principio de Superposición**
- **Tipos de Fuerza**

Las seis dimensiones que considera el FCI tienen por objeto evaluar el grado de conocimiento de los alumnos sobre las implicaciones del concepto de fuerza Newtoniano. Así, para cada una de estas seis dimensiones tenemos con más detalle:

- 0) **Cinemática.** Prueba la capacidad de los estudiantes en la distinción de posición, velocidad y aceleración; así como si reconocen a estas dos magnitudes físicas como magnitudes vectoriales.
- 1) **Primera Ley de Newton.** Tiene por objeto identificar si los alumnos comprenden el planteamiento de la Primera Ley de Newton o usan el término de ímpetu Galileano; los estudiantes no deben asumir que el movimiento es causado por el ímpetu.
- 2) **Segunda Ley de Newton.** Analiza las ideas de los estudiantes sobre la causa del movimiento y sus implicaciones en la velocidad y la aceleración.

- 3) **Tercera Ley de Newton.** Investiga la comprensión que tienen los estudiantes respecto a la interacción de dos fuerzas opuestas, debido a que es común considerar un principio de dominancia en donde “el más fuerte ejerce mayor fuerza”; el más fuerte suele ser el objeto de mayor dimensión, más actividad y/o mayor cantidad de masa. Este conflicto deriva en interpretaciones erróneas de la Tercera Ley de Newton.
- 4) **Principio de superposición.** Indaga el conocimiento sobre el principio de superposición de la fuerza Newtoniana en los estudiantes, regularmente consideran el principio de dominancia para explicar la acción de un conjunto de fuerzas que intervienen en un solo objeto, creen que una fuerza es superior a otra. Es recurrente la confusión entre dos fuerzas de acción-reacción, con la superposición de dos fuerzas con dirección opuesta que actúan en un solo objeto.
- 5) **Tipos de fuerza.** Explora la concepción que tienen los estudiantes del término de fuerza, si consideran que los obstáculos ejercen resistencia u oposición al movimiento o sólo están como parte del camino y si la masa ejerce algún tipo de resistencia al movimiento del objeto.

En la Tabla 1 se presentan las dimensiones del FCI con los números de preguntas que están orientadas a evaluarlas.

Tabla1. Dimensión conceptual propuesta por los autores del FCI	
Dimensión conceptual	Número de pregunta
1. Cinemática	
Discriminación de la velocidad desde una posición	20
Discriminación de la aceleración a partir de la velocidad	21
Implicaciones de la aceleración constante	
Orbita parabólica	
Cambio de velocidad	23,24
Suma vectorial de velocidades	25
2. Primera ley de Newton	
Sin fuerza	7
Velocidad con dirección constante	4,6,10
Velocidad constante	26

3. Segunda ley de Newton	8, 27
Fuerzas de impulso	18, 28
Fuerzas continuas	
4. Tercera ley de Newton	6,7
Fuerzas de impulso	24,25
Fuerzas continuas	
5. Principio de superposición	2,11
Suma de vectores	13,14
Cancelación de fuerzas	
6. Tipos de fuerza	19
Sólidos en contacto	9, 18, 28
Pasivo	
Impulsivo	
Fricción en oposición al movimiento	9, 12
Fluidos en contacto	15
Resistencia del aire	29
Presión del aire	
Gravitación	22, 12
Aceleración independiente del peso	5, 9, 12, 17, 18, 22
Trayectoria parabólica	1,3
	16,23

Es conveniente notar que algunas de las preguntas incluidas en el FCI permiten evaluar conceptos de varias dimensiones del mismo.

Para finalizar esta sección comentamos que Castillo y Cabrerizo (2003), en su obra de Evaluación de Programas de intervención socioeducativa, comentan que el FCI se puede clasificar como una prueba de individual, de material impreso, que mide la aptitud de los estudiantes en el manejo de los conceptos básico de la mecánica Newtoniana.

4.4 Otros test utilizados en la valuación de enseñanza de la Física

La evaluación de la efectividad de las estrategias de enseñanza de la Física Newtoniana también se puede hacer a través de otros test, su uso dependerá de los objetivos de estudio que se propongan. Entre los test que se han desarrollado para la evaluación y valoración de conocimientos y/o aptitudes para el aprendizaje de la Física Newtoniana encontramos el Test de Diagnóstico de Mecánica (Mechanics Diagnostic Test, MDT, por sus siglas en inglés), este test es antecedente del FCI; el test de Evaluación Conceptual Fuerza y

Movimiento (Force and Motion Conceptual Evaluation, MFCE, por sus siglas en inglés), el Test de Diagnóstico Básico de Mecánica (Mechanics Baseline Test, MBT, por sus siglas en inglés), etc. De éstos el más utilizado en los últimos años en el estudio de la enseñanza de la Física Newtoniana es el FCI.

A continuación describimos brevemente algunas características relevantes del MBT y FCME para darnos una idea de sus semejanzas y diferencias con el FCI.

MBT. Test de evaluación de conceptos de mecánica Newtoniana, desarrollado por Hestenes & Wells (1992). La prueba fue diseñada para estudiantes que han recibido una instrucción formal en mecánica. El MBT es similar al FCI (un 60% de las preguntas son iguales), las preguntas que lo componen tienen como objetivo analizar de manera más profunda la comprensión de los conceptos básicos de la mecánica Newtoniana. Se considera que el MBT es una prueba de un nivel más alto que el FCI, hace un análisis más profundo de los conceptos Newtoniano, por lo tanto ambos test son complementarios y juntos permiten conocer el nivel de conocimiento de los estudiantes respecto a los fundamentos de la Física.

El MBT analiza tres dimensiones de la mecánica Newtoniana: a) Cinemática, estudia el movimiento lineal (aceleración constante, promedio, velocidad media y desplazamiento integrado); b) Principios generales, explora el conocimiento sobre la Primera, Segunda y Tercera Ley de Newton, Principio de superposición, Trabajo y energía, Impulso y momento y conservación del momento; c) Fuerzas específicas, examina temas de caída libre y fricción.

El análisis que hace el MBT es más amplio, y para contestar correctamente las preguntas es necesaria la aplicación de los conceptos básicos de la mecánica Newtoniana, mientras que el FCI sólo se enfoca en la identificación e interpretación de aspectos básicos de fácil comprensión.

FCME. Es un test diseñado para evaluar el concepto de fuerza y movimiento, desarrollado por Thornton & Sokoloff (1998) y se compone de 47 preguntas. Es un cuestionario de

preguntas de opción múltiple que permite evaluar la enseñanza de los cursos de Física introductoria. Las preguntas están orientadas al estudio del movimiento y las fuerzas que intervienen en él. Cada pregunta tiene cinco o nueve respuestas, las preguntas se presentan en forma de pequeñas historias sobre un determinado problema (contextos reales) en un lenguaje coloquial, utilizan representaciones gráficas sin incluir sistemas de coordenadas o las fuerzas que actúan de forma explícita.

4.5 El FCI en la evaluación de estrategias didácticas para la mecánica Newtoniana

Como mencionamos anteriormente el FCI se ha usado en la comparación de estrategias enfocadas al aprendizaje activo *vs* estrategias tradicionales de enseñanza de la mecánica clásica. La intención es identificar procesos metodológicos eficaces que favorezcan la modificación de conocimientos que tienen los estudiantes sobre el concepto de fuerza Newtoniano y otros aspectos de la mecánica clásica.

Así pues, en el área de enseñanza de la Física, el FCI se ha utilizado en varias ocasiones para medir la efectividad de propuestas didácticas que tienen por objetivo lograr un aprendizaje significativo. Aquí podemos citar los siguientes ejemplos:

- 1) *Tutoriales para Física Introductoria: una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física*, Benegas, J. (2007). Se puso a prueba una metodología de aprendizaje activo (los Tutoriales para Física Introductoria desarrollados por McDermonntt). La evaluación de la instrucción se realizó mediante la aplicación del FCI al inicio (pre-test) y al final de la instrucción (post-test). Se obtuvieron excelentes resultados al concluirse que se lograron aprendizajes significativos muy superiores a los de la enseñanza tradicional.
- 2) *Interpreting force concept inventory scores: Normalized gain and SAT scores*. (Interpretación de los resultados de FCI: la ganancia normalizada y los resultados del Test de Aptitud Escolar). Estudio desarrollado por Coletta & Phillips (2005), se analizó la eficacia de la estrategia de participación interactiva desarrollada en los

cursos de Física Introductoria como una propuesta alternativa para superar los métodos tradicionales ampliamente utilizados. Se encontró una correlación positiva entre la ganancia lograda en el FCI con el desarrollo de la estrategia activa. La correlación positiva se corroboró con la aplicación del test de razonamiento científico de Lawson, por lo que sugieren hacer uso de ambos para medir la efectividad de las estrategias.

- 3) *A direct comparison of conceptual learning and problem solving ability in traditional and studio style classrooms*, (Una comparación directa de aprendizaje conceptual y la capacidad de resolución de problemas en las aulas tradicionales y salones tipo estudio), presentado por Hoellwarth, Moeller & Knight (2005). Investigación en la que analizó la comprensión conceptual y la capacidad para resolver problemas cuantitativos en mecánica introductoria de estudiantes de ingeniería. La evaluación se realizó con el FCI y el FMCE. Los resultados de la investigación mostraron una ganancia de aprendizaje y comprensión conceptual significativamente mayor en los estudiantes que trabajaron en las aulas de estudio de la Universidad Politécnica del Estado de California de Estados Unidos (Cal Poly studio classroom) que los que trabajaron en aulas con el formato de los cursos tradicionales. En estas aulas de estudio se promueve el aprender haciendo, tienen capacidad para atender a unos 40 alumnos, se cuenta con un ordenador por cada dos alumnos, las actividades de clase incluyen experimentos en tiempo real de Física, demostraciones interactivas, análisis de películas, vídeos sobre el movimiento y otras actividades para el aprendizaje activo.
- 4) *Evaluating innovation in studio physics* (Evaluando una estrategia innovadora en la enseñanza de la Física). Cummings & Marx (1999) realizaron un estudio sobre la eficacia de las actividades investigación en el aprendizaje de Física, la estrategia se evaluó con el FCI y el FCME. Se demostró la eficacia para la enseñanza de la física de las demostraciones interactivas y de la solución de problemas en grupos cooperativos, entre otros. Los resultados muestran una mejora en las calificaciones obtenidas en los test.

4.6 Aplicación e interpretación del FCI

El FCI usualmente se aplica al inicio y al final de un curso de Física. Se espera que el estudiante obtenga un resultado más alto en la segunda ocasión en que contesta el instrumento (post-test). Los resultados del FCI en el post-test, después del proceso de instrucción pueden ser: a) bajos, si los resultados del pre-test fueron altos, b) iguales, si el proceso de instrucción no fue significativo y c) altos si el proceso de instrucción fue significativo para aprendizaje conceptual de la mecánica Newtoniana. Los resultados del FCI dependerán del programa de instrucción utilizado y de la pericia del profesor a cargo del curso (Hestenes & Halloun, 1995), por mencionar dos aspectos.

Cuando el FCI se aplica a los estudiantes se les solicita contestar las 30 preguntas en 30 minutos para asegurar que las respuestas sean el reflejo de lo que realmente conocen respecto al concepto de fuerza de la mecánica Newtoniana. Los resultados permiten a los docentes conocer cuáles son las principales deficiencias de aprendizaje que tienen los alumnos para diseñar las actividades de aprendizaje. Después de desarrollarse la estrategia metodológica propuesta, se aplica el FCI como post-test para identificar la diferencia con los resultados del pre-test, esto con el fin de analizar e interpretar el grado de desempeño logrado después de un programa de instrucción.

Aun cuando las preguntas del FCI tienen la función de estimular el razonamiento sobre el concepto de fuerza Newtoniana en las dimensiones que analiza el test, es posible que el estudiante memorice los cuestionamientos si se usan las preguntas como material de análisis en el proceso de instrucción, se recomienda utilizar otros recursos en las actividades de aprendizaje para evitar dicha situación.

La interpretación del FCI se establece en función de los aciertos que obtienen los estudiantes en el test. Hestenes & Halloun (1995) determinaron tres fases que representan etapas conceptuales en las que se pueden situar los estudiantes respecto al conocimiento y comprensión del concepto de fuerza en la mecánica Newtoniana.

En la Fase I se ubican a los estudiantes que hayan obtenido a lo más 60 % de aciertos en el FCI y sus conocimientos se caracterizan porque: no distinguen la diferencia entre los conceptos de velocidad y aceleración, no consideran la velocidad como un cantidad vectorial, creen que existen otros factores que influyen en el movimiento (además de las

fuerzas), son incapaces de determinar la influencia de los agentes pasivos y activos de la fuerza sobre un objeto, tienen una noción parcializada e incoherente de los conceptos de la fuerza y movimiento.

Los estudiantes que obtienen un porcentaje de aciertos entre el 60 % y el 85 % en el FCI se encuentran en la Fase II, se considera que una puntuación del 60 % es el umbral de acceso al pensamiento Newtoniano, los estudiantes desarrollan ideas coherentes entre los conceptos de la dinámica (la velocidad, aceleración, y la fuerza como cantidades vectoriales). En los cursos introductorios de Física, los conceptos de velocidad, aceleración y fuerza son muy difíciles de comprender para los estudiantes (Hestenes & Halloun, 1995); pero *“si un alumno no ha comprendido el principio de fuerza, toda la mecánica carece de sentido”* (Mora & Herrera, 2009)

Un puntaje mayor del 85% en el FCI, se interpreta como en el umbral de la Fase III y el dominio de la concepción Newtoniana del concepto de fuerza. Los estudiantes en la Fase III desarrollan plenamente el concepto Newtoniano de fuerza y su relación con la Tercera Ley de Newton. Los estudiantes con puntajes por arriba del 85% entienden los conceptos Newtonianos y sus resultados indican una comprensión del concepto de fuerza.

5. Metodología

El estudio de las “Secuencias didácticas ABP para la enseñanza de los temas: principios de la dinámica y Leyes de Newton en el bachillerato” se desarrollo a partir del análisis del contexto socioeducativo de los estudiantes de las escuelas preparatorias en las que se desarrollo, en este sentido, se presentan en este capítulo las características socioeconómicas de grupos experimentales y de control considerados. Así mismo, se describe la implementación del ABP en la enseñanza de los fundamentos de la Dinámica en el nivel medio superior.

La estrategia bajo estudio fue aplicada por la autora de este trabajo a cuatro grupos de dos instituciones de nivel medio superior del Estado de México, durante segundo semestre del ciclo escolar 2008 - 2009. En cada una de las escuelas se trabajó con la estrategia ABP en dos grupos experimentales y en cada escuela tuvimos un grupo de control en el cual se trabajó con un formato de instrucción tradicional. El objetivo fue comparar los resultados que obtienen los grupos experimentales y de control de ambas instituciones. Se evaluó la eficacia de la estrategia con el Cuestionario sobre el Concepto de Fuerza que se aplicó antes de la instrucción con la estrategia didáctica del ABP y después de la misma.

5.1 Caracterización de los grupos de investigación

Los estudiantes de los grupos en estudio cursan el cuarto semestre del nivel preuniversitario del subsistema de Bachillerato General del Estado de México. Tres de los grupos estudiados (dos experimentales y un grupo de control) son de la Escuela Preparatoria Oficial Anexa a la Normal de Atlacomulco turno vespertino (Escuela A) situada en la cabecera municipal de Atlacomulco Estado de México. Los otros tres grupos (dos experimentales y un grupo de control) son de la Escuela Preparatoria Oficial No. 166 turno matutino (Escuela B) ubicada en la comunidad de Emilio Portes Gil, municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México. Al ser los estudiantes del cuarto semestre y haber cursado lo materia de Física I pueden comparar la enseñanza tradicional de la Física y la propuesta de la estrategia didáctica del ABP.

El total de alumnos que tomaron parte en el estudio son 201, el 44% son hombres y el 56% mujeres. El nivel socioeconómico que determina el estilo de vida de los estudiantes incluidos en la investigación corresponde principalmente a la clase media baja (42%), de la clase pobre son el 29%, el 27% de la clase media y sólo un 2% de la clase media alta. El 84% de la población considerada pertenecen a zonas rurales o semiurbanas mientras y el 16% restante viven en áreas urbanas. La edad de los estudiantes está en un rango de 16 a 20 años de edad; el 50% tienen 16 años, el 38% 17 años, el 10% de 18 años, y el 1% corresponde a los que tienen 19 o 20 años de edad.

La determinación de los grupos experimentales y grupos de control se realizó al azar, los grupos de 2° 1 y 2° 2 fueron grupos experimentales en la Escuela A, mientras el grupo de 2° 3 fue el grupo de control. En la Escuela B el 2° 1 y 2° 3 fueron los grupos experimentales y el grupo 2° 2 el grupo de control. En las siguientes líneas se presenta una breve descripción de cada uno de los grupos.

El total de alumnos de los grupos experimentales de la Escuela A eran 72 (grupos 2° 1 y 2° 2), de los cuales 31 eran hombres y 41 mujeres. El 2 % pertenecen a la clase media alta, el 40% a la clase media, el 55% de la clase media baja y el 3% se sitúa en la clase pobre. El 71% de los estudiantes de los grupos experimentales proviene de zonas rurales o semiurbanas; la edad promedio es de 16.5 años, dado que el 44.8 % tiene 16 años, el 44.8% tiene 17 años y el 8% tiene 18 años y el 2% tiene 19 años.

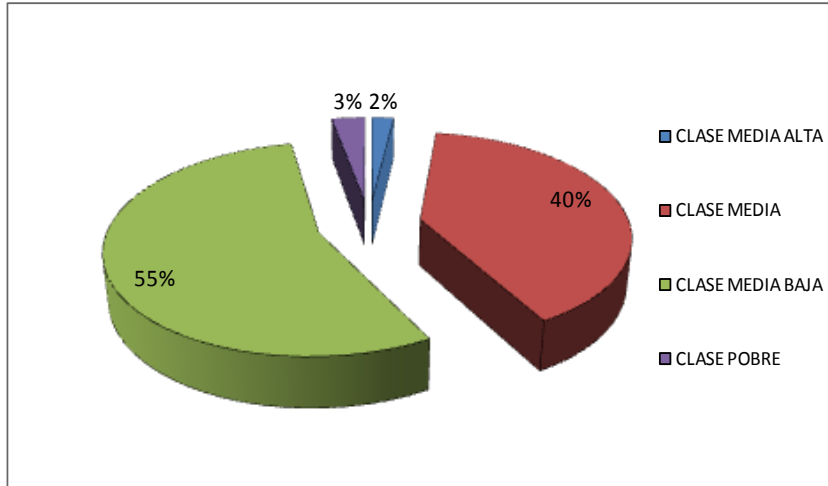


Figura 1. Nivel socioeconómico de los estudiantes de los grupos experimentales de la Escuela A.

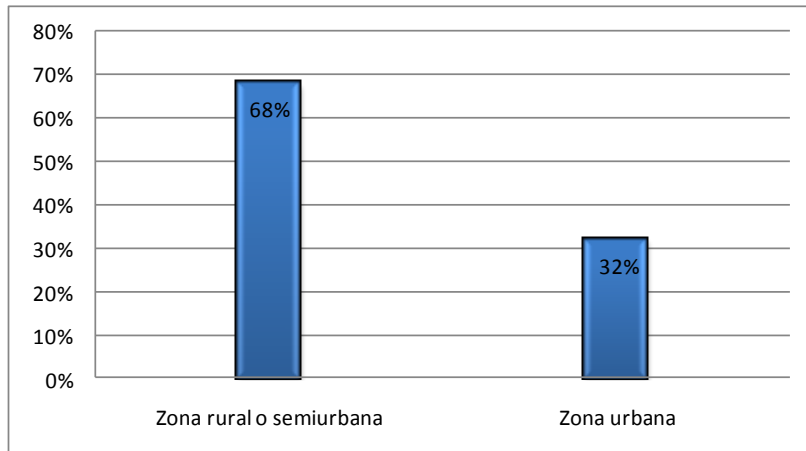


Figura 2. Zona de procedencia de los estudiantes de los grupos experimentales de la Escuela A.

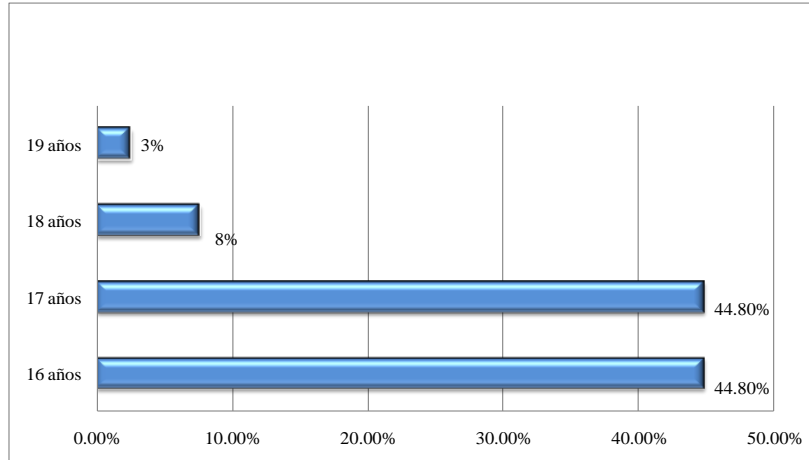


Figura 3. Edad promedio de los estudiantes de los grupos experimentales de la Escuela A.

El grupo de control de la Escuela A tenía 37 alumnos forman el grupo, 14 son varones y 23 mujeres; el 8% pertenecen a la clase media, el 46% a la clase media baja y el 46% se sitúa en la clase pobre. El 81% de los estudiantes del grupo proviene de zonas rurales o semiurbanas y el resto de zonas urbanas; la edad promedio es de 16 años, dado que el 62% tiene 16 años, el 32% tiene 17 años, el 3% tiene 18 años y el 3% tiene 19 años.

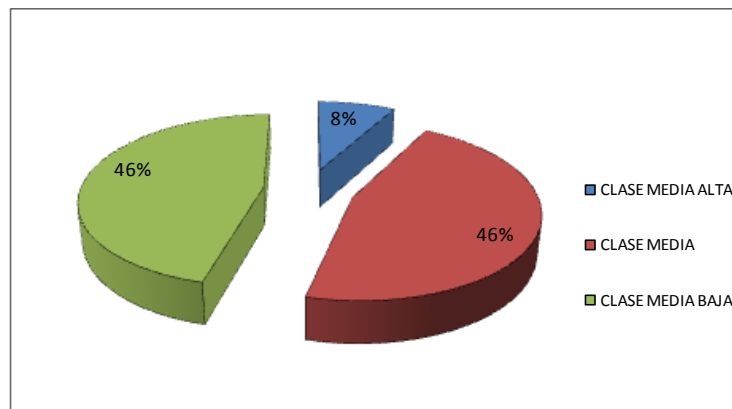


Figura 4. Nivel socioeconómico de los estudiantes del grupo de control de la Escuela A.

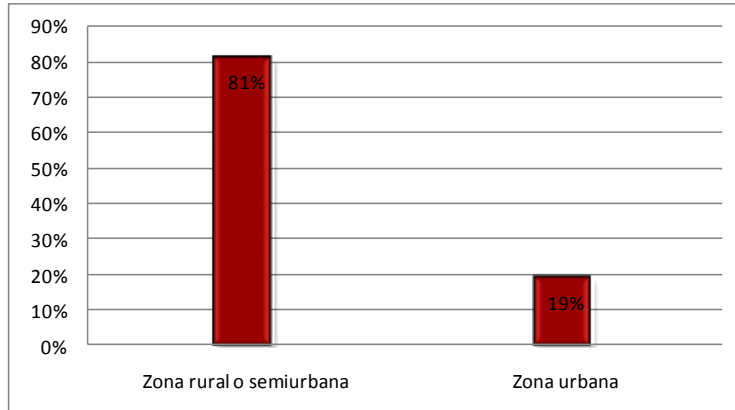


Figura 5. Zona de procedencia de los estudiantes del grupo de control de la Escuela A.

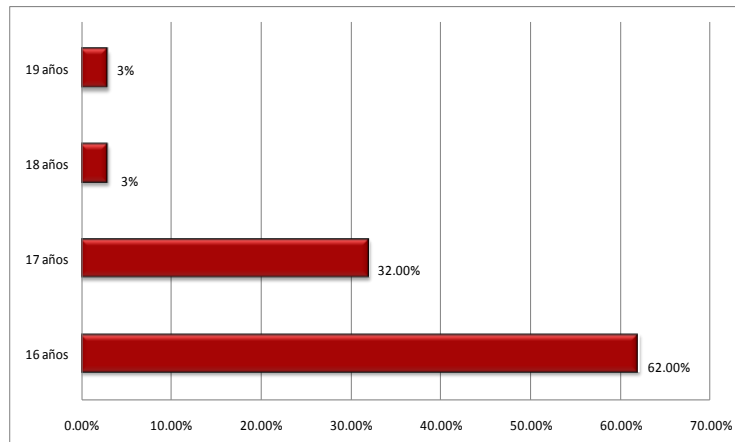


Figura 6. Edad promedio de los estudiantes del grupo de control de la Escuela A.

Los grupos experimentales de la Escuela B (2° 1 y 2° 3) estuvieron formados por 61 alumnos, 31 son varones y 30 mujeres; el 40% pertenecen a la clase media baja, el 56% a la clase pobre y el 4% se sitúa en la pobreza extrema. El 100% de los estudiantes del grupo es de zonas rurales o semiurbanas; la edad promedio es de 17 años, dado que el 24% tiene 16 años, el 44% tiene 17 años, el 28% tiene 18 años y el 4% tiene 20 años.

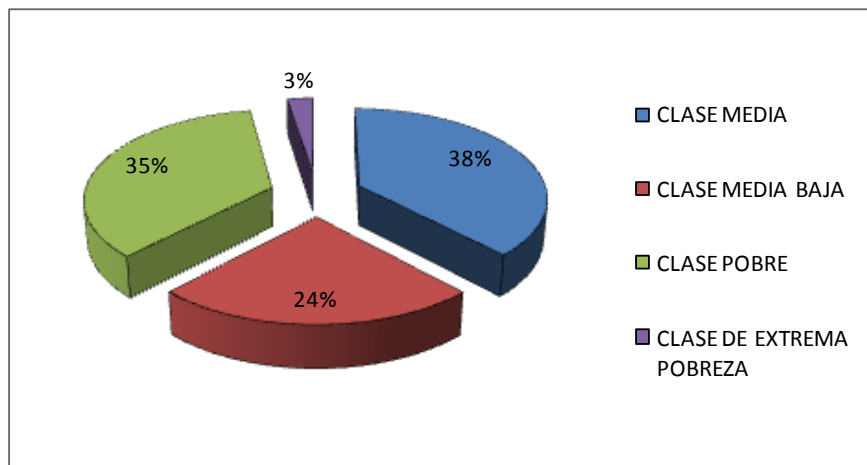


Figura 7. Nivel socioeconómico de los estudiantes de los grupos experimentales de la Escuela B.

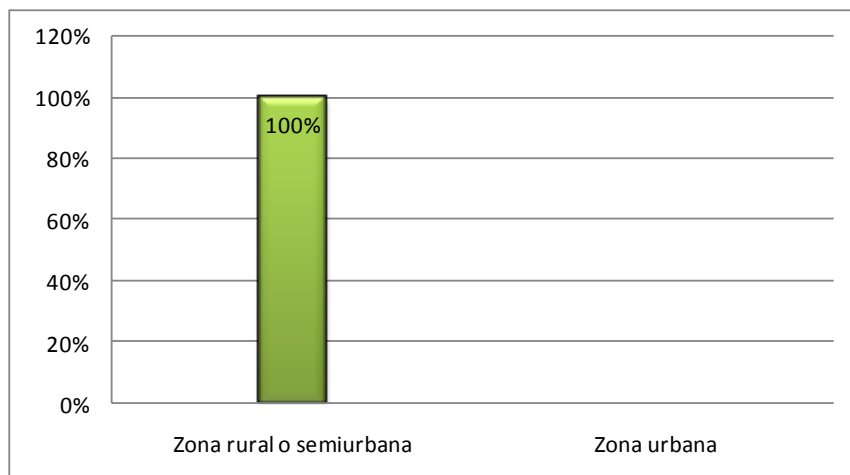


Figura 8. Zona de procedencia de los estudiantes de los grupos experimentales de la Escuela B.

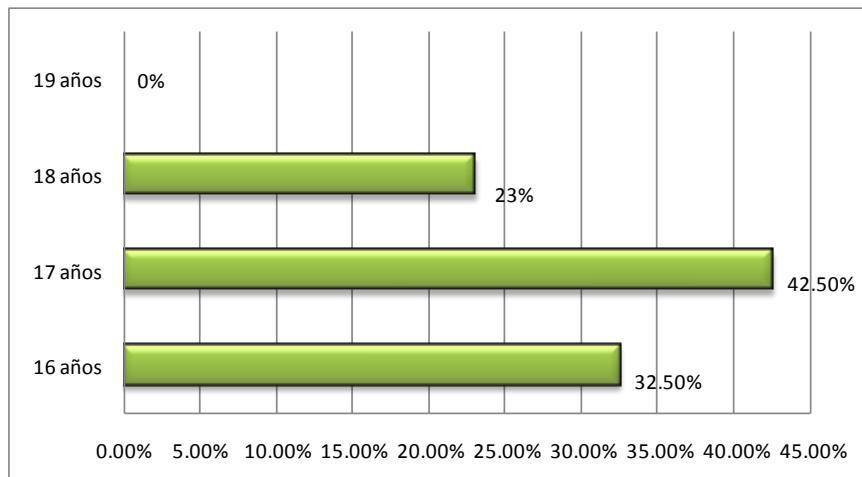


Figura 9. Edad promedio de los estudiantes de los grupos experimentales de la Escuela B.

El grupo de control de la Escuela B (2° 2) estaba compuesto por 31 alumnos, 12 de los cuales son varones y 19 mujeres; el 3% pertenecen a la clase media, el 16 % a la clase media baja y el 81% se sitúa en la clase de pobre. El 97% de los estudiantes del grupo es de zonas rurales o semiurbanas y el 3% del área urbana; la edad promedio es de 17 años, dado que el 56% tiene 16 años, el 31% tiene 17 años y el 13% tiene 18 años.

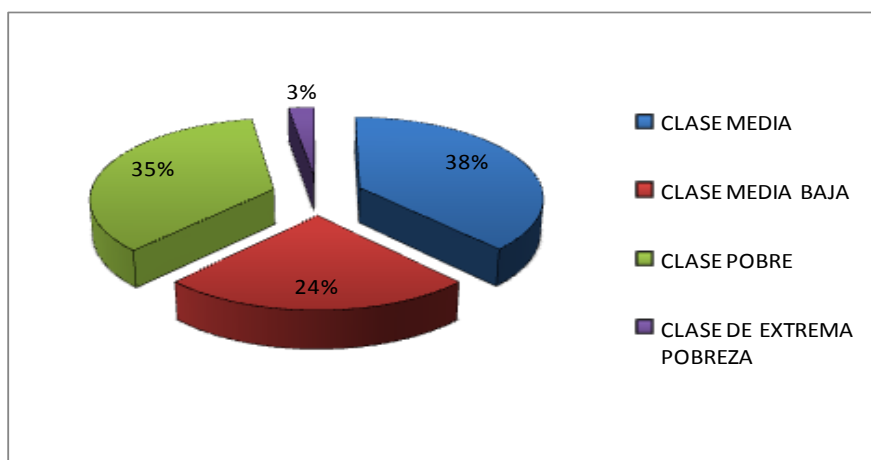


Figura 10. Nivel socioeconómico de los estudiantes del grupo de control de la Escuela B.

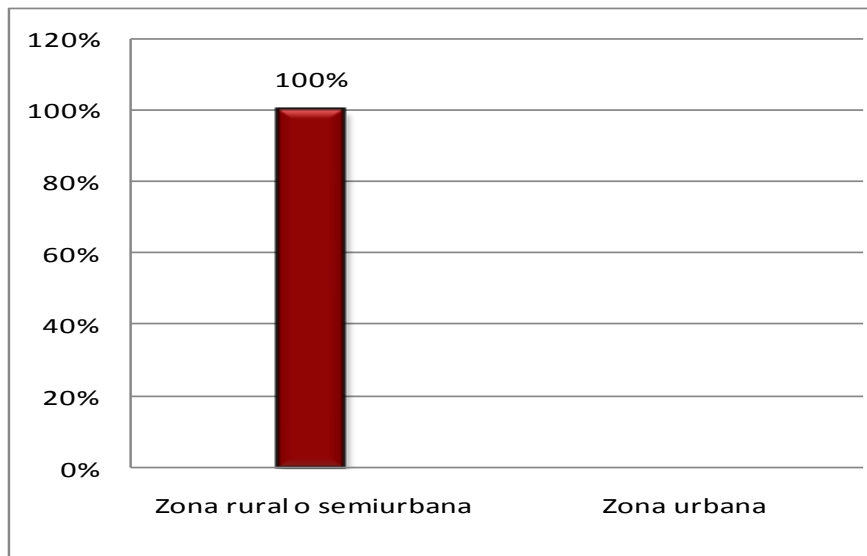


Figura 11. Zona de procedencia de los estudiantes del grupo de control de la Escuela B.

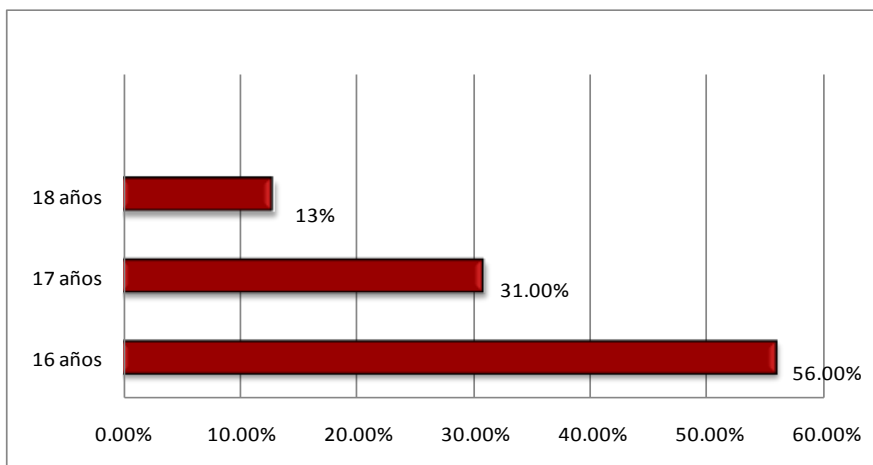


Figura 12. Edad promedio de los estudiantes del grupo de control de la Escuela B.

5.2 Implementación de la estrategia didáctica del ABP en la enseñanza de los fundamentos de Dinámica en el nivel medio superior

A continuación describimos como desarrollamos nuestras secuencias ABP en los grupos experimentales de ambas instituciones. Inicialmente se aplicó el test del FCI (pre-test) a los

seis grupos en investigación con el fin de determinar el estado de conocimiento de los estudiantes respecto a los fundamentos de la mecánica Newtoniana y posteriormente analizar la efectividad de la estrategia de enseñanza del ABP en el aprendizaje de la Física (Hestenes, et al, 1992; Benegas, 2007; Viiri, 2009). Posteriormente se desarrollaron las secuencias didácticas basadas en el ABP (véase Anexo 1). En la implementación de las mismas usamos el método de tres fases y que fueron descritas en el capítulo previo. Finalmente se volvió a aplicar el test del FCI (post-test) para valorar el grado de avance en la comprensión de los fundamentos de la dinámica con la implementación de las estrategias del ABP y contrastar con la enseñanza tradicional de la Física.

La instrucción con la estrategia de aprendizaje ABP en los cuatro grupos de estudiantes del cuarto semestre de nivel preuniversitario se desarrolló con una serie de secuencias didácticas en los grupos experimentales y el manejo de la misma temática de las secuencias en un formato de enseñanza tradicional en los grupos de control de cada una de las instituciones sedes del estudio. Para ello, se diseñaron tres secuencias de aprendizaje con fundamento en los principios del aprendizaje basado en problemas (Anexo 1).

Es conveniente mencionar que los alumnos de los cuatro grupos experimentales fueron informados que formaban parte de una investigación educativa.

El desarrollo de las secuencias de aprendizaje en los grupos de investigación se video grabaron con el fin de realizar un mejor análisis del proceso y del efecto de la estrategia en la comprensión de los fundamentos de la dinámica en los estudiantes. En el diseño de las secuencias se consideraron los aspectos fundamentales de la estrategia didáctica del ABP, los principios físicos básicos de los principios de la Dinámica y las Leyes de Newton, y los objetivos de aprendizaje del curso de Física I del subsistema de Bachillerato del Estado de México.

Los problemas tipo ABP fueron el foco y motivación del aprendizaje, la solución del problema representó un desafío para los estudiantes, cada uno se estructuró sobre un contexto real, el formato consistió en un problema escrito que debe resolverse. La situación problemática del escrito incluye preguntas que orientan el análisis y generan la necesidad

de aprender, se plantearon hipótesis sobre ellas, después se investigó y resolvió el problema, al final se presentó un informe y se analizó todo el proceso de la secuencia.

Al inicio de la implementación de las secuencias didácticas ABP en los grupos experimentales se informó a los estudiantes sobre la intención del desarrollo de la nueva estrategia didáctica y el proceso a desarrollar. Después de la aplicación del pre-test (FCI) se desarrollaron las secuencias didácticas ABP (Secuencias 1, 2, y 3 del Anexo 1).

Se integraron equipos de 5 a 6 alumnos de manera aleatoria, se les presentó a los estudiantes de los grupos experimentales un problema tipo ABP a resolver durante las sesiones asignadas (se pensó en un principio que serían 4 sesiones por problema). A continuación se realizó la lectura del problema tipo ABP de manera individual, durante el proceso se investigaron y analizaron los temas de Física que permitirían la solución del problema de manera fundamentada. Con la orientación del docente responsable de la actividad (la autora de la tesis), la fase inicial se realizaba en 20-25 minutos, los alumnos discutieron sus predicciones sobre la solución del problema planteado; se estableció la información conocida y lo que se requería conocer.

En la fase siguiente, la de desarrollo, se determinó exactamente el problema a resolver y se diseñó la estrategia de solución. Se requirió especificar la magnitud física a calcular, las temáticas a estudiar para comprender el fenómeno y por lo tanto el proceso de solución; se investigó en libros de Física y en el internet. En cada equipo se organizó e interpretó la información útil para establecer la solución con fundamento en los principios de la Física. Finalmente, en la fase de cierre, cada equipo presentó la solución del problema exponiendo el proceso y resultado al grupo; en el material presentado se incluyó el modelo gráfico y matemático utilizado como así como el proceso desarrollado en la secuencia didáctica.

Por otra parte, de manera simultánea, se desarrolló el proceso didáctico con el formato de instrucción tradicional en los grupos de control de cada institución. Las actividades realizadas consistieron en el análisis de información de los fundamentos de la dinámica, la solución de problemas de estructura similar a la que contienen los libros de texto de Física y la revisión de la respuesta en forma grupal considerando la exposición del proceso

correcto por parte del docente. Se usó el mismo número de sesiones que en el desarrollo de las secuencias didácticas con la estrategia ABP.

En los grupos experimentales se dio seguimiento al análisis del problema en la clase con la ayuda de un formato de control (Anexo 2) que incluye las tres fases del ciclo ABP. El formato de seguimiento a las actividades de las diferentes fases de desarrollo de las secuencias ABP tiene como objetivos: guiar las actividades de los estudiantes en la estrategia didáctica propuesta, así como facilitar el seguimiento de dichas actividades y tener evidencia del proceso llevado a cabo durante las sesiones de implementación de las secuencias didácticas basadas en la estrategia bajo estudio.

Todo el proceso fue supervisado y orientado por la profesora a cargo de la instrumentación de las secuencias ABP (la autora de la presente tesis). El primer contacto con el proceso de la estrategia los estudiantes requirieron que la guía directa, es decir, en cada actividad era necesario que el docente indicara cada aspecto a realizar e incluso orientar la participación en cada uno en los equipos. Se estableció un espacio para analizar en forma grupal las predicciones de los equipos, la información conocida y desconocida que se piensa es necesaria para la solución del problema, la estrategia a desarrollar para resolver el problema, la solución del problema y el análisis del proceso al final de cada una de las tareas. El desarrollo de las dos secuencias de actividades ABP siguientes fue más fluido e independiente.

Se trabajó en sesiones de cincuenta minutos, de acuerdo al horario escolar asignado a la materia de Física I en cada grupo, el tiempo para el desarrollo de cada secuencia fue variable (de tres a cinco sesiones por algunas interrupciones a las actividades académicas en la Escuela A la semana cultural de la institución y en la Escuela B por suspensión de labores).

La implementación de la secuencia didáctica 1 se desarrolló en cuatro sesiones, al inicio se explicó la naturaleza del estudio y la forma de trabajo; en la Escuela A los estudiantes experimentaron con cajas y objetos dentro de ella para deslizarla sobre una superficie horizontal y una inclinada (jalando y empujando) para tratar demostrar sus predicciones. La segunda secuencia didáctica se desarrolló en cuatro sesiones, una vez que se conoció la forma de trabajo fue más sencillo desarrollar las fases de la estrategia ABP, en ésta también

se motivó un análisis más profundo de la situación física del problema ya que en la Escuela B se sugirió hacer un prueba experimental, se utilizó una carretilla, un bulto de cemento e implementaron una rampa con tablas.

La secuencia didáctica 3 se desarrolló en cinco sesiones, debido a que resultó más complejo para los estudiantes resolver el problema, y en la primera fase (predicciones) se motivo una intensa discusión sobre los aspectos que influían en situación física de análisis en el problema (esto nos tomo una sesión), en la segunda fase requirieron más tiempo para definir el problema y la solución (tres sesiones). En la tercera fase se desarrolló una sesión, se presentó la solución por equipos y se emitieron comentarios generales sobre el desarrollo de la estrategia.

6. Resultados de la ganancia relativa de aprendizaje conceptual

A continuación mostramos los resultados de la instrumentación de la estrategia del ABP en la enseñanza de algunos temas de los fundamentos de la dinámica en el nivel medio superior. Se analizan los datos obtenidos con la aplicación del test FCI mediante el uso del factor “g” (ganancia relativa de aprendizaje conceptual o factor de Hake), establecida por Richard R. Hake en 1998. Ésta cantidad indica la ganancia real promedio del aprendizaje conceptual normalizada.

La ganancia g se determina a partir de los aciertos obtenidos en el instrumento de evaluación utilizado (en nuestro caso el FCI). Si S_i y S_f corresponden al puntaje porcentual del pre-test y el post-test, tenemos que la ganancia relativa de aprendizaje conceptual se determina con la siguiente ecuación:

$$g = \frac{S_f - S_i}{100 - S_i} \quad (1)$$

Con la ganancia relativa de aprendizaje es posible clasificar tres niveles de logro, éstos son:

- A) g alto. Cuando el resultado obtenido para g es ≥ 0.7
- B) g medio. Cuando el resultado obtenido para g está en el rango $0.3 \leq g \leq 0.7$
- C) g bajo. Cuando el resultado obtenido para g es ≤ 0.3

La ganancia de Hake se ha utilizado para determinar el nivel logro de aprendizaje conceptual en la instrumentación de una estrategia didáctica, es decir, con los resultados de una evaluación (pre-test y post-test) se determina el impacto en la asimilación del conocimiento de tipo conceptual. El factor g permite establecer los cambios logrados en las diferentes dimensiones del FCI al implementar una estrategia didáctica, ya que los niveles de logro bajo, medio y alto en el factor g se relacionan con el nivel de dominio conceptual de las fases del FCI (Savinainen, 2004).

Como mencionamos antes, la ganancia relativa de aprendizaje conceptual se ha utilizado en la valoración de la efectividad de la aplicación de diversas estrategias didácticas. Algunos ejemplos de su uso se encuentran en las siguientes referencias:

1. *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, (Hake, 1998). (Enseñanza interactiva vs métodos tradicionales: un estudio de seis mil exámenes de curso introductorios de física.) Presenta un estudio que incluyó 62 cursos de introducción a la Física (mecánica Newtoniana) en los que se utilizó el FCI para evaluar la efectividad de una metodología de participación activa de los estudiantes en la solución de problemas así como la metodología tradicional (la resolución de problemas en forma mecánica) en la que los estudiantes tenían una participación pasiva. En los 14 grupos en los que se usó la metodología tradicional el promedio de los resultados para la ganancia relativa de aprendizaje fue de 0.23 ± 0.04 , mientras que en los 48 grupos en los que se aplicó una metodología de participación activa fue de 0.48 ± 0.14 .

La investigación se integró con los datos obtenidos en la evaluación (pre-test y post-test) de cursos de Física Introductoria, desarrollados en diversas instituciones de Estados Unidos (secundarias y universidades) durante 1992 y 1995.

2. *Peer Instruction, All user's Manual*, (Mazur, 1997). (Instrucción por pares: Un manual de usuario.) Es un manual de instrucción para cursos de Física Introductoria basado en el estudio que se realizó durante los años de 1991 y 1992. En este se puso a prueba una estrategia didáctica que promueve la participación activa de los estudiantes en el proceso de enseñanza (análisis de preguntas en pares). La metodología de la estrategia didáctica se adapta fácilmente a los estilos de clase tipo conferencia, el proceso se enfoca en el análisis de conceptos subyacentes de cuestiones conceptuales presentadas (*Concept Test*). El diseño de las preguntas constituye un medio para explorar las dificultades comunes en la comprensión de determinados temas de Física. Durante uno o dos minutos los estudiantes piensan sobre una pregunta y formulan su(s) respuesta(s), luego, en dos o tres minutos comentan sus respuestas en grupos de tres o cuatro integrantes, con la idea de establecer un consenso sobre la respuesta correcta.

El proceso obliga a los estudiantes a pensar en argumentos sólidos y permite al estudiante y al instructor evaluar la comprensión de los conceptos fundamentales de la mecánica Newtoniana. Con la instrumentación de esta estrategia se encontró que los estudiantes tienen avances significativos en la comprensión conceptual (medido con las pruebas estandarizadas como el FCI), así como en el desarrollo de habilidades para resolver problemas. Para los grupos en los que se desarrolló la clase en forma tradicional se obtuvo una ganancia $g = 0.25$, mientras que para los grupos en los que se siguió el proceso de aprendizaje de forma más interactiva el factor g estuvo en el rango $0.36 \leq g \leq 0.68$. Los datos fueron obtenidos en la evaluación, pre-test y post-test (FCI y MBT) al inicio y al final de un semestre en 1995.

3. *High School Students' Conceptual Coherence of Qualitative Knowledge in the Case of the Force Concept*, (Savinainen, 2004). (Coherencia conceptual del conocimiento cualitativo del concepto de fuerza de los estudiantes de bachillerato.) Este trabajo es un estudio teórico y experimental, la parte teórica se enfoca en el análisis cualitativo que hacen los estudiantes de los conceptos físicos de la mecánica Newtoniana, mientras que la parte experimental se realizó para probar la eficacia de la enseñanza de la metodología didáctica de la Instrucción Conceptual Interactiva (Interactive Conceptual Instrucción, ICI por sus siglas en inglés) en dos grupos pilotos y dos grupos experimentales. La estrategia se caracteriza por: el análisis de conceptos, el uso de representaciones de los conceptos en diversos contextos, interacción de los estudiantes en el aula (Peer instruction), la investigación en diversas fuentes, la lectura de un texto y la elaboración de mapas conceptuales. A partir de las características de esta estrategia se diseñaron secuencias de enseñanza para el concepto de fuerza y de cinemática (en las que se enfatizó en la interacción de fuerzas en un cuerpo).

La evaluación se realizó con el FCI, el FMCE y la prueba para la comprensión de los gráficos en Cinemática (TUG-K). Las preguntas de los instrumentos de evaluación que se utilizaron para valorar la coherencia del contexto y la representación del concepto de fuerza que manejaban los alumnos. A partir de los

datos se determinó la ganancia relativa de aprendizaje conceptual promedio, y se obtuvo que para los grupos pilotos y grupos experimentales las ganancias se situaron en el rango de $0.45 \leq g \leq 0.59$.

La ganancia g lograda en los grupos experimentales es similar a la de los grupos pilotos, estadísticamente es casi la misma. Sin embargo, en el análisis de las ganancias g de los grupos experimentales en las dimensiones en que se aplicaron las secuencias los valores del factor g son más altas (≥ 0.7). El estudio se desarrolló del año 2000 al año 2004 en el nivel medio superior y superior, la evaluación del pre-test y el post-test se hizo al inicio y final del año escolar.

4. *Interpreting FCI scores: Normalized gain, preinstruction scores, and scientific reasoning ability*, (Coletta & Phillips, 2005). (Interpretando los resultados del FCI: ganancia normalizada y habilidad de razonamiento científico.) El estudio se realizó para analizar la ganancia relativa de aprendizaje con los resultados del FCI de los estudiantes de los cursos de mecánica introductoria de cuatro universidades: Universidad de Loyola de Marymount, Universidad del Sudeste de Louisiana, Universidad de Minnesota y la Universidad de Harvard. Se encontró que el desarrollo de metodologías en las que se permite la participación interactiva de los estudiantes hay una relación significativa y positiva, es decir, los resultados de la ganancia g son altos tanto en el FCI como en la prueba de Lawson en tres de las cuatro universidades consideradas en el estudio (Universidad de Loyola Marymount, Universidad del Sudeste de Louisiana, Universidad de Minnesota). Los resultados de las pruebas de Lawson son incluso más altos que los del FCI. El estudio muestra que al analizar la participación interactiva de los estudiantes mediante la prueba de Lawson y el FCI es posible medir con mayor exactitud la efectividad de la estrategia didáctica.

En nuestro estudio, usando el FCI se determina la ganancia relativa de aprendizaje conceptual logrado tanto en el formato tradicional (grupos de control) como en la instrumentación de las secuencias didácticas del ABP (grupos experimentales). A primera vista, observamos que los estudiantes no superan la Fase I del FCI (en la que se indica que

los estudiantes no distinguen la diferencia entre los conceptos de velocidad y aceleración, no consideran la velocidad como una cantidad vectorial, creen que existen otros factores que influyen en el movimiento -además de las diferentes tipos de fuerzas-, son incapaces de determinar la influencia de los agentes pasivos y activos de la fuerza sobre un objeto, tienen una noción parcializada e incoherente de los conceptos de la fuerza y movimiento).

En general, considerando el valor obtenido para la ganancia de Hake, el resultado es bajo, $g \leq 0.3$. En ambas instituciones, los resultados del pre-test y post-test en los grupos experimentales y grupos de control fueron similares, en la Escuela A se obtuvo 27% de aciertos en el pre-test el grupo experimental 1, 33% en el grupo experimental 2 mientras que en el grupo de control obtuvo un 34%. En el post-test, los resultados son: en el grupo experimental 1 fue de 43%, en el grupo experimental 2 el resultado fue de 44% y para el grupo de control el resultado correspondió a un 41%. En el caso la Escuela B, el porcentaje de respuestas correctas en el pre-test el grupo experimental 1 fue de 34%, en el grupo experimental 2 fue de 30% y en el grupo de control 32%. En el post-test el grupo experimental 1 obtuvo un 46%, el grupo experimental 2 un 42% y el grupo de control se obtuvo un 43%. En la ganancia g , en promedio en los grupos experimentales de la Escuela A fue de 0.19 y en la Escuela B fue de 0.18, sólo notamos una diferencia significativa con el grupo de control de la Escuela A (Figura 13), en donde la ganancia relativa de aprendizaje conceptual con la estrategia de ABP de uno de los grupos experimentales duplicó a la ganancia relativa de aprendizaje conceptual del grupo de control.

En la gráfica de la Figura 13 (resultados para la Escuela A) podemos notar que la ganancia g del grupo de control es una décima menor a la del grupo experimental 1 y media décima menor que la del grupo experimental 2, así en los resultados se observa que fue mejor el desempeño de los estudiantes de los grupos experimentales en los que se instrumentó la estrategia ABP.

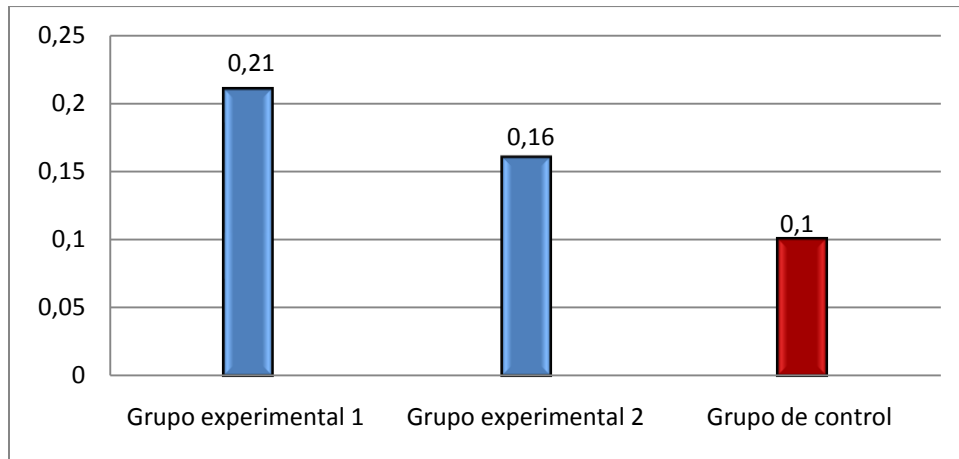


Figura 13. Resultados de ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) en la Escuela A de los grupos experimentales y el grupo de control.

En la Escuela B, los resultados de la ganancia g en los grupos en los que aplicó el estudio son de: 0.18 en el grupo experimental 1, 0.17 en el grupo experimental 2 y 0.16 para el grupo de control (gráfica de la Figura 14). En este caso, la diferencia en la ganancia g entre el grupo de control y los grupos experimentales es sólo una o dos centésimas. Con éstos resultados no es posible determinar el impacto de la instrumentación de la estrategia ABP usando el los resultados para todo el cuestionario del FCI.

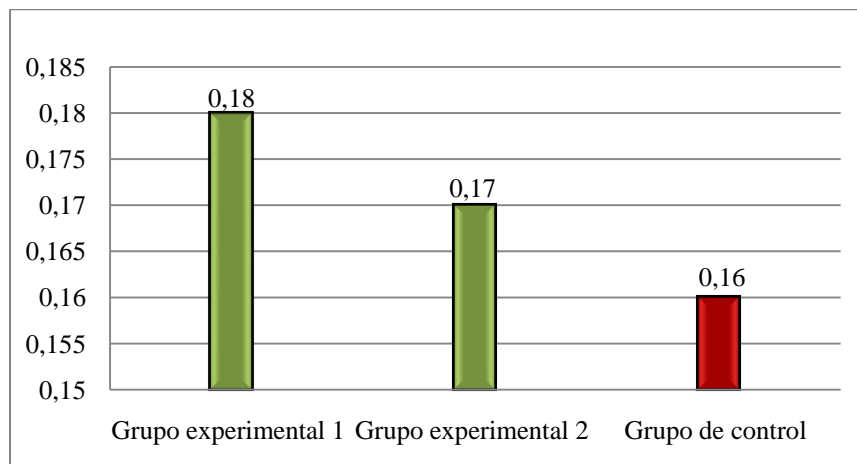


Figura 14. Resultados de ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) en la Escuela B de los grupos experimentales y el grupo de control.

Es conveniente notar que los factores de g reportados en los trabajos citados previamente son más altos, pero la estrategia bajo estudio fue usada durante un tiempo mucho más largo (un semestre o un año). Sin embargo, creemos que la ganancia g si es apreciable para las preguntas del FCI que tienen una relación directa con las secuencias desarrolladas. Notemos que los resultados de algunas preguntas que tienen relación directa con las secuencias ABP desarrolladas en los grupos experimentales la ganancia que se logra está en el rango $0.3 \leq g \leq 0.7$.

Al implementarse el estudio con sólo tres secuencias basadas en el ABP durante tres semanas (que es un breve periodo de tiempo) es de esperarse que la diferencia en los resultados en la ganancia relativa de aprendizaje conceptual sea poco significativa para todo el test FCI debido a que este test examina temas y conceptos que no fueron estudiados en las tres secuencias ABP desarrolladas en el presente trabajo. Debe notarse que nuestras secuencias didácticas con problemas tipo ABP se enfocaron al análisis del Concepto de fuerza, los Tipos de fuerza, Leyes de Newton y el Principio de superposición de fuerzas. Esto significa que en nuestras secuencias ABP sólo se analizaron algunos aspectos que evalúa el test FCI.

Para estudiar el grado de efectividad de la instrumentación de las secuencias ABP diseñadas en este trabajo se realizó el análisis de la ganancia relativa de aprendizaje conceptual con diez preguntas del FCI (preguntas 4, 6, 10, 11, 15, 16, 19, 25, 27 y 28). Pensamos que estas preguntas tienen relación con el contenido de los problemas planteados en las secuencias didácticas. Las preguntas refieren principalmente al estudio del concepto de Fuerza, los tipos de fuerzas, las Leyes de Newton y el Principio de superposición de fuerzas. El conocimiento de estos aspectos enunciados es fundamental en la comprensión de los fenómenos físicos y para los cursos de Física que se llevan en el nivel medio superior, la ganancia en el factor g de estas diez preguntas se presentan en gráficas y tablas de las siguientes líneas.

Los resultados de la ganancia g en las diez preguntas de análisis se encuentran en la siguiente gráfica (Figura 15). Nótese que en algunas de las Tablas y Figuras que siguen las abreviaturas G.E. corresponden a los grupos experimentales y G.C. a la de los grupos de control de cada institución del estudio que se indica. La barra color azul muestra la ganancia obtenida por los grupos experimentales en la Escuela A, las verdes a la datos de la

ganancia obtenida en los grupos experimentales de la Escuela B y las rojas a los grupos de control en cada institución.

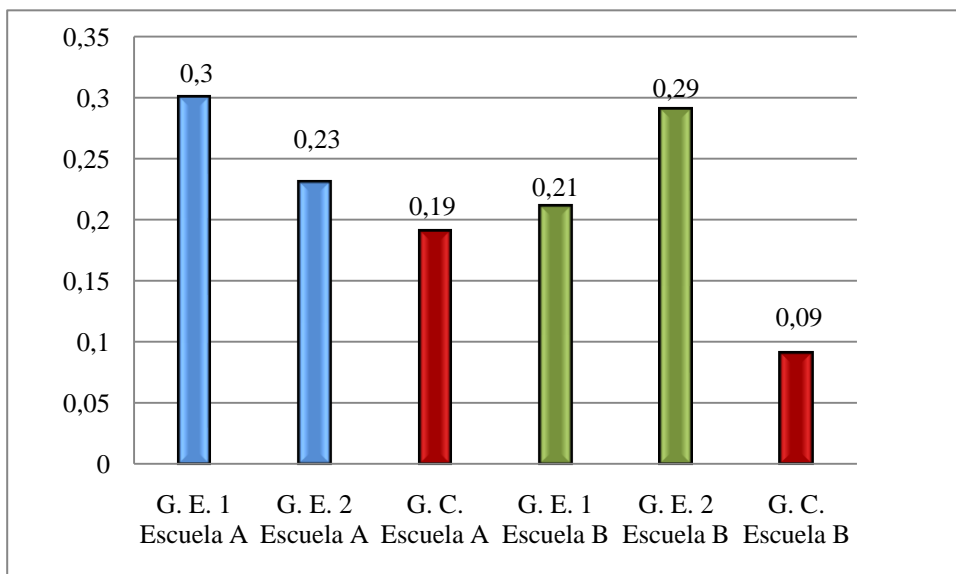


Figura 15. Resultados de ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) promedio en la Escuela A y en la Escuela B (pre-test & post-test) de los grupos experimentales y el grupo de control obtenido en las preguntas 4, 6, 10, 11, 15, 16, 19, 25, 27 y 28 del FCI.

Aun cuando los resultados son bajos, en los temas de la Dinámica Newtoniana sobre los que diseñaron e implementaron las secuencias didácticas ABP que discutimos en este trabajo (el concepto de fuerza, tipos de fuerza, la interacción de fuerzas en un cuerpo, así como las leyes de Newton y el Principio de superposición de fuerzas) se obtuvo en los grupos experimentales una mayor ganancia de aprendizaje conceptual que en los grupos de control. La ganancia g en los grupos experimentales es mayor en la Escuela A, el promedio de ambos grupos con las diez preguntas en estudio es de 0.27, mientras que la de la Escuela B es de 0.25 (figuras 16 y 17); en tanto, en los grupos de control la ganancia g , en la Escuela A es de 0.19 y en la Escuela B es de 0.09.

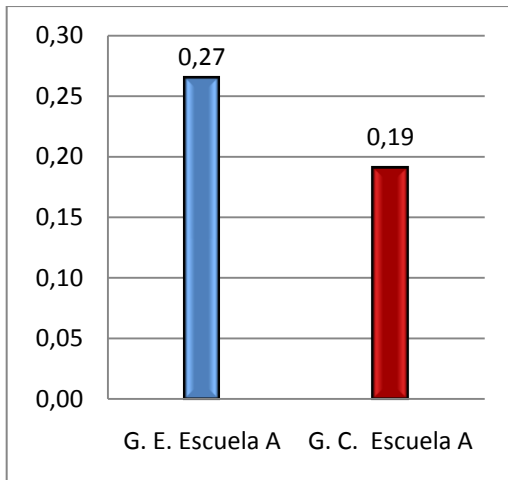


Figura 16. Resultados de ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) promedio de los grupos experimentales y el grupo de control (pre-test & post-test) obtenido en las preguntas 4, 6, 10, 11, 15, 16, 19, 25, 27 y 28 en la Escuela A.

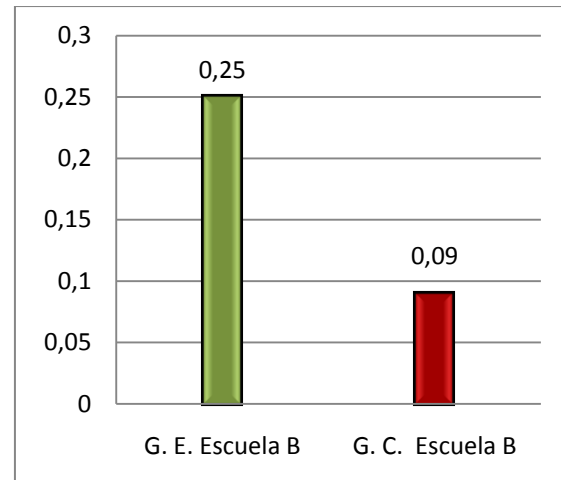


Figura 17. Resultados de ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) promedio de los grupos experimentales y el grupo de control (pre-test & post-test) obtenido en las preguntas 4, 6, 10, 11, 15, 16, 19, 25, 27 y 28 en la Escuela B.

El impacto de la instrucción con la estrategia ABP, desarrollada en los grupos experimentales usando nuestras secuencias ABP, fue significativo para el aprendizaje de los fundamentos de la Dinámica en comparación a la instrucción con el formato tradicional. Considerando las diez preguntas en estudio, los resultados para la ganancia g promedio de los grupos experimentales de cada institución y los grupos de control muestra la diferencia entre de ellos (Figuras 16 y 17). La ganancia relativa de aprendizaje conceptual es mayor en los grupos experimentales que en los grupos de control.

Además, en la encuesta que se les aplicó al final del desarrollo de las secuencias ABP los estudiantes expresaron que con las secuencias ABP: *“hay un mejor entendimiento”, “es más fácil aprender”, “se aprende mejor”, “es divertido”, “se obtiene un mejor desempeño”, “se fomenta el razonamiento”, “es interesante”, “es más dinámica y divertida la clase”, “es posible compartir ideas y conocimientos”* y *“hay un análisis profundo del tema”*.

6.1 La ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) por dimensión y pregunta del FCI

En las siguientes secciones presentamos los resultados de la ganancia relativa de aprendizaje conceptual de las preguntas 4, 6, 10, 11, 15, 16, 19, 25, 27, 28 del FCI.

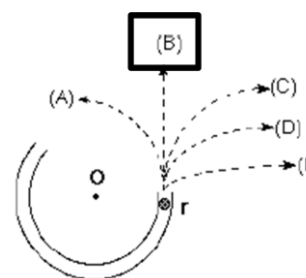
El análisis de las preguntas se ordena de acuerdo a las dimensiones del FCI para observar la correlación de las respuestas dadas por los estudiantes (las preguntas corresponden a cuatro de las seis dimensiones que incluye el FCI: Primera Ley de Newton, Tercera Ley de Newton, Superposición y Tipos de fuerza). Esto es debido a que el análisis del FCI por dimensiones provee información detallada de las fortalezas y debilidades de los estudiantes con respecto al concepto de fuerza y puede ser usado para planear la enseñanza a futuro (Savinainen & Viiri, 2007).

6.1.1 Dimensión de la primera Ley de Newton

En la dimensión de la Primera Ley de Newton se encuentran las preguntas:

(Para esta pregunta y las siguientes nótese que la respuesta correcta se muestra en negritas y que la gráfica que muestra la ganancia relativa de aprendizaje conceptual de los grupos experimentales y grupos de control de ambas instituciones se muestra después de cada una).

6. ¿Cuál de los caminos indicados en la figura de la derecha seguirá de forma más aproximada la bola después de salir del canal por “r” si continúa moviéndose sin rozamiento sobre la superficie de la mesa?



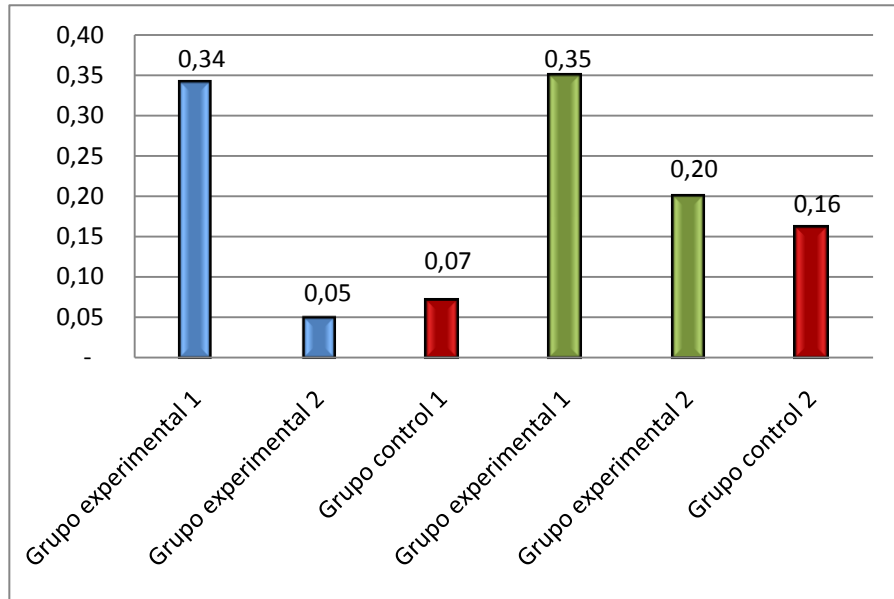


Figura 18. Resultados de ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) obtenida en la pregunta 6 en la aplicación del FCI en el estudio.

10. A lo largo del camino sin fricción que usted ha elegido en la pregunta 8 (Anexo 3), la velocidad del disco después de recibir el golpe:

- A) **Es constante.**
- B) Aumenta continuamente.
- C) Disminuye continuamente.
- D) Aumenta durante un rato y después disminuye.
- E) Es constante durante un rato y después disminuye.

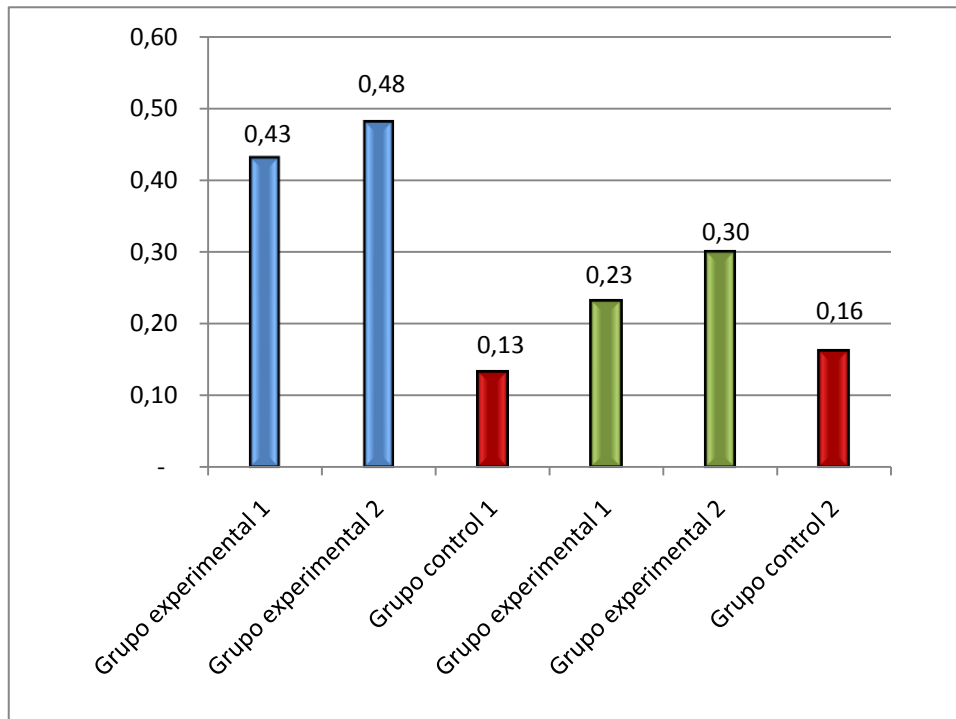
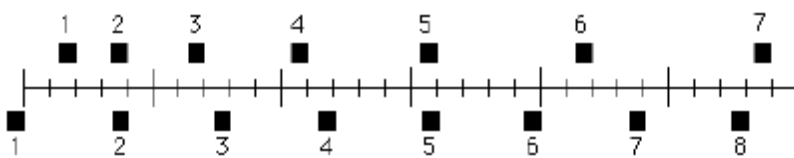


Figura 19. Resultados de ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) obtenida en la pregunta 10 en la aplicación del FCI en el estudio.

19. Las posiciones de dos bloques en intervalos de tiempo sucesivos de 0.20 segundos se hallan representadas por los cuadrados numerados de la figura adjunta. Los bloques se mueven hacia la derecha.



¿Tienen los bloques en algún momento la misma velocidad?

- A) No.
- B) Si, en el instante 2.
- C) Si, en el instante 5.
- D) Si, en el instante 2 y 5.
- E) Si, en algún momento durante el intervalo de 3 a 4.**

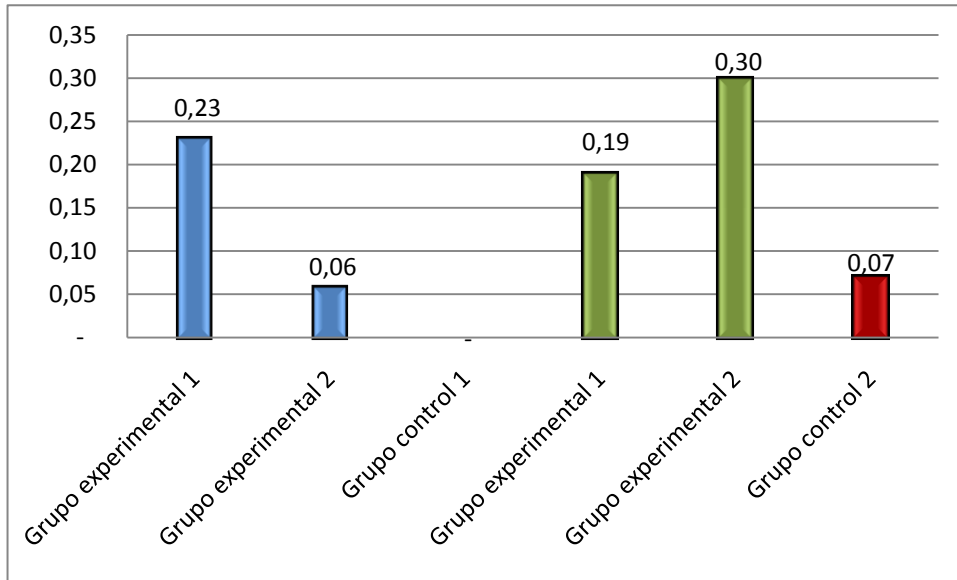


Figura 20. Resultados de ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) obtenida en la pregunta 19 en la aplicación del FCI en el estudio.

25. Una mujer ejerce una fuerza horizontal constante sobre una caja grande. Como resultado, la caja se mueve sobre un piso horizontal a velocidad constante " v_o ". La fuerza horizontal constante aplicada por la mujer:
- A) Tiene la misma magnitud que el peso de la caja.
 - B) Es mayor que el peso de la caja.
 - C) Tiene la misma magnitud que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.**
 - D) Es mayor que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
 - E) Es mayor que el peso de la caja y también que la fuerza total que se opone al movimiento.

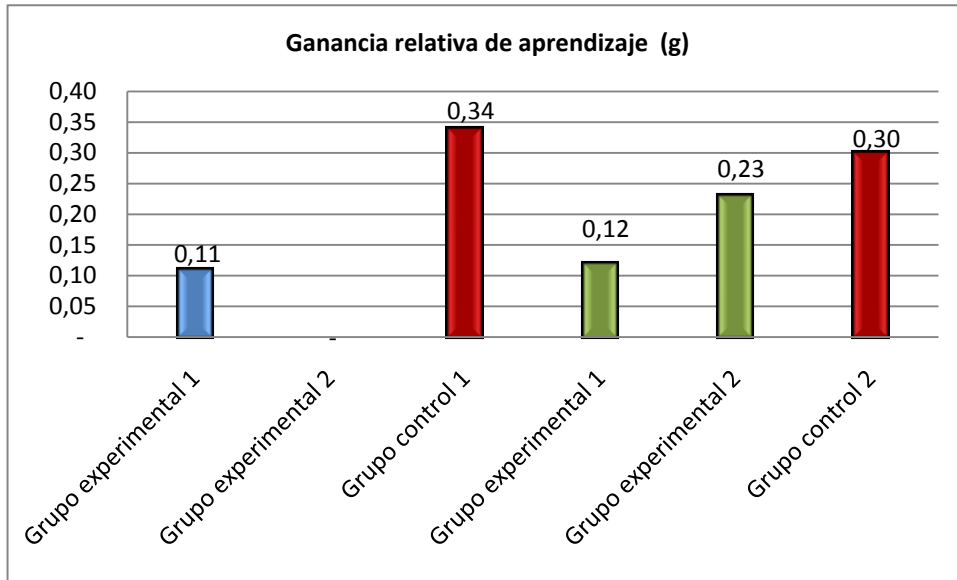


Figura 21. Resultados de ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) obtenida en la pregunta 25 en la aplicación del FCI en el estudio.

27. Si la mujer de la pregunta 25 (Anexo 3) deja de aplicar de repente la fuerza horizontal sobre la caja, ésta:
- A) Se parará inmediatamente.
 - B) Continuará moviéndose a una velocidad constante durante un rato y después frenará hasta pararse.
 - C) Comenzará inmediatamente a frenar hasta pararse.**
 - D) Continuará a velocidad constante.
 - E) Aumentará su velocidad durante un rato y después comenzará a frenar hasta pararse.

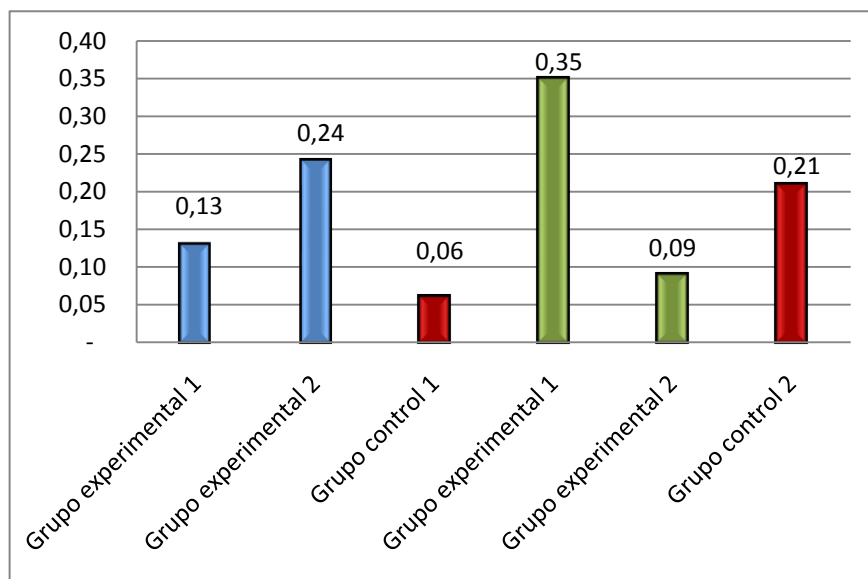


Figura 22. Resultados de ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) obtenida en la pregunta 27 en la aplicación del FCI en el estudio.

Pregunta	Factor g en el G. E. 1 de la Escuela A	Factor g en el G. E. 2 de la Escuela A	Factor g en el G. C. de la Escuela A	Factor g en el G. E. 1 de la Escuela B	Factor g en el G. E. 2 de la Escuela B	Factor g en el G. C. de la Escuela B
6	0.34	0.05	0.07	0.35	0.20	0.16
10	0.43	0.48	0.13	0.23	0.30	0.16
19	0.23	0.06	0	0.19	0.30	0.07
25	0.11	0	0.34	0.12	0.23	0.30
27	0.13	0.24	0.06	0.35	0.09	0.21
Promedio	0.25	0.17	0.12	0.25	0.22	0.18

Tabla 2. Comparación de los resultados de la ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) de la dimensión del FCI sobre la Primera Ley de Newton de los grupos experimentales y del grupo de control de la Escuela A y la Escuela B.

En los resultados para la ganancia g de las preguntas 6, 10, 19, 25 y 27 para los grupos experimentales de ambas instituciones (Tabla 2) (que estudian el dominio conceptual de la dimensión de la Primera Ley de Newton del FCI), sólo el 35% de los resultados de los estudiantes alcanzan el nivel medio $0.3 \leq g \leq 0.7$ de ganancia relativa de aprendizaje

conceptual en dichas preguntas, el 60% de ellos se situó en un nivel del factor g bajo y en un 5% obtuvo una ganancia g nula. La comprensión de la Primera Ley de Newton es muy limitada. En los grupos experimentales el promedio obtenido es ligeramente mayor que en los grupos de control, pero el resultado no suficiente para mostrar una comprensión de las causas del movimiento con velocidad constante (con o sin el efecto de una fuerza) y de la superposición de fuerzas. En esta dimensión, para los grupos de control (de ambas escuelas) el resultado para el factor g es bajo en un 70%, en un 10% es nulo y sólo el 20% logró una ganancia media $0.3 \leq g \leq 0.7$.

En las preguntas 6 y 19 las respuestas en los grupos experimentales fueron más acertadas, estos obtuvieron resultados más altos que los grupos de control, excepto el grupo experimental 2 de la Escuela A, dicho grupo tiene una ganancia menor que la del grupo de control de dicha institución. Sólo el 47% de los 36 estudiantes que integraban el grupo experimental 2 de la Escuela A eligieron como respuesta el inciso B en la pregunta 6 y el 34% el inciso E en la pregunta 19 (B y E son los incisos con las repuestas correctas para estas preguntas); esto significa que sólo el 47% de los estudiantes logra identificar el camino que seguirá una bola en movimiento a lo largo de un segmento circular sin fricción. Mientras que en la pregunta 19 es poco identificado el momento en que los dos bloques alcanzan misma la velocidad al desplazarse hacia la derecha (esquema en la pregunta 19) ya que sólo el 34% contestó de manera acertada.

En la pregunta 10 se obtuvieron los valores más altos del factor g en los grupos experimentales, pensamos que la razón es que en una de las secuencias ABP desarrolladas en los grupos experimentales se analizó el fenómeno de la fricción, por lo tanto la efectividad de la estrategia utilizada en las secuencias se observa en resultados más altos en los grupos experimentales que en los grupos de control.

En la pregunta 25, los grupos de control de ambas instituciones obtuvieron un resultado superior al de los grupos experimentales en la ganancia relativa de aprendizaje conceptual 0.34 en la Escuela A y en 0.30 en la Escuela B. Sin embargo, en las otras preguntas de la misma dimensión sus resultados son bajos, esto indica que los estudiantes tienen una limitada comprensión sobre las fuerzas que actúan al empujar un objeto sobre una superficie horizontal a velocidad constante. Los resultados bajos en los grupos

experimentales se debe a que en el desarrollo de las secuencias didáctica ABP se analizó de manera indirecta el concepto de velocidad y en los grupos de control no se analizó, por lo que pensamos que sus resultados fueron fortuitos.

En la pregunta 27, sólo en la Escuela A los grupos experimentales tienen mejores resultados que el grupo de control, en la Escuela B sólo el resultado del grupo experimental 1 es más alto que en el grupo de control y el grupo experimental 2 fue 1 décima menor. Estos resultados se deben a que en las respuestas del grupo experimental 2 de la Escuela B el 42% eligió la respuesta del inciso A y sólo un 25% el inciso C, es decir, ellos piensan que un cuerpo se mueve sólo si se le aplica una fuerza. La respuesta del inciso A indica que cuando un cuerpo que se mueve a velocidad constante (por la aplicación de una fuerza) se detendrá inmediatamente, no consideran el principio de la inercia. Es importante señalar que en las sesiones de desarrollo de las secuencias ABP en los grupos experimentales, los estudiantes de los grupos no refirieron ningún comentario sobre el término inercia en sus predicciones, resultados y conclusiones.

En las sesiones de los grupos de control, con la instrucción tradicional, los estudiantes también creen que el movimiento es el resultado de la aplicación de una fuerza y no consideran el efecto de la inercia en el movimiento de los cuerpos, dado que hacer el análisis del desarrollo de la clase encontramos que difícilmente podían citar ejemplos en los que se manifestara la inercia.

6.1.2 Dimensión de la Tercera Ley de Newton

En la dimensión de la Tercera Ley de Newton estudiamos las preguntas:

4. Un camión grande choca frontalmente con un pequeño automóvil. Durante la colisión:

- A) La intensidad de la fuerza que el camión ejerce sobre el automóvil es mayor que la fuerza que el auto ejerce sobre el camión.
- B) La intensidad de la fuerza que el automóvil ejerce sobre el camión es mayor que la de la fuerza que el camión ejerce sobre el auto.

- C) Ninguno ejerce una fuerza sobre otro, al auto es aplastado simplemente porque se interpone en el camino del camión.
- D) El camión ejerce una fuerza sobre el automóvil pero el auto no ejerce ninguna fuerza sobre el camión.
- E) El camión ejerce una fuerza de la misma intensidad sobre el auto que la que el auto ejerce sobre el camión.**

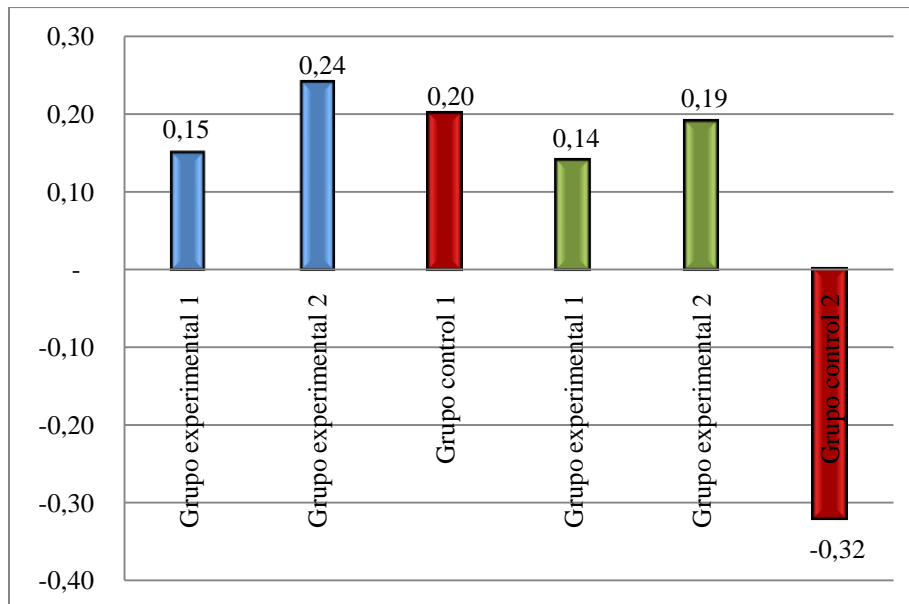


Figura 23. Resultados de ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) obtenida en la pregunta 4 en la aplicación del FCI en el estudio.

Use la descripción y la figura adjunta para contestar las dos preguntas siguientes (15 a 16).

Un camión grande se avería en la carretera y un pequeño automóvil lo empuja de regreso a la ciudad tal como se muestra en la figura adjunta.



15. Mientras el automóvil que empuja al camión acelera para alcanzar la velocidad de marcha :
- A) **La intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es igual a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.**
 - B) La intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es menor a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
 - C) La intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es mayor a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
 - D) Dado que el motor del automóvil está en marcha, éste puede empujar al camión, pero el motor del camión no está funcionando, de modo que el camión no puede empujar al auto. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.
 - E) Ni el camión ni el automóvil ejercen fuerza alguna sobre el otro. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.

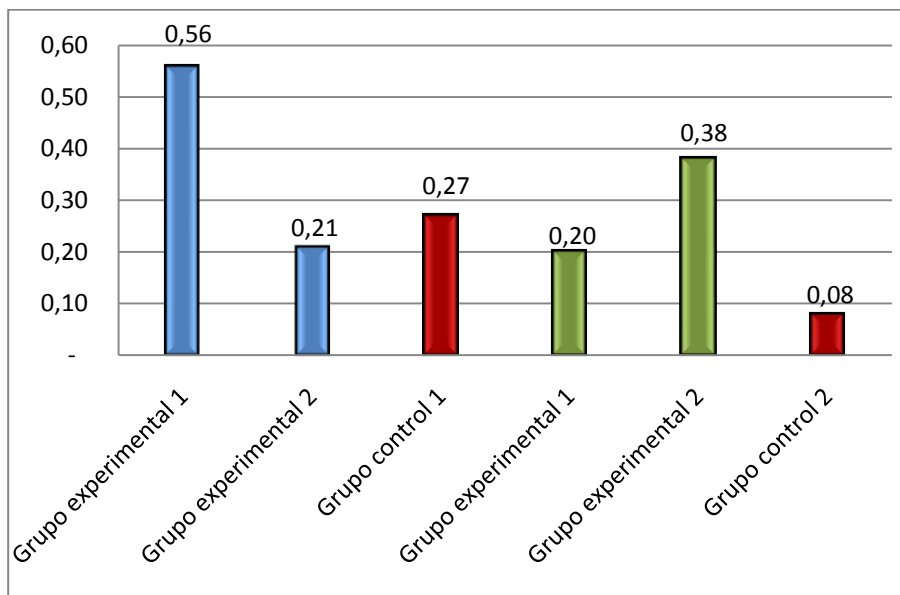


Figura 24. Resultados de ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) obtenida en la pregunta 15 en la aplicación del FCI en el estudio.

16. Después de que el automóvil alcanza la velocidad constante de marcha a la que el conductor quiere empujar el camión:

- A) **La intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es igual a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.**
- B) La intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es menor a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- C) La intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es mayor a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- D) Dado que el motor del automóvil está en marcha, éste puede empujar al camión, pero el motor del camión no está funcionando, de modo que el camión no puede empujar al auto. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.
- E) Ni el camión ni el automóvil ejercen fuerza alguna sobre el otro. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.

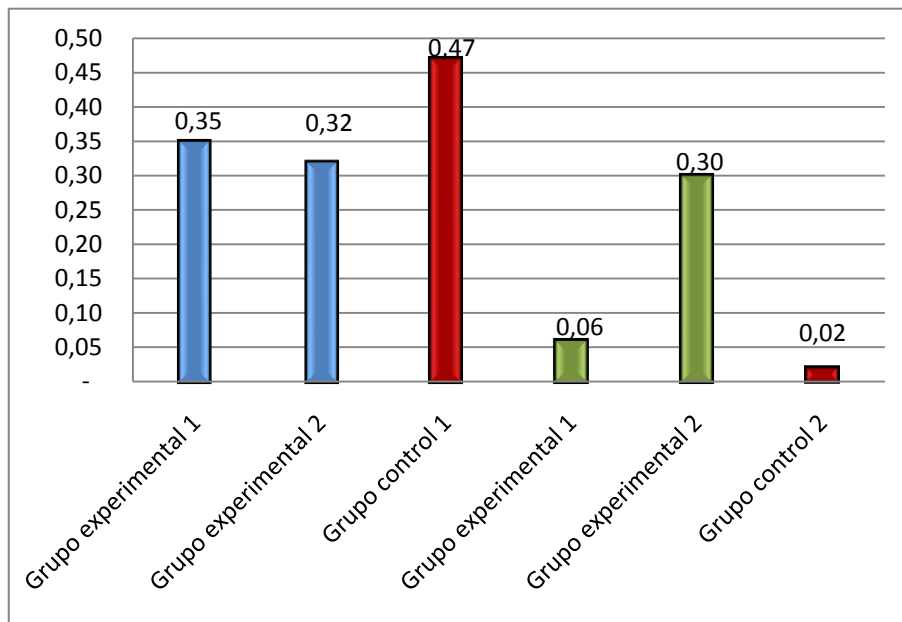
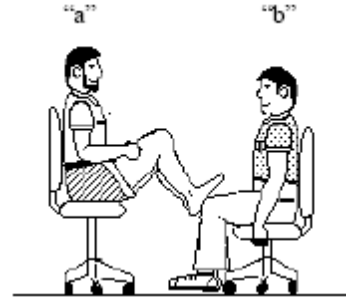


Figura 25. Resultados de ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) obtenida en la pregunta 16 en la aplicación del FCI en el estudio.

28. En la figura adjunta, el estudiante “a” tiene una masa de 95kg y el estudiante “b” tiene una masa de 77kg. Ambos se sientan en idénticas sillas de oficina cara a cara.

El estudiante “a” coloca sus pies descalzos sobre las rodillas del estudiante “b”, tal como se muestra. En seguida el estudiante "a" empuja súbitamente con sus pies al estudiante “b” hacia adelante, haciendo que ambas sillas se muevan.



Durante el empuje, mientras los estudiantes están aún en contacto:

- A) Ninguno de los estudiantes ejerce una fuerza sobre el otro.
- B) El estudiante “a” ejerce una fuerza sobre el otro, pero “b” ejerce una fuerza mayor sobre “a”.
- C) Ambos estudiantes ejercen una fuerza sobre el otro, pero “b” ejerce una fuerza mayor.
- D) Ambos estudiantes ejercen una fuerza sobre el otro, pero “a” ejerce una fuerza mayor.
- E) Ambos estudiantes ejercen la misma cantidad de fuerza sobre el otro.**

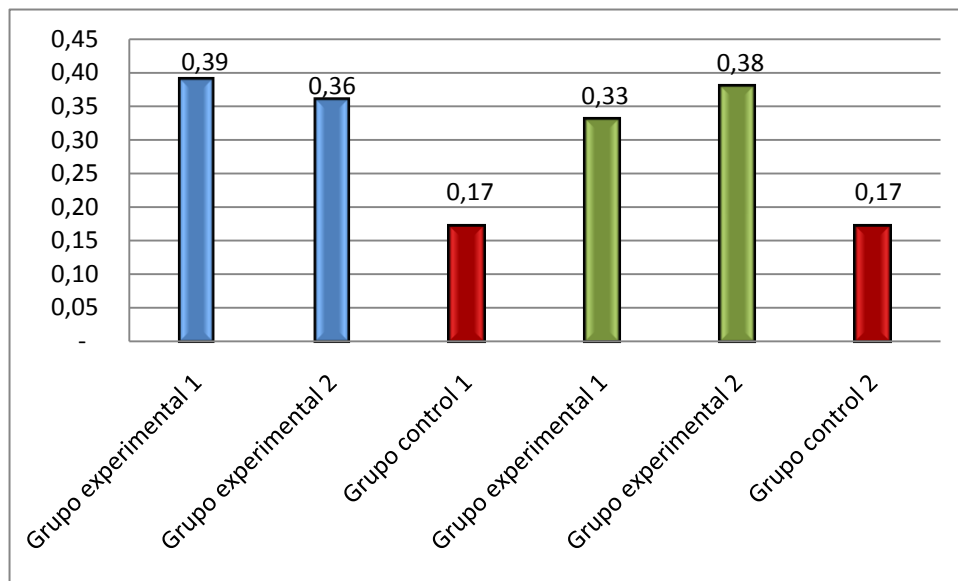


Figura 26. Resultados de ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) obtenida en la pregunta 28 en la aplicación del FCI en el estudio.

Pregunta	Factor g en el G. E. 1 de la Escuela A	Factor g en el G. E. 2 de la Escuela A	Factor g en el G. C. de la Escuela A	Factor g en el G. E. 1 de la Escuela B	Factor g en el G. E. 2 de la Escuela B	Factor g en el G. C. de la Escuela B
4	0.15	0.24	0.20	0.14	0.19	-0.32
15	0.56	0.21	0.27	0.20	0.38	0.08
16	0.35	0.32	0.47	0.06	0.30	0.02
28	0.39	0.36	0.17	0.33	0.38	0.17
Promedio	0.36	0.28	0.28	0.10	0.31	-0.01

Tabla 3. Comparación de los resultados de la ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) de la dimensión del FCI sobre la Tercera Ley de Newton de los grupos experimentales y del grupo de control de la Escuela A y la Escuela B.

Las preguntas 4, 15, 16 y 28 que corresponden a la dimensión de la Tercera Ley de Newton en el FCI y se analiza la comprensión que tienen los estudiantes respecto a la interacción de las dos fuerzas opuestas de acción y reacción. En los resultados se manifiesta una alta confusión, las preguntas refieren al mismo fenómeno y los resultados en las cuatro preguntas son variables, los datos se muestran en la Tabla 3.

Un alto porcentaje de los estudiantes sigue considerando que el cuerpo de mayor dimensión ejerce mayor fuerza. En la pregunta 4 del post-test los estudiantes de grupos experimentales de la Escuela A eligieron el inciso A, el 58%, el inciso B el 1%, el inciso C el 3%, el inciso D el 16% y sólo 21% el inciso E que era la respuesta correcta. En la Escuela B el 45% de los estudiantes de los grupos experimentales eligieron el inciso A, el 24% el inciso B, el 10% el inciso C, el 17% el inciso D y sólo 3% el inciso E que era la respuesta correcta, de ahí que la ganancia en ambas escuelas haya sido baja o nula. Las ganancias bajas en esta pregunta se deben a que los estudiantes consideran que la magnitud de la fuerza depende del peso, en los formatos de seguimiento de las secuencias didácticas ABP utilizadas (en las predicciones realizadas en la secuencia didáctica III) el 100% de los estudiantes manifiesta que el camión al tener mayor peso también ejerce mayor fuerza, ésta idea no cambió de manera significativa debido a que se análisis se enfocó en el efecto de la fricción.

En el grupo de control de la Escuela B la ganancia g en la pregunta 4 es negativa e impacta el promedio de g en esta dimensión. Los resultados en la ganancia relativa de aprendizaje conceptual de este grupo en la dimensión de la tercera ley de Newton son bajos en las cuatro preguntas consideradas (véase las Figuras 23-26). Regularmente los resultados en el post-test son más altos que en el pre-test. Una explicación que se puede derivar del análisis de este resultado y en particular de la ganancia negativa en la pregunta 4, es que los estudiantes al estudiar el tema de las leyes de Newton y resolver problemas (con la método tradicional) no hicieron el análisis de dichas leyes, sólo leen un texto, escriben en su libreta de notas y la solución de problemas de los libros de texto la realizan mecánicamente, esto es usan el método de sólo sustituir sus datos en la “fórmula indicada”. En este sentido, MacDermontt (2009) establece que *“la capacidad para resolver problemas depende no sólo en el aprendizaje de procedimientos, sino también sobre la capacidad para aprovechar los conocimientos auxiliares apropiados”*. Este resultado indica las dificultades que tienen muchos estudiantes en la comprensión de la tercera Ley de Newton y sin duda este resultado debe motivar un análisis más profundo de estas dificultades.

También es conveniente expresar que al revisar, la videograbación de las sesiones con el grupo de control de la Escuela B, los estudiantes se muestran más pasivos que el grupo de control de la Escuela A y que los grupos experimentales de ambas instituciones. Pensamos que esta es otra razón por la cual los resultados son más bajos para este grupo de control en las 10 preguntas de análisis en este trabajo (véase figura 15). Además de que el grupo de control de la Escuela B en las sesiones de estudio sobre la tercera Ley de Newton se mostró muy indiferente a las actividades programadas en la clase.

En la pregunta 15 un alto porcentaje de los estudiantes respondieron que la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión mientras acelera para alcanzar la velocidad de marcha es mayor a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto. En los grupos experimentales de la Escuela A sólo el 20% de los estudiantes eligió el inciso A (respuesta correcta), el 14% eligió el inciso B (que indica que automóvil aplica menos fuerza al camión), el 25% marcó el inciso C como respuesta (creen que el automóvil ejerce mayor fuerza sobre el camión), el 38% tomó como respuesta el inciso D (indicando que el automóvil mueve al camión sólo por estar en su camino y tener en funcionamiento su

motor) y el inciso E (no se ejerce fuerza alguna entre los cuerpos, sólo se empuja el camión por estar en el camino del automóvil) fue elegido por el 3% de los alumnos. En los grupos experimentales de la Escuela B el inciso A fue seleccionado por un 13% de los estudiantes (respuesta correcta), un 47% eligió el inciso C, el inciso B por un 13% y el mismo valor porcentual en el inciso D y E. Los resultados manifiestan que los estudiantes siguen pensando que: el automóvil ejerce mayor fuerza sobre el camión mientras lo empuja y acelera para alcanzar la velocidad de marcha y moverse (inciso C), la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es menor que la fuerza que el camión aplica sobre el auto (inciso B), y que el camión es empujado solo por estar en el camino del automóvil (inciso D y E).

En la pregunta 16, tres de los grupos experimentales tuvieron un ganancia relativa de aprendizaje conceptual media, dato que indicaría que identifican que dos cuerpos en contacto ejercen la misma fuerza uno sobre otro (independientemente de su dimensión y masa); pero en los resultados en las otras preguntas (4, 15 y 28) de la misma dimensión los resultados son bajos, por lo que no tienen un dominio conceptual de dicho aspecto.

Uno de los grupos de control logra un resultado superior a la de los grupos experimentales ($g = 0.47$, pregunta 16, en la Escuela A), con este dato pareciera indicarse cierta comprensión de la Tercera Ley de Newton. Sin embargo, las respuestas en las preguntas 4, 15 y 28 que refieren al mismo aspecto físico, no hay aciertos suficientes para igualar o aproximarse al resultado de la ganancia g de dicha pregunta. De dicho grupo ninguno de los alumnos tuvo respuestas correctas en cuatro o tres de las preguntas, y sólo el 6% obtuvieron dos respuestas correctas. Al no tener resultados similares, se deduce que contestaron sin una comprensión real del tema de las preguntas y de manera fortuita resultó acertada la respuesta, de lo contrario en las otras preguntas encontraríamos mejores resultados.

Para la pregunta 28, el resultado es positivo y favorable, en la ganancia relativa de aprendizaje conceptual en los grupos experimentales se muestra cierta comprensión de la Tercera Ley de Newton con cuerpos cuyas dimensiones son similares. La ganancia lograda está en el rango de ganancia media $0.3 \leq g \leq 0.7$, los estudiantes relacionaron que al jalar o empujar un objeto se ejerce la misma fuerza independientemente de su masa si estas son del mismo orden de magnitud (conclusión establecida en el desarrollo de la secuencia ABP II para cuerpos de masa similar). La situación que se plantea en la pregunta 28 es que dos

sujetos sentados en sillas de oficina con ruedas se empujan, uno de los sujetos tiene mayor masa que el otro (pero similares). En la pregunta, los estudiantes reflexionaron sobre el efecto de la aplicación de una fuerza de un cuerpo sobre el otro y concluyeron que la fuerza que se ejerce al empujar un cuerpo es la misma fuerza que éste opone y por lo tanto es el mismo efecto en el otro cuerpo.

6.1.3 Dimensión sobre los Tipos de fuerza

En la dimensión sobre los Tipos de fuerza estudiamos las preguntas:

11. A lo largo del camino sin fricción que usted ha elegido en la pregunta 8 (Anexo 3), la(s) principales fuerza(s) que actúa(n) sobre el disco después de recibir el golpe es (son):

- A) Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
- B) Una fuerza hacía abajo debida a la gravedad y una fuerza horizontal en la dirección del movimiento.
- C) Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad, una fuerza hacia arriba ejercida por la superficie y una fuerza horizontal en la dirección del movimiento.
- D) Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad y una fuerza hacia arriba ejercida por la superficie.**
- E) Ninguna. (No actúa ninguna fuerza sobre el disco).

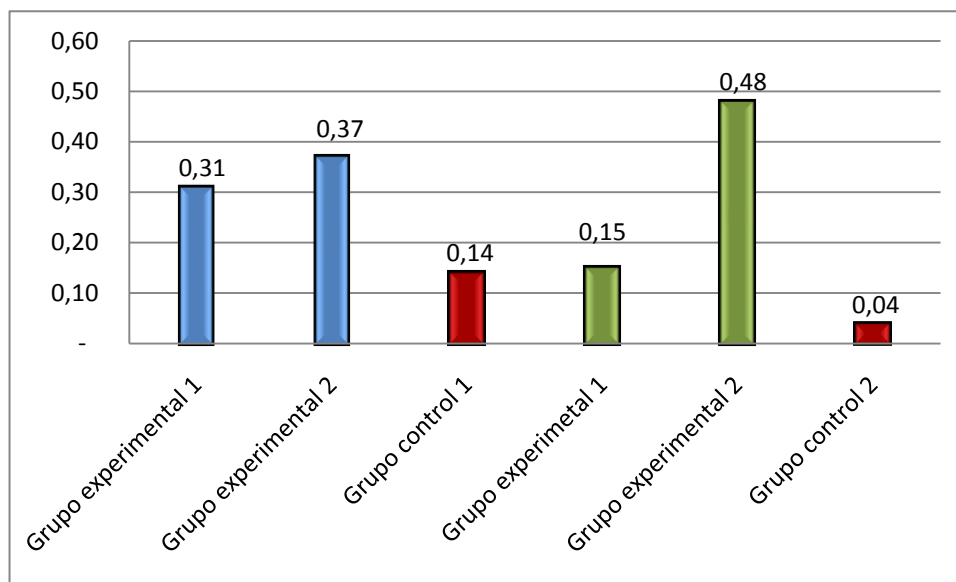


Figura 27. Resultados de ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) obtenida en la pregunta 11 en la aplicación del FCI en el estudio.

* La pregunta 27 que se incluye en esta dimensión también se muestra en la dimensión sobre la Primera Ley de Newton.

Pregunta	Factor g en el G. E. 1 de la Escuela A	Factor g en el G. E. 2 de la Escuela A	Factor g en el G. C. de la Escuela A	Factor g en el G. E. 1 de la Escuela B	Factor g en el G. E. 2 de la Escuela B	Factor g en el G. C. de la Escuela B
11	0.31	0.37	0.14	0.15	0.48	0.04
27	0.13	0.24	0.06	0.35	0.09	0.21
Promedio	0.22	0.31	0.10	0.25	0.29	0.13

Tabla 4. Comparación de los resultados de la ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) de la dimensión del FCI sobre Tipos de fuerza de los grupos experimentales y del grupo de control de la Escuela A y la Escuela B.

Las preguntas 11 y 27 corresponden a la dimensión de los Tipos de fuerza, uno de los aspectos que se analizan en esta dimensión del FCI son las fuerzas que intervienen en los sólidos en contacto. Los resultados de las ganancias relativas de aprendizaje conceptual promedio en esta dimensión son más altos en los grupos experimentales que en los grupos

de control. En la pregunta 11 la ganancia g es de $0.3 \leq g \leq 0.7$ en las dos instituciones (excepto en el grupo experimental 1 de la Escuela B que obtuvo una ganancia $g=0.15$). En la pregunta 27 la ganancia g en los grupos experimentales de la Escuela A es ≤ 0.3 y en la Escuela B el grupo experimental 1 logró obtener una ganancia g de 0.35 mientras que el grupo experimental 2 de la misma institución obtuvo una ganancia g de 0.09 (este resultado es menor, incluso, que el del grupo de control de dicha institución).

En la pregunta 11, el concepto de fricción está explícito, particularmente los grupos experimentales tuvieron una mayor ganancia, el resultado sugiere que el desarrollo de las secuencias didácticas tipo ABP tuvo un efecto positivo en la comprensión de las fuerzas de contacto entre sólidos (fricción), ya que en una de ellas analizó este fenómeno en particular. En la pregunta 27 sólo uno de los cuatro grupos experimentales obtiene una ganancia media $0.3 \leq g \leq 0.7$, como ya se había mencionado, los estudiantes consideran que solo hay movimiento si se aplica una fuerza. En los grupos de control los resultados son muy bajos para ambas preguntas de esta dimensión, los estudiantes tienen dificultad en interpretar como se comportan los cuerpos después de la aplicación de una fuerza de manera constante, aun cuando identifican que al haber fricción la intensidad de la fuerza que se aplica sobre un cuerpo es la misma que se opone a su movimiento. En el pre-test el grupo de control de la Escuela A el 35% de los estudiantes contestó correctamente mientras que en post-test el 39% de ellos contestó la respuesta correcta. Así mismo en el pre-test, el grupo de control de la Escuela B el 39% de los estudiantes contestó correctamente y el 52% de ellos contestó la respuesta correcta en el post-test, dando como resultado una ganancia $g \leq 0.3$ (0.10 y 0.12, respectivamente).

6.1.4 Dimensión sobre el Principio de superposición de fuerzas

En la dimensión sobre el Principio de superposición de fuerzas estudiamos las preguntas:

* Las preguntas 11, 25, 27 y las gráficas correspondientes incluidas en esta dimensión se muestran en las dimensiones anteriores (11 en la de los Tipos de fuerza, 25 y 27 en la

dimensión sobre la Primera Ley de Newton). Por lo que sólo se presentan los resultados de la ganancia relativa de aprendizaje conceptual y análisis en las siguientes líneas.

Pregunta	Factor g en el G. E. 1 de la Escuela A	Factor g en el G. E. 2 de la Escuela A	Factor g en el G. C. de la Escuela A	Factor g en el G. E. 1 de la Escuela B	Factor g en el G. E. 2 de la Escuela B	Factor g en el G. C. de la Escuela B
11	0.31	0.37	0.14	0.15	0.48	0.04
25	0.11	0	0.34	0.12	0.23	0.30
27	0.13	0.24	0.06	0.35	0.09	0.21
Promedio	0.18	0.20	0.18	0.21	0.27	0.18

Tabla 5. Comparación de los resultados de la ganancia relativa de aprendizaje conceptual (g) de la dimensión del FCI sobre el Principio de superposición de fuerzas de los grupos experimentales y del grupo de control de la Escuela A y la Escuela B.

En la pregunta 11 también se evalúa también el conocimiento sobre el Principio de superposición de fuerzas. Los resultados de la ganancia g en los grupos experimentales en esta pregunta indica un dominio aceptable del principio físico. Sin embargo, los resultados en las preguntas 25 y 27 de esta misma dimensión, los estudiantes no logran aplicar el conocimiento sobre el efecto de la fricción (el concepto de fricción está implícito en la situación que se presenta en la pregunta 25 y 27) en la dinámica de los cuerpos al involucrar fuerzas de acción y de reacción.

Con respecto a la pregunta 27, los resultados de las ganancias relativas de aprendizaje conceptual en los grupos experimentales de la Escuela A son mejores que en el grupo de control (aunque la ganancia g no es muy alta, ésta es ≤ 0.3). En la Escuela B sólo el grupo experimental 1 obtuvo una ganancia en el rango $0.3 \leq g \leq 0.7$, el resultado más bajo en esta institución fue del grupo experimental 2. Considerando los resultados de ambas instituciones, pensamos que el principio de superposición de fuerzas es poco identificado por los estudiantes así como su efecto en la dinámica de los cuerpos, esto se debe a que los estudiantes tienden a comprender sólo lo que observan de manera objetiva y no los aspectos que requieren reflexión y análisis profundo (Savinainen, 2004).

En los grupos de control la ganancia g fue más alta en la pregunta 25 que en los grupos experimentales, en ambas instituciones (diferente a las preguntas 11 y 27). Una de las razones de éste resultado de esta pregunta es que el grupo de control de la Escuela A tuvo mucho interés en estudiar las aplicaciones de la fricción en la vida real y se realizó un análisis detallado del fenómeno físico, mientras que en el grupo de control de la Escuela B de forma espontánea los estudiantes diseñaron actividades prácticas para estudiar este fenómeno.

7. Conclusiones

En este capítulo se presentan las conclusiones de la investigación desarrollada en la aplicación de secuencias didácticas ABP en la enseñanza de la mecánica Newtoniana en el nivel preuniversitario. Como objetivo se planteo *“aplicar la estrategia didáctica del ABP a la enseñanza de los temas de la de mecánica Newtoniana: los principios de la Dinámica y las Leyes de Newton. Esto con el fin de obtener resultados de su factibilidad y eficiencia en el logro de aprendizajes significativos de los estudiantes.”*. Con esta idea se analizó la resolución de problemas en la enseñanza de la Física, la estrategia didáctica del ABP, los test de evaluación en la didáctica de Física y se desarrollo un estudio sobre el ABP en la enseñanza de los temas mecánica Newtoniana en el nivel preuniversitario. El proceso fue guiado por las preguntas de investigación e hipótesis (véase el Capítulo 1).

Con el proceso de investigación sobre los temas indicados, la instrumentación de las secuencias didácticas ABP en la enseñanza de la de mecánica Newtoniana en la Escuela A y Escuela B, se puede establecer lo siguiente:

- Fue posible aplicar la estrategia didáctica del ABP en la enseñanza de la mecánica Newtoniana en la Escuela A y la Escuela B a través de secuencias didáctica con problemas tipo ABP. Se diseñaron tres secuencias didácticas a partir de problemas contextualizados en la vida del estudiante. Para su elaboración se consideraron las características de la estrategia didáctica del ABP y temas del curso de Física I: los principios de la Dinámica y Leyes de Newton.

Con su instrumentación en el aula es posible obtener un mejor aprendizaje conceptual de los temas estudiados de mecánica Newtoniana, en la Figura 13 del Capítulo 5 se muestra que los grupos experimentales de Escuela A y la Escuela B tuvieron una mejor ganancia relativa de aprendizaje conceptual. El promedio en los grupos experimentales de la Escuela A fue de 0.19 y en la Escuela B fue de 0.18, mientras que en los grupos de control de la Escuela A fue de 0.1 y el de la Escuela B 0.16.

- El desarrollo de la estrategia del ABP con las secuencias didácticas diseñadas se adaptó al curso de Física I en las Escuelas A y B. El proceso desarrollado correspondió al propósito del programa del curso de Física I del Bachillerato General del Estado de México y permitió el logro de aprendizajes significativos en los temas estudiados de mecánica Newtoniana.

Al trabajar las sesiones del curso de Física con las secuencias didácticas tipo ABP se logró que los estudiantes analizaran de manera crítica la situación problemática en las sesiones regulares del curso, investigaran la información necesaria para resolver el problema y establecieran sus resultados con fundamento en la mecánica Newtoniana. Una expresión de los alumnos al respecto fue *“al resolver los problemas así también hace que tengamos mejor calificación en la evaluación”*.

- El ABP es eficiente en el aprendizaje significativo en los temas de la mecánica Newtoniana para los cuales diseñamos las secuencias didácticas no sólo en el aprendizaje del conocimiento conceptual y procedimental necesario en la solución del problema, también se favorece la formación de actitudes positivas al aprendizaje de la ciencia. En este sentido notamos que los estudiantes de los grupos experimentales expresan que se aprende más con la estrategia didáctica propuesta (ABP) porque: *“se comparten ideas y conocimientos para resolver un problema”*, *“todos participábamos y colaboramos para dar soluciones”*, etc.

El ABP además de favorecer el aprendizaje significativo también apoya el desarrollo de la metacognición, aspecto clave en el aprendizaje significativo (al entender el proceso de aprendizaje). En el formato de seguimiento de la secuencia ABP al contestar la pregunta ¿cuál es la clave de la diferencia entre las predicciones y las conclusiones?, los alumnos escribieron frases como: *“en las predicciones usamos el conocimiento empírico, producto de nuestras observaciones”* *“en las conclusiones nos basamos en teorías y fórmulas,”* *“resolvimos el problema usando información precisa”*, *“al hacer las conclusiones nos damos cuenta de que el proceso nos ayuda a tener información de los temas”*, *“no quedarnos con lo que observamos y sin calcular y comprobar lo que imaginamos al inicio”*.

Otros comentarios, que revelan este hecho son los siguientes: *“en las predicciones doy una respuesta usando la lógica y lo que conozco”, “después de resolver el problema ya he comprobado lo que me imagina”, “al final del proceso, me doy cuenta de que estaba en un error” y “estábamos equivocados porque nos fuimos por una sola respuesta sin tomar en cuenta otras variables”, “que debemos comprobar, observar, analizar y sacar conclusiones para el problema y posteriormente obtener resultados por medio de datos y fórmulas”*.

Las respuestas de la encuesta realizada a los estudiantes al final de la instrumentación de las secuencias didácticas de los temas de estudio coinciden con estas ideas. Entre lo que escribieron en la pregunta 6. ¿Con qué forma de ver el curso crees que aprendiste más, con la tradicional o con la nueva? ¿Con cuál crees que entiendes mejor el curso? ¿Por qué? Encontramos como ejemplos las siguientes expresiones: *“con la nueva, se tenían que estudiar la ideas para resolver el problema”, “con la nueva, hay más dinámica y todos participan”, “la nueva, buscamos estrategias de solución solos y no esperamos a que los demás lo hagan”, “la nueva, así entendemos más rápido y es más divertida la clase porque participamos todos”*. Esto quiere decir que el ABP, como metodología didáctica en el aprendizaje de la ciencia, va más allá del método tradicional que aun predomina en la enseñanza de las ciencias en el bachillerato.

- Los estudiantes consideran que la nueva metodología, ABP, introducida en el curso de Física permite el aprendizaje y comprensión de los temas de Física estudiados en las secuencia didácticas, el 78% expresa que aceptaría que el curso completo de Física se desarrollara con dicha propuesta.

En la pregunta 5 ¿Te gustaría que todo el curso de física te lo enseñaran usando la nueva estrategia didáctica? ¿Por qué? Encontramos respuestas como las siguientes: *“si, hay un mejor entendimiento”, “es más fácil aprender”, “se aprende mejor”, “es divertido”, “se obtiene un mejor desempeño”, “permite el razonamiento”, “es interesante”, “es más dinámica y divertida”, “es posible compartir ideas y conocimientos”, “hay un análisis profundo del tema”*.

- Otro aspecto que es importante resaltar es que durante el análisis e interpretación de los resultados, del pre-test y post-test del FCI, se deben estudiar los datos adecuados. Esto es, instrumentar un proceso acorde al objetivo de estudio, el desarrollo del estudio y los resultados obtenidos como producto. En el caso de esta investigación fue necesario utilizar juntos el FCI y el factor de ganancia relativa conceptual g para determinar la efectividad de las secuencias basadas en la estrategia ABP instrumentada en los grupos experimentales.

El FCI considera el porcentaje de aciertos obtenidos en el cuestionario, y establece tres fases que representan las etapas conceptuales respecto al conocimiento y comprensión del concepto de fuerza en la mecánica Newtoniana. En este trabajo el resultado se situó en la Fase I (<60%), pero creemos que éste es un problema de raíces profundas y no podíamos esperar que nuestro trabajo y propuesta pudiera superar ~~este obstáculo~~ esta situación.

El FCI como instrumento de evaluación en la enseñanza de la Física permite conocer el grado de eficiencia de las estrategias de enseñanza, sólo si el programa de instrucción se aplica durante un curso completo de mecánica. Debemos resaltar que debido a que solamente implementamos la estrategia durante una fracción del curso (tres semanas -cinco sesiones por secuencia-, que representa aproximadamente el 20% de todo el curso) nos enfrentamos al hecho que con el análisis obtenido al analizar el FCI completo, nuestros resultados no mostraban una clara diferencia entre los grupos experimentales y los de control. Por lo que no era posible diferenciar claramente el grado de efectividad de la instrumentación de las secuencias didácticas ABP con respecto a la enseñanza tradicional para los temas estudiados de la mecánica Newtoniana.

Esto nos obligó a hacer un estudio de solamente 10 preguntas que tienen relación directa con nuestras secuencias ABP. Para esta selección de preguntas fue más clara la diferencia entre los grupos experimentales y de control (véase el análisis del Capítulo 6). Como moraleja, de esta situación, advertimos la necesidad de usar la herramienta adecuada para evaluar los resultados que se obtienen de una investigación educativa. En nuestro fue necesario emplear solamente una parte del FCI y no el FCI completo, (aunque aplicamos a los estudiantes el FCI completo).

6.1 Consideraciones generales sobre la instrumentación de las secuencias didácticas ABP.

Algunos de los aspectos sobre la aplicación del ABP en la enseñanza de la mecánica Newtoniana en el nivel preuniversitario son los siguientes:

- Los estudiantes del nivel preuniversitario se muestran motivados para el aprendizaje de las ciencias con la estrategia ABP ya que la misma favorece su interacción y participación activa.
- Los estudiantes tienen preferencia por esta estrategia didáctica. La propuesta de las secuencias ABP fueron interesantes para ellos tanto en el proceso de análisis y solución de problemas, así como en el proceso de aprendizaje de la mecánica Newtoniana.
- El proceso desarrollado de las secuencias didácticas con problemas tipo ABP permite la reflexión de los estudiantes sobre los fenómenos físicos, orienta la investigación de los temas implícitos y la solución de problemas de Física.
- Los problemas tipo ABP generan el análisis de los diversos factores involucrados, y les permite comprender mejor la física que lo explica, así como la necesidad de experimentar y/o probar sus predicciones, mismas que fueron establecidas al hacer la primera lectura del problema.
- Con el desarrollo de las secuencias didácticas ABP en la enseñanza de la mecánica fue posible analizar las temáticas del programa del curso de Física del bachillerato y posibilitó estudiar otros temas de Física relacionados con la situación problemática planteada. Por ejemplo, con la secuencia didáctica 1 (Anexo 1) se estudió los principios de la Dinámica (conceptos de masa, peso, inercia y fuerza) y también nos permitió el análisis del tema de trabajo y energía, así como el de máquinas simples.
- Una de las limitaciones del desarrollo de las secuencias didácticas ABP para la enseñanza de temas de mecánica Newtoniana en el nivel preuniversitario es la falta de interés de algunos estudiantes en el trabajo en equipo.

- Otra limitación es la resistencia a romper con la dinámica tradicional que exige el uso de un procedimiento estándar en la solución de los problemas de Física.
- El docente requiere tener conocimiento del proceso de la estrategia y dominio de la disciplina para estar en condiciones de orientar permanentemente el análisis de los problemas tipo ABP y desarrollar las secuencias didácticas.
- El desarrollo de las secuencias didácticas ABP para la enseñanza de temas de mecánica Newtoniana en el nivel preuniversitario fomenta la participación activa de los estudiantes. En la Escuela B los estudiantes sugirieron hacer una prueba experimental para estudiar el problema de la secuencia didáctica 2, se utilizó una carretilla, un bulto de cemento (que pesa 50kg) e implementaron una rampa con tablas.

6.1.1 Algunas recomendaciones a los docentes de bachillerato sobre la instrumentación del ABP.

Al implementarse el ABP en un curso de Física, se recomienda tener en cuenta:

- * El contexto socioeducativo.
- * El propósito del curso en el que se instrumenta la estrategia.
- * La secuencia didáctica para el logro de aprendizajes significativos de los temas de estudio.
- * El trabajo colaborativo en las actividades de aprendizaje.
- * Estructurar equipos de trabajo de manera aleatoria y reestructurarlos al iniciar el análisis de un problema nuevo.
- * En el desarrollo de la secuencia diseñar actividades para promover la autogestión del conocimiento en los estudiantes.
- * En la instrumentación de las secuencias didácticas ABP por primera vez se requiere dar a conocer al grupo la forma de trabajar que se propone, es decir se debe describir que se esperan que hagan en cada una de las actividades realizar, para que

el desarrollo de las secuencias didácticas subsecuentes sea más dinámico y con mejores resultados.

- * El docente debe orientar y guiar el análisis de las situaciones problemáticas planteadas durante todo el desarrollo de las secuencias didácticas.
- * La evaluación del aprendizaje y la efectividad del proceso desarrollado deberá realizarse con instrumentos que permitan hacer una retroalimentación.

Como experiencia de la instrumentación del ABP en la enseñanza de la Física en el bachillerato, considero que es buena estrategia para lograr el aprendizaje de las ciencias si las actividades didácticas ABP se enfocan en motivar el análisis por parte de los estudiantes de la Física involucrada, si se desarrolla una actitud positiva de aprendizaje de la ciencia en la medida que se mantiene el interés en el análisis del problema planteado, si pueden generarse actividades experimentales espontáneamente (propuestas por los estudiantes) para observar y estudiar mejor el problema. Sin embargo, también es importante mencionar que si no se da seguimiento y orientación permanente es posible que no se resuelva el problema, se disperse la atención y no haya resultados satisfactorios del proceso.

Finalmente, tomando en cuenta las conclusiones del estudio, las consideraciones sobre la instrumentación del ABP y las recomendaciones expuestas en este capítulo, creemos que utilizando secuencias de aprendizaje similares a las aquí presentadas, el ABP es una estrategia que puede usarse en la enseñanza del curso completo de Física I del bachillerato. El proceso que se desarrolla en el salón de clases hace posible el logro de aprendizaje significativo de la Física y también el desarrollo de habilidades útiles para la solución de problemas.

Bibliografía

Ausubel, D. Novak, y Henessian. (2006). *Psicología educativa* (10ª Ed.). México. Trillas.

Aznar, E., Lahoz, C., Montañés, A., Porta, L. y Seguí, R. (2009). *Aplicación del aprendizaje basado en problemas a la enseñanza de la teoría de circuitos*. Consultado el 26 de julio de 2009, de http://www.unizar.es/eees/innovacion06/COMUNIC_PUBLI/BLOQUE_I

Bao, L. & Redish, E. (2001). *Concentration Analysis: A quantitative assessment of student states*. American Journal of Physics Supplement, 69, S45-S53.

Benegas, J. (2007). *Tutoriales par Física Introductoria: Una experiencia exitosa de Aprendizaje de la Física*. Latin American Journal of Physics Education, 1 (1), 32-38.

Buteler, L., Gangoso, Z., Brincones, I. y González, M. (2001). *La resolución de problemas en Física y su representación: Un estudio en la escuela media*. Enseñanza de las ciencias, 19 (2), 285-295.

Campanairo, J.M. y Moya, A. (1999) *¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas*. Enseñanza de las ciencias, 17(2), 179-192.

Carcavilla, A. y Escudero, T. (2004). *Los conceptos en la resolución de problemas de física «bien estructurados»: aspectos identificativos y aspectos formales*. Enseñanza de las ciencias, 22 (2), 213-228.

Castillo, S. y Cabrerizo, J. (2003). *Evaluación de programas de intervención socioeducativa*. Pearson Educación. Madrid.

Cohen, R. A. (2007, April 23). *Measuring the Effect of Formative Assessment Techniques in Physics at East Stroudsburg University*. Consultado el 3 de Agosto de 2009, de <http://www.esu.edu/~bbq/cetp/cetp07.pdf>

Colleta, V. P. and Phillips, J.A. (2007). *Interpreting force inventory scores: Normalized gain and SAT scores*. *Physical Review Special Topics – Physics education research*, 3, 010106(5).

Crouch, C. and Mazur, E. (2001) *Peer Instruction: Ten years of experience and result*. *American Journal of Physics*, 69 (9). 970-977.

Cummings, K. and Marx, J. (1999). *Evaluating Innovation in studio physics*. *American Journal Physics American Journal of Physics*, Supplement 67(7), S38-S44.

Díaz, F. y Hernández G. (2003). *Estrategias para un aprendizaje significativo* (2ª Ed.). México. McGraw-Hill.

EPOEM, (2009). *Programa de la materia de Física I*. Departamento del Bachillerato General del Estado de México.

Fávero, M. E. y Gomes C. M. (2008) *Una resolución de problemas de Física: examen de la investigación, metodología de análisis y propuesta*. Consultado el 17 de octubre de 2008, de http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol6/n2/v6_n2_a3.htm

Gangoso, Z., Truyol, M. E., Brincones, I. & Gattoni, A. (2008). *Resolución de problemas, comprensión, modelización y desempeño: un caso con estudiantes de ingeniería*. *Latin American Journal of Physics Education*, 2 (3), 233-240.

Hake, R. R. (1998). *Interactive-engagement versus tradicional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*. *American Journal of Physics*, 66 (1). 64-74.

Halloun, I. and Hestenes, D. (1985). *Common sense concepts about motion*. American Journal of Physics, 53 (11). 1056-1065.

Halloun, I. and Hestenes, D. (1985). *The initial knowledge state of college physics students*. American Journal of Physics, 53(11), 1043-1055.

Heller, P. and Huffman D. (1995). *Interpreting the Force Concept Inventory*. The Physics Teacher, 33, 503-511.

Henderson, C. (2002). *Common Concerns About the Force Concept Inventory*. The Physics Teacher, 40. 542-547.

Hestenes, D. and Halloun, I. (1995). *Interpreting the Force Concept Inventory: A Response to March 1995 Critique by Huffman and Heller*. The Physics Teacher, 33, 502, 504-506.

Hestenes, D. and Wells M. (1995). *A Mechanics Baseline Test*. The Physics Teacher, 30, 159-166.

Hestenes, D., Wells M. and Swackhamer, G. (1992). *Force Concept Inventory*. The Physics Teacher, 30, 141-158.

Hoellwarth, C., Moelter, M. J. and Knigh, D. (2005). *A direct comparison of conceptual learning and problem solving ability in traditional and studio style classrooms*. American Journal of Physics, 73 (5), 459-462.

Huber G. L. (2008). *Aprendizaje activo y metodologías educativas*. Revista de Educación, Número Extraordinario, 59-81.

Huffman, D. and Heller, P. (1995). *What Does the Force Concept Inventory Actually Measure?* The Physics Teacher, 33, 138-143.

ITSEM, (2008). *El aprendizaje basado en problemas como técnica didáctica*. Consultado el 4 de Junio de 2008, de <http://www.ub.es/mercanti/abp.pdf>

Jian, Wu. (2004). *Improvement of Physics teaching with problem based learning*. The China Papers, 1-4.

Lingefjärd, T. (2009). *The Force Concept Inventory survey and complementary questions*. Consultado el 19 de Junio de 2009, de <http://www.esu.edu/~bbq/cetp/cetp07.pdf>

Maloney, D. P. (1984). *Rule-governed approaches to physics-Newton's third law*. Physics Education, 19, 37-42.

Mazur, E. (1997). *Peer instruction. Prentice Hall. A User's Manual*. Prentice Hall.

McDermont, L. C. (2009). *Concepciones de los alumnos y Resolución de problemas en mecánica*. Consultado el 8 de septiembre de 2009, de http://icar.univ-lyon2.fr/gric3/ressources/ICPE/espanol/PartC/C1_chap_p1-11.pdf

Mora, C. y Herrera, D. (2009). *Una revisión sobre las ideas previas del concepto de fuerza* Latin American Journal of Physics Education, 3 (1), 72-86.

Morales, P. y Landa, V. (2004). *Aprendizaje basado en problemas*. Theoria, 13, 145-157.

Pino, M.G. & Ramírez, I. (2009). *Estrategia que favorece la comprensión de problemas y la planificación de su resolución, durante la enseñanza de la Física*. Latin American Journal of Physics Education, 3 (1), 55-61.

Pozo, J. I. (1989). *Teorías Cognitivas del aprendizaje*. Madrid, España: Morata.

Raine, D. and Symons S. (2005). *A Physical Sciences Practice Guide. The Higher Education Academy Physical Sciences Centre*. Consultado el 27 de Mayo de 2009, de http://www.heacademy.ac.uk/assets/ps/documents/practice_guides/ps0080_possibilities_pr oblem_based_learning_in_physics_and_astronomy_mar_2005.pdf

Ramlo, S. (2008). *Validity and realibility of the force and motion conceptual evaluation*. American Journal of Physics, 76 (9), 882-886.

Ravitz, J. (2009). *Project Based Learning as a Catalyst in Reforming High Schools*. Consultado el 8 de Julio de 2009, de <http://wvde.state.wv.us/hstw/documents/PBL/II/PBL%20as%20catalyst%20for%20reforming%20high%20schools%20PDF.pdf>

Rebello, N. S. and Zollman D. A. (2004). *The effect of distracters on student performance on the force concept inventory*. American Journal of Physics, 72 (1), 116-125.

Roth, W. & Tobin K. (2001). *Learning to teach science as practice*. Teaching and Teacher Education, 17, 741-762.

Savinainen, A. (2004). *High School Students' Conceptual Coherence of Qualitative Knowledge in the Case of the Force Concept*. University of Joensuu. Department of Physics. Dissertations 41, 106 p.

Savinainen, A. and Viiri, J. (2008). *The Force Concept Inventory as measure of student's coherence*. International Journal of Science Mathematics Education, 6: 719-740.

SEP, (2008, 21 de octubre). Acuerdo número 444 por el que se establecen las competencias que constituyen el marco curricular común del Sistema Nacional de Bachillerato. Diario Oficial de la Federación, primera sección.

Sierra, J. y Barojas, J. (2009) *Planeación y evaluación del trabajo colaborativo*. Consultado el 22 junio del 2009, de <http://www.alexandria21.net/arts/art06.pdf>

Solokoff, D. and Thornton, R. (1997). *Using Interactive Lecture Demonstration to Create and Active Learning Environment*. The Physics Teacher, 35, 340-347.

Steinberg, R. and Sabella M. (1997). *Performance on Multiple-Choice Diagnostics and Complementary Exam Problems*. The Physics Teacher, 35, 150-155.

Stewart, J., Griffin, H. and Stewart G. (2007). *Context sensitivity in the force concept inventory*. Physical Review Special Topics, 3, 010102(6).

Thornton, R. and Sokoloff, D. (1998). *Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and Evaluation of Active Laboratory and Lecture Curricula*. American Journal of Physics, 66 (4), 338-352.

Anexos

Anexo 1 Secuencias ABP

Secuencia didáctica I

Curso: FÍSICA I

Unidad didáctica I. Dinámica

Tema: Los principios de la Dinámica

Conceptos de masa, peso, inercia y fuerza.

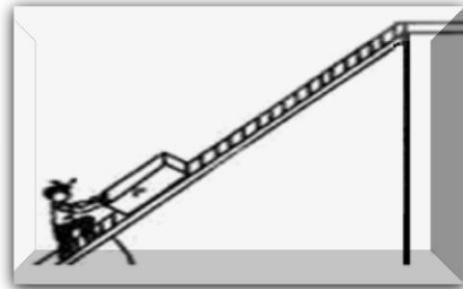
Objetivo de aprendizaje. Comprender la dinámica de los sistemas de fuerzas.

El personal de mantenimiento de una empresa requiere mover una caja de 50 kg a lo alto de una plataforma de 3 metros. Ellos han pensado: utilizar una rampa de 15 m sobre la cual deslizar la caja, consideran montar la caja sobre un carro que minimiza la fricción hasta hacerla despreciable; otra idea para realizar el trabajo asignado, es usar una polea móvil de dos cables que pueden instalar en el techo.

¿Qué fuerza mínima se requiere para que el personal de mantenimiento pueda deslizar dicha caja sin problemas?

Si la caja está sobre la rampa ¿qué requiere menor esfuerzo, empujar la caja o jalarla?,

¿Qué mecanismo ofrece una mayor ventaja mecánica al personal mantenimiento?



Secuencia didáctica II

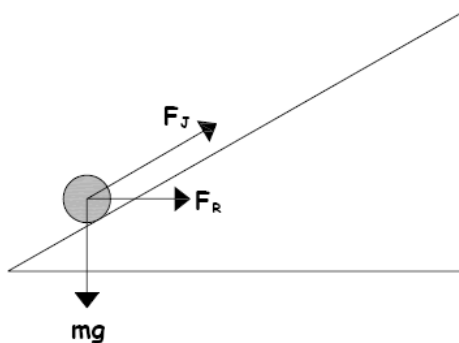
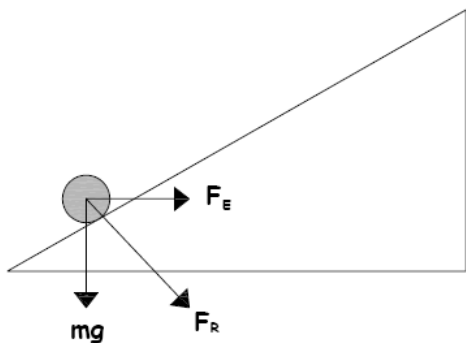
Curso: FÍSICA I

Unidad didáctica I. Dinámica

Tema: Los principios de la Dinámica y las Leyes de Newton

Objetivo de aprendizaje. Comprender el equilibrio y el efecto de la fricción en el movimiento de los cuerpos.

La carretilla es una tecnología de uso común en diversas actividades cotidianas, su utilidad se basa en la aplicación de una fuerza en el manubrio, sabemos que es más fácil empujar una carretilla para transportar cierta carga que tirar de ella al subir sobre una pendiente; sin embargo al hacer una análisis del sistema de fuerzas encontramos que:



A) Sistema de fuerzas al empujar la carretilla.

B) Sistema de fuerzas al jalar la carretilla.

Si tuvieras que transportar una roca de 50 kg en una carretilla y pasar sobre una pendiente de 6 metros cuya inclinación es de 45° .

- Calcula la fuerza resultante cuando empujamos la carretilla.
- Calcula la fuerza resultante cuando la jalamos.
- ¿Cuándo es más fácil subir la piedra? Explique su respuesta.

Secuencia didáctica III

Curso: FÍSICA I

Unidad didáctica I. Dinámica

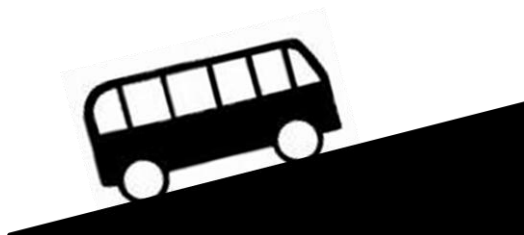
Tema: Leyes de Newton

Objetivo de aprendizaje. Comprender el efecto de la aplicación de fuerzas en los cuerpos.

En una tradicional zona turística de México el encargado de vigilancia de la entrada observa la llegada de los vehículos y autobuses que tienen que ascender por una pendiente muy pronunciada para acceder a la zona de estacionamiento, en un día mientras hace su ronda matutina vio entrar un autobús escolar al estacionamiento; para el vigilante es un día normal, se le acerca una familia en una camioneta 4x4 preguntando por la ubicación de los sanitarios, les indica que se encuentra un modulo al costado del estacionamiento y otro al interior de las instalaciones, mientras brinda información a los visitantes repentinamente dirige la mirada hacia la entrada del estacionamiento y observa que al tratar de subir por la pendiente un automóvil se desliza peligrosamente cuesta abajo.

Desconcertado el vigilante trata de analizar ¿qué está pasando con el automóvil?, ¿por qué el autobús subió sobre la pendiente sin ningún problema? Un ocupante de la camioneta, estudiante universitario, se da cuenta de la situación y dice:

- Seguramente tiene sus llantas muy lisas y el rozamiento con el concreto de la calle no es suficiente para permitir al automóvil subir la pendiente. Observa detenidamente la escena y comenta que la lluvia ya ha humedecido la carretera y eso también disminuye el rozamiento entre las llantas y el piso, así que es improbable que ascienda.



El vigilante pensativo le pregunta:

_ ¿Por qué el autobús ascendió por la pendiente sin ningún problema?

El estudiante responde:

_ Debido a que sus llantas están muy rugosas, razón por la que el rozamiento con la superficie de la carretera es suficiente para impedir que el autobús se deslice hacia abajo y considerando que subió cuando estaba seca la superficie de la carretera le fue posible subir sin ningún problema.

¿Cuál debe ser la fuerza de rozamiento mínima para que el automóvil pueda subir por la pendiente?

Anexo 2 Formato de seguimiento de las secuencias didácticas ABP

Equipo. _____

Alumno: _____

Secuencia didáctica. _____

Fecha. _____

Grado. _____

Predicciones	Lo que conocemos	Lo que no conocemos	Estrategia de solución	Conclusiones	¿Cuál es la clave de la diferencia entre las predicciones y las conclusiones?

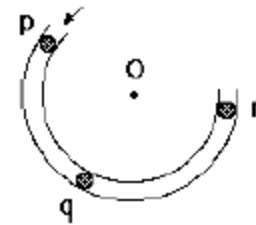
Anexo 3 Force Concept Inventory (FCI) (Cuestionario sobre el Concepto de Fuerza)

1. Dos bolas de metal tienen el mismo tamaño, pero una pesa el doble que la otra. Se dejan caer estas bolas desde un edificio de un solo piso en el mismo instante del tiempo. El tiempo que tardan las bolas en llegar al suelo es:
 - A) Aproximadamente la mitad para la bola más pesada que para la bola más liviana.
 - B) Aproximadamente la mitad para la bola más liviana que para la bola más pesada.
 - C) Aproximadamente el mismo para ambas bolas.
 - D) Considerablemente menor para la bola más pesada, pero no necesariamente la mitad.
 - E) Considerablemente menor para la bola más liviana, pero no necesariamente la mitad.
2. Las dos bolas de metal del problema anterior ruedan sobre una mesa horizontal con la misma velocidad y caen al suelo al llegar al borde de la mesa. En esta situación:
 - A) Ambas bolas golpean el suelo aproximadamente a la misma distancia horizontal de la base de la mesa.
 - B) La bola más pesada golpea el suelo aproximadamente a la mitad de la distancia horizontal de la base de la mesa que la bola más liviana.
 - C) La bola más liviana golpea el suelo aproximadamente a la mitad de la distancia horizontal de la base de la mesa que la bola más pesada.
 - D) La bola más pesada golpea el suelo considerablemente más cerca de la base de la mesa que la bola más liviana, pero no necesariamente a la mitad de la distancia horizontal.
 - E) La bola más liviana golpea el suelo considerablemente más cerca de la base de la mesa que la bola más pesada, pero no necesariamente a la mitad de la distancia horizontal.
3. Una piedra que se deja caer desde el techo de un edificio de un solo piso hasta la superficie de la tierra:
 - A) Alcanza un máximo de velocidad muy pronto después de ser soltada y desde entonces cae con una velocidad constante.
 - B) Aumenta su velocidad mientras cae porque la atracción gravitatoria se hace considerablemente mayor cuanto más se acerca la piedra a la tierra.
 - C) Aumenta con la velocidad porque una fuerza de gravedad casi constante actúa sobre ella.
 - D) Caer debido a la tendencia natural de todos los objetos a descansar sobre la superficie de la tierra.
 - E) Caer debido a los efectos combinados de la fuerza de la gravedad, empujándola hacia abajo, y la fuerza del aire, también empujándola hacia abajo.
4. Un camión grande choca frontalmente con un pequeño automóvil. Durante la colisión:

- F) La intensidad de la fuerza que el camión ejerce sobre el automóvil es mayor que la fuerza que el auto ejerce sobre el camión.
- G) La intensidad de la fuerza que el automóvil ejerce sobre el camión es mayor que la de la fuerza que el camión ejerce sobre el auto.
- H) Ninguno ejerce una fuerza sobre otro, al auto es aplastado simplemente porque se interpone en el camino del camión.
- I) El camión ejerce una fuerza sobre el automóvil pero el auto no ejerce ninguna fuerza sobre el camión.
- J) El camión ejerce una fuerza de la misma intensidad sobre el auto que la que el auto ejerce sobre el camión.

USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTA PARA CONTESTAR LAS DOS PREGUNTAS SIGUIENTE (5 y 6).

La figura adjunta muestra un canal sin fricción en forma de segmento circular con centro "O". El canal se halla anclado sobre la superficie horizontal de una mesa sin rozamiento. Usted está mirando la mesa desde arriba. Las fuerzas ejercidas por el aire son despreciables. Una bola es disparada a gran velocidad hacia el interior del canal por "p" y sale por "r".

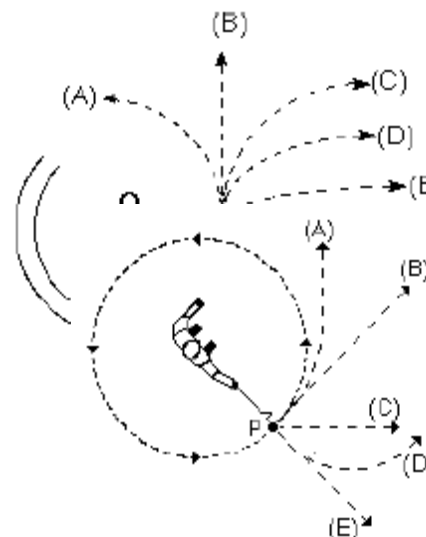


5. Considérense las diferentes fuerzas siguientes:
1. Una sola fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
 2. Una fuerza ejercida por el canal y dirigida de q hacia O.
 3. Una fuerza en la dirección del movimiento.
 4. Una fuerza en la dirección de O hacia q.

¿Cuál(es) de dichas fuerzas actúa(n) sobre la bola cuando ésta se halla dentro del cana sin fricción en la posición "q"?

- A) Sólo la 1
- B) 1 y 2.
- C) 1 y 3.
- D) 1, 2 y 3.
- E) 1, 3 y 4.

6. ¿Cuál de los caminos indicados en la figura de la derecha seguirá de forma más aproximada la bola después de salir del canal por "r" si continúa moviéndose sin rozamiento sobre la superficie de la mesa?
7. Una bola de acero está atada a una cuerda y sigue una trayectoria circular en un plano horizontal como se muestra en la figura adjunta.

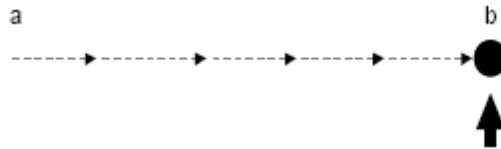


En el punto P indicado en la figura, la cuerda se rompe de repente en un punto muy cercano a la bola.

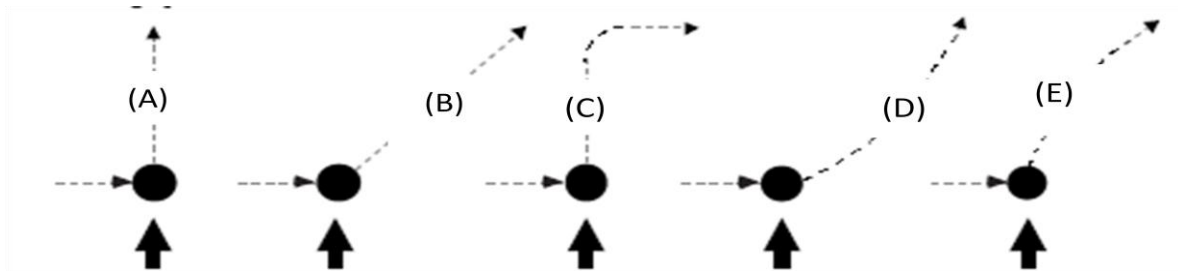
Si estos hechos se observan directamente desde arriba, como se indica en la figura, ¿qué camino seguirá de forma más aproximada la bola tras la ruptura de la cuerda?

USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTA PARA CONTESTAR LAS DOS PREGUNTAS SIGUIENTE (8 a 11).

La figura muestra un disco de hockey desplazándose con velocidad constante v_o en línea recta desde el punto “a” al punto “b” sobre una superficie horizontal sin fricción. Las fuerzas ejercidas por el aire son despreciables. Usted está mirando el disco desde arriba. Cuando el disco llega al punto “b”, recibe un repentino golpe horizontal en la dirección de la flecha gruesa. Si el disco hubiera estado en reposo en el punto “b”, el golpe habría puesto el disco en movimiento horizontal con una velocidad v_k en la dirección del golpe.



8. ¿Cuál de los caminos siguientes seguirá de forma más aproximada el disco después de recibir el golpe?



9. La velocidad del disco inmediatamente después de recibir el golpe es:

- A) Igual a la velocidad “ v_o ” que tenía antes de recibir el golpe.
- B) Igual a la velocidad “ v_k ” resultante del golpe e independiente de la velocidad “ v_o ”.
- C) Igual a la suma aritmética de las velocidades “ v_o ” y “ v_k ”.
- D) Menor que cualquiera de la velocidades “ v_o ” y “ v_k ”.
- E) Mayor que las velocidades “ v_o ” y “ v_k ”, pero menor que la suma aritmética de las dos velocidades.

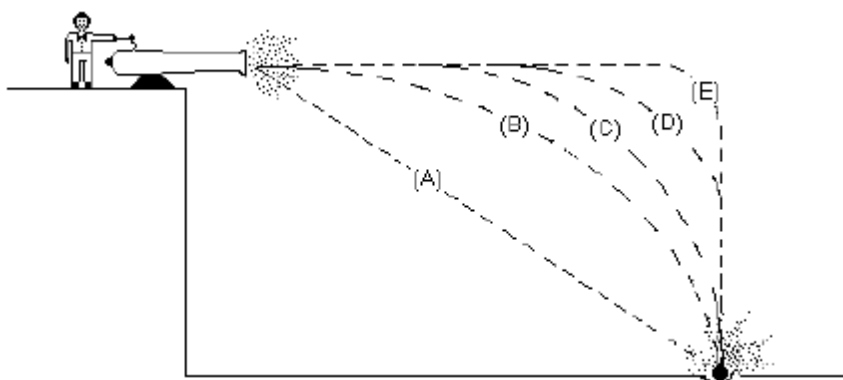
10. A lo largo del camino sin fricción que usted ha elegido en la pregunta 8, la velocidad del disco después de recibir el golpe:

- F) Es constante.
- G) Aumenta continuamente.

- H) Disminuye continuamente.
- I) Aumenta durante un rato y después disminuye.
- J) Es constante durante un rato y después disminuye.

11. A lo largo del camino sin fricción que usted ha elegido en la pregunta 8, la(s) principales fuerza(s) que actúa(n) sobre el disco después de recibir el golpe es (son):
- A) Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
 - B) Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad y una fuerza horizontal en la dirección del movimiento.
 - C) Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad, una fuerza hacia arriba ejercida por la superficie y una fuerza horizontal en la dirección del movimiento.
 - D) Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad y una fuerza hacia arriba ejercida por la superficie.
 - E) Ninguna. (No actúa ninguna fuerza sobre el disco).

12. Con un cañón se dispara una bola desde el filo de un barranco como se muestra en la figura adjunta. ¿Cuál de los caminos seguirá de forma más aproximada dicha bola?

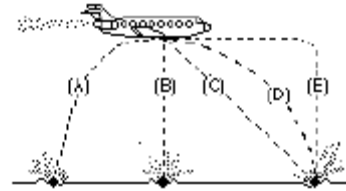


13. Un chico lanza hacia arriba una bola de acero. Considere el movimiento de la bola durante el intervalo comprendido entre el momento en que ésta deja de estar en contacto con la mano del chico hasta el instante anterior al impacto con el suelo. Suponga que las fuerzas ejercidas por el aire son despreciables. En estas condiciones, la(s) fuerza(s) que actúa(n) sobre la bola es (son):
- A) Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad junto con una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente.
 - B) Una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente desde el momento en que la bola abandona la mano del chico hasta que alcanza su punto más alto; en el camino de descenso hay una fuerza hacia abajo debida a la gravedad que aumenta continuamente a medida que el objeto se acerca progresivamente a la tierra
 - C) Una fuerza hacia abajo prácticamente constante debida a la gravedad junto con una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente hasta que la bola alcanza su punto más alto; en el descenso sólo hay una fuerza constante hacia abajo debida a la gravedad.
 - D) Solo una fuerza hacia abajo, prácticamente constante, debida a la gravedad.

E) Ninguna de las anteriores. La bola cae al suelo por su tendencia natural a descansar sobre la superficie de la tierra.

14. Una bola se escapa accidentalmente de la bodega de carga de un avión que vuela en una dirección horizontal.

Tal como lo observaría una persona de pie sobre el suelo que ve el avión como se muestra en la figura de la derecha, ¿qué camino seguirá de forma más aproximada dicha bola tras caer del avión?



USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTA PARA CONTESTAR LAS DOS PREGUNTAS SIGUIENTE (15 a 16).

Un camión grande se avería en la carretera y un pequeño automóvil lo empuja de regreso a la ciudad tal como se muestra en la figura adjunta.



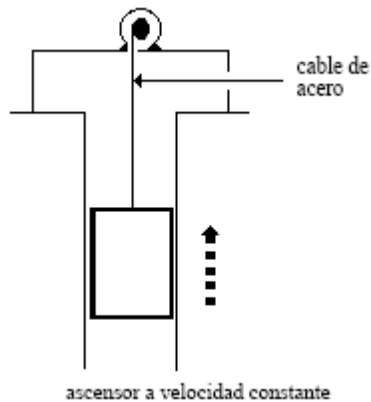
15. Mientras el automóvil que empuja al camión acelera para alcanzar la velocidad de marcha:

- F) La intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es igual a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- G) La intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es menor a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- H) La intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es mayor a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- I) Dado que el motor del automóvil está en marcha, éste puede empujar al camión, pero el motor del camión no está funcionando, de modo que el camión no puede empujar al auto. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.
- J) Ni el camión ni el automóvil ejercen fuerza alguna sobre el otro. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.

16. Después de que el automóvil alcanza la velocidad constante de marcha a la que el conductor quiere empujar el camión:

- F) La intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es igual a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.

- G) La intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es menor a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- H) La intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es mayor a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- I) Dado que el motor del automóvil está en marcha, éste puede empujar al camión, pero el motor del camión no está funcionando, de modo que el camión no puede empujar al auto. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.
- J) Ni el camión ni el automóvil ejercen fuerza alguna sobre el otro. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.
17. Un ascensor sube por su hueco a velocidad constante por medio de un cable de acero tal como se muestra en la figura adjunta. Todos los efectos debido a la fricción son despreciables. En esta situación, las fuerzas que actúan sobre el ascensor son tales que:



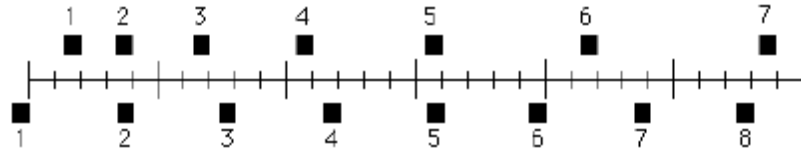
18. La figura adjunta muestra a un chico columpiándose en una cuerda, comenzando en un punto más alto que A. Considérense las siguientes fuerzas.
1. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
 2. Una fuerza ejercida por la cuerda dirigida de A hacia O.
 3. Una fuerza en la dirección del movimiento del chico.
 4. Una fuerza en la dirección de O a A.

¿Cuál(es) de dichas fuerzas actúa(n) sobre el chico en la posición A?

- A) Sólo la 1.
- B) 1 y 2.
- C) 1 y 3.
- D) 1, 2 y 3.
- E) 1, 3 y 4.



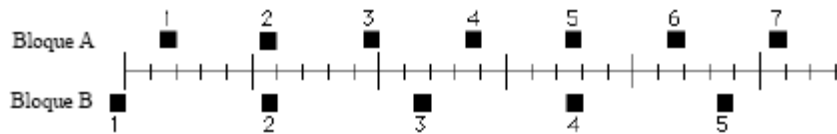
19. Las posiciones de dos bloques en intervalos de tiempo sucesivos de 0.20 segundos se hallan representadas por los cuadrados numerados de la figura adjunta. Los bloques se mueven hacia la derecha.



¿Tienen los bloques en algún momento la misma velocidad?

- F) No.
- G) Si, en el instante 2.
- H) Si, en el instante 5.
- I) Si, en el instante 2 y 5.
- J) Si, en algún momento durante el intervalo de 3 a 4.

20. Las posiciones de dos bloques en intervalos de tiempo sucesivos de 0.20 segundos se hallan representadas por los cuadrados numerados de la figura adjunta. Los bloques se mueven hacia la derecha.

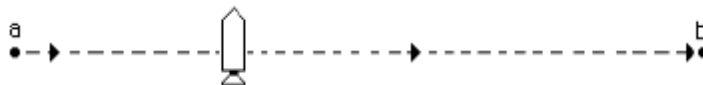


Las aceleraciones de los bloques están relacionadas de la forma siguiente:

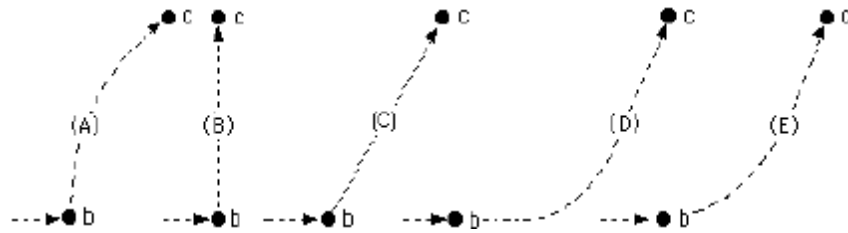
- A) La aceleración de “a” es mayor que la aceleración de “b”.
- B) La aceleración de “a” es igual que la aceleración de “b”. Ambas aceleraciones son mayores que cero.
- C) La aceleración de “b” es mayor que la aceleración de “a”.
- D) La aceleración de “a” es igual que la aceleración de “b”. Ambas aceleraciones son cero.
- E) No se da suficiente información para contestar la pregunta.

USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTA PARA CONTESTAR LAS DOS PREGUNTAS SIGUIENTE (21 a 24).

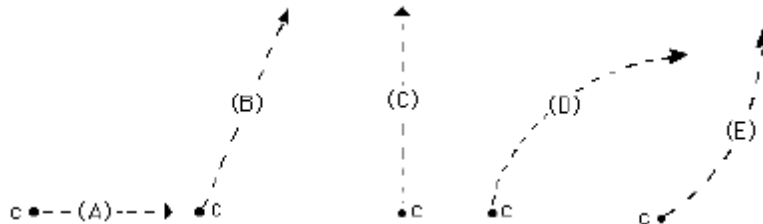
Un cohete flota a la deriva en el espacio exterior desde el punto “a” hasta el punto “b”, como se muestra en la figura adjunta. El cohete no está sujeto a la acción de ninguna fuerza externa. En la posición “b”, el motor del cohete se enciende y produce un empuje constante (fuerza sobre el cohete) en un ángulo recto con respecto a la línea “ab”. El empuje constante se mantiene hasta que el cohete alcanza un punto “c” en el espacio.



21. ¿Cuál de los siguientes caminos representa mejor la trayectoria del cohete entre los puntos “b” y “c”?



22. Mientras el cohete se mueve desde la posición “b” hasta la posición “c” la magnitud de su velocidad es:
- Contante.
 - Continuamente creciente.
 - Continuamente decreciente.
 - Creciente durante un rato y después constante.
 - Constante durante un rato y después decreciente.
23. En el punto “c” el motor del cohete se para y el empuje se anula inmediatamente. ¿Cuál de los siguientes caminos seguirá el cohete después del punto “c”?



24. A partir de la posición “c” la velocidad del cohete es:
- Contante.
 - Continuamente creciente.
 - Continuamente decreciente.
 - Creciente durante un rato y después constante.
 - Constante durante un rato y después decreciente.
25. Una mujer ejerce una fuerza horizontal constante sobre una caja grande. Como resulta, la caja se mueve sobre un piso horizontal a velocidad constante “ v_0 ”. La fuerza horizontal constante aplicada por la mujer:
- Tiene la misma magnitud que el peso de la caja.
 - Es mayor que el peso de la caja.

- H) Tiene la misma magnitud que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
- I) Es mayor que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
- J) Es mayor que el peso de la caja y también que la fuerza total que se opone al movimiento.

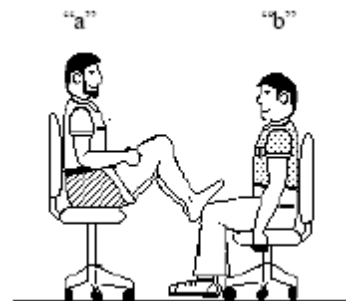
26. Si la mujer de la pregunta anterior duplica la fuerza horizontal constante que ejerce sobre la caja para empujarla sobre el mismo piso horizontal, la caja se moverá:

- A) Con una velocidad constante que es el doble de la velocidad “ v_0 ” de la pregunta anterior.
- B) Con una velocidad constante que es el mayor de la velocidad “ v_0 ” de la pregunta anterior, pero no necesariamente el doble.
- C) Con una velocidad que es constante y mayor que la velocidad “ v_0 ” de la pregunta anterior durante un rato, y después con una velocidad que aumenta progresivamente.
- D) Con una velocidad que es creciente durante un rato y después con una velocidad constante.
- E) Con una velocidad continuamente creciente.

27. Si la mujer de la pregunta 25 deja de aplicar de repente la fuerza horizontal sobre la caja, ésta:

- F) Se parará inmediatamente.
- G) Continuará moviéndose a una velocidad constante durante un rato y después frenará hasta pararse.
- H) Comenzará inmediatamente a frenar hasta pararse.
- I) Continuará a velocidad constante.
- J) Aumentará su velocidad durante un rato y después comenzará a frenar hasta pararse.

28. En la figura adjunta, el estudiante “a” tiene una masa de 95kg y el estudiante “b” tiene una masa de 77kg. Ambos se sientan en idénticas sillas de oficina cara a cara. El estudiante “a” coloca sus pies descalzos sobre las rodillas del estudiante “b”, tal como se muestra. Seguidamente el estudiante “a” empuja súbitamente con sus pies hacia adelante que ambas sillas se muevan. Durante el empuje, mientras los estudiantes están aún en contacto:



- F) Ninguno de los estudiantes ejerce una fuerza sobre el otro.
 - G) El estudiante “a” ejerce una fuerza sobre el otro, pero “b” ejerce una fuerza mayor sobre “a”.
 - H) Ambos estudiantes ejercen una fuerza sobre el otro, pero “b” ejerce una fuerza mayor.
 - I) Ambos estudiantes ejercen una fuerza sobre el otro, pero “a” ejerce una fuerza mayor.
 - J) Ambos estudiantes ejercen la misma cantidad de fuerza sobre el otro.
29. Una silla de oficina vacía está en reposo sobre el suelo. Considérense las siguientes fuerzas:
1. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
 2. Una fuerza por el “golpe”.
 3. Una fuerza ejercida por el aire.

30. A pesar de que el viento muy fuerte, una tenista consigue golpear una pelota de tenis con su raqueta de modo que la pelota pasa por encima de la red y cae sobre el campo de su oponente. Considérense las siguientes fuerzas

1. Una fuerza hacia el abajo.
2. Una fuerza por el “golpe”.
3. Una fuerza ejercida por el aire.

¿Cuál(es) de estas fuerzas actúa(n) sobre la pelota después de que está deja de estar en contacto con la raqueta y antes de que toque el suelo?

- A) Sólo la 1.
- B) 1 y 2.
- C) 1 y 3.
- D) 2 y 3.
- E) 1, 2 y 3.

Anexo 4 Cuestionario sobre el desarrollo de las secuencias ABP

Escuela: _____

Grupo: _____ Fecha: _____

La presente encuesta tiene el propósito de conocer tu opinión acerca del desarrollo de las secuencias didácticas basadas en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), con el afán de mejorar el proceso de la enseñanza de la Física.

Conteste brevemente las siguientes preguntas:

1.- ¿Cuál forma de ver los temas del curso de Física te gusto más, la tradicional o la nueva (ABP)?

2.- ¿Qué parte de la estrategia del aprendizaje basado en problemas fue de mayor agrado (fases: inicial, desarrollo, cierre)?

¿Cuál menos?

¿Por qué?

Marca con una X una opción en cada categoría.

3.- ¿Cómo catalogarías tu nivel de satisfacción con respecto al desarrollo de las secuencias didácticas ABP?

_____ MUY ALTO

_____ ALTO

_____ MEDIO

_____ BAJO

4.- La dinámica de la estrategia en cada una de las fases permitió la participación e interacción con tus compañeros de manera:

	Participación	Interacción
Permanente	_____	_____
Esporádica	_____	_____
Al final de cada actividad	_____	_____
Nula	_____	_____

5.- ¿Te gustaría que todo el curso de Física te lo enseñaran usando la nueva estrategia didáctica?

¿Por qué?

6.- ¿Con qué forma de ver el curso crees que aprendiste más, con la tradicional o con la nueva?

¿Con cuál crees que entiendes mejor los temas del curso?

¿Por qué?

7.- ¿Cómo te gustaría que te enseñaran la clase de Física?
