



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Facultad de Ciencias Exáctas, Físicas y Naturales

*MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS
EXPERIMENTALES Y TECNOLOGÍA*

Las simulaciones de Física en la escuela secundaria y el desarrollo de competencias científico-tecnológicas.

2015

Autora: Prof. Cintia Erica Doerflinger.

Directora: Dra. Maricel Occelli.

Co-directora: Dra. Marianela Carubelli.

ISBN: 978-950-33-1276-6

Doerflinger, Cintia Erica

Las simulaciones de física en la escuela secundaria y el desarrollo de competencias científico-tecnológicas / Cintia Erica Doerflinger. - 1a ed . - Córdoba : Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2016.

Libro digital, DOC

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-33-1276-6

1. Ciencias de la Educación. 2. Física. 3. Alumno de Escuela Secundaria. I. Título.

CDD 373.01

AGRADECIMIENTOS

A la *Dra. Maricel Occelli*, directora de esta tesis, que con su compromiso, dedicación y valioso acompañamiento durante este proceso me permitió creer en este sueño y hacerlo realidad.

A la *Dra. Marianela Carubelli*, co-directora de este trabajo, que con sus pertinentes aportes hizo posible esta construcción.

Al Equipo de Investigación de la Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, conformado por *la Dra. Nora Valeiras*, *la Mg. Marina Masullo*, *la Dra. Leticia García* y *la Prof. Priscila Biber*, por las importantes reflexiones realizadas en los seminarios, por guiar mis pasos y por brindar aportes en la realización de este trabajo.

A la *Asistente Técnica Ana Massolo* por el compromiso, el tiempo y la predisposición brindada.

A la Directora del Instituto Bioy Casares *Prof. Lic. Sandra Buyán*, por abrirme las puertas de la institución y al *Prof. Celso Garzón* quien proporcionó los espacios necesarios para llevar a cabo este trabajo.

A *los estudiantes de quinto año* del Instituto Bioy Casares, por su disposición para participar en esta investigación.

Al *Equipo Directivo* y al *Cuerpo Docente* del Instituto Nuestra Señora del Valle, por su constante aliento y apoyo.

A *mi amiga y Prof. Catalina Murature*, por su incondicionalidad.

A *mi madre* quien me enseñó la importancia de perseverar para alcanzar los sueños y a *mis hermanos y cuñadas*, por su constante cariño, apoyo y comprensión.

A *mi esposo Isaac* y a *mis hijos Rocío y Máximo* por su amor, tiempo, comprensión y compañía.

A *mi abuela Tere*, por estar siempre a mi lado.

¡Muchas gracias!

Las simulaciones de Física en la escuela secundaria y el desarrollo de competencias científico-tecnológicas.

Resumen:

Un recurso que en los últimos años ha tomado interés desde la didáctica de las ciencias son las *simulaciones* ya que posibilitan el desarrollo de *competencias* científico-tecnológicas. En particular, existen numerosas investigaciones que muestran las dificultades en la enseñanza-aprendizaje de la Dinámica y en este sentido las simulaciones se muestran como un recurso válido que podría facilitar su aprendizaje. Este trabajo presenta el análisis de una propuesta didáctica que relaciona el uso de simuladores con el desarrollo de competencias científico-tecnológicas para el aprendizaje de las Leyes de Newton. Se realizó un estudio de caso con estudiantes de 5° año de una escuela secundaria de Córdoba. A partir de los resultados obtenidos se puede afirmar que trabajar con simulaciones favorece al desarrollo de competencias científico-tecnológicas para el contenido Leyes de Newton.

Palabras Claves: Simulaciones. Competencias científico-tecnológicas. Física. Leyes de Newton.

Physic's simulations at secondary school and the development of scientific and technological competences

Abstract:

A resource that in recent years has taken an interest from the study of science are simulations that allow the development of scientific and technological skills. In particular, there are numerous studies that show the difficulties in teaching-learning Dynamics and in this sense the simulations are shown as a valid resource that could facilitate their learning. This paper presents the analysis of a methodological proposal that relates the use of simulators to the development of scientific and technological skills for learning Newton's Laws. A case study was conducted with students from 5th year of secondary school in Córdoba. Looking at the results we can say that working with simulations favors the development of scientific and technological competences for the content of Newton's Laws.

Key words: Simulations. Scientific and Technological Competences. Physics. Newton's Laws.

Índice General

	Página
Capítulo 1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Objetivos	7
Objetivo General	7
Objetivos específicos	7
1.2 Importancia del estudio	8
1.3 Contenido de la tesis	8
Capítulo 2. MARCO TEÓRICO	12
2.1 Las Tecnologías de la Información y la Comunicación	12
2.1.1 Ventajas de trabajar con las TIC en entornos educativos	14
2.1.2 Las TIC en la enseñanza de las ciencias	17
2.2 Las competencias en el ámbito educativo	21
2.2.1 Algunas discusiones acerca del currículo basado en competencias	25
2.2.2 Competencias científico-tecnológicas en la enseñanza de la Física	27
La enseñanza de la Dinámica y el desarrollo de competencias	29
Dificultades de la enseñanza de la Dinámica	29
2.2.3 Las competencias científico-tecnológicas y las TIC	31
2. 3 Las simulaciones en la enseñanza de la ciencia	34
2.3.1 La enseñanza de la Física a partir del uso de simulaciones applets java	36
Capítulo 3. FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA	40
3.1 Tipo de investigación	41
3.2 Identificación de las competencias científico-tecnológicas y las dificultades en la resolución de problemas, antes de la intervención	42

didáctica	
3.3 Generación de la propuesta didáctica	45
3.4 Identificación de las competencias científico-tecnológicas y las dificultades en la resolución de problemas, durante la intervención didáctica	45
3.5 Evaluación de las competencias científico-tecnológicas y las dificultades en la resolución de problemas, luego de la intervención didáctica	47
Capítulo 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	52
Caracterización del grupo de trabajo	52
4.1 Análisis de las competencias científico-tecnológicas y las dificultades en la resolución de problemas antes de la intervención didáctica	53
4.1.1 Análisis de las competencias y las dificultades que presentan los estudiantes al resolver problemas aplicando conceptos de Cinemática	53
4.1.2 Análisis de las competencias y dificultades que presentan los estudiantes al resolver problemas aplicando las Leyes de Newton.	60
4.2 Diseño de la propuesta didáctica	66
Fundamentos	67
Negociaciones y discusiones didácticas	68
Actividades propuestas	71
Evaluación	72
4.3 Análisis de las competencias científico-tecnológicas y las dificultades en la resolución de problemas durante de la intervención didáctica	72
4.3.1 Primera Ley de Newton: Principio de Inercia	73
4.3.2 Síntesis del desarrollo de la primera Ley de Newton.	79
4.3.3 Segunda Ley de Newton: Principio de Masa	82

4.3.4 Aplicación de la Segunda Ley de Newton	90
4.3.5 Síntesis del desarrollo de la Segunda Ley de Newton.	98
4.4 Análisis de las competencias científico-tecnológicas y las dificultades en la resolución de problemas luego de la intervención didáctica	101
4.4.1 Percepción de los estudiantes en relación a la propuesta didáctica	101
4.4.2 Percepción del docente en relación a la propuesta didáctica	106
Capítulo 5. CONCLUSIONES	109
Líneas de investigación e innovación que derivan de esta tesis	119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
ANEXOS	130

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

Los modelos constructivistas de aprendizaje colaborativo ofrecen un nuevo paradigma, el de entornos enriquecidos tecnológicamente, motivado por la incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) al ámbito educativo (García Barneto y Gil Martín, 2006; Gallego Torres y Gallego Badillo, 2006; García Barneto y Bolívar Raya, 2008; Murillo y Marcos, 2005 y Palacino Rodríguez, 2007). Dichas tecnologías aportan una manera diferente de aprender, creando en los estudiantes experiencias nuevas para la construcción de su conocimiento.

En general, cuando se habla de TIC en educación, se piensa en el uso de computadoras conectadas a la Web y sólo se tiene en cuenta la posibilidad que generan en torno a la búsqueda de información (Bouciguez y Santos, 2010; Rosado y Herreros, 2005; Murillo y Marcos, 2005; López-García y Morcillo-Ortega, 2007). Sin embargo, las potencialidades de estas herramientas se amplían al considerar los blogs, los videos, las webquest, las Wiki, los laboratorios virtuales, las simulaciones applets java, las simulaciones flash, las javascripts y los fislets, como recursos válidos para la enseñanza de las ciencias.

En particular para las ciencias naturales, un recurso que en los últimos años ha tomado un especial interés desde el enfoque didáctico son las simulaciones. Estos recursos, son una alternativa barata, amigable, divertida y eficiente; conforman una herramienta de autoaprendizaje, permiten a los estudiantes interactuar, realizar aproximaciones o modelar fenómenos mediante objetos dinámicos, imágenes o animaciones, modificar variables, expresar sus puntos de vista, utilizar el tiempo para formular preguntas, predecir, plantear hipótesis, diseñar experiencias, realizar medidas y analizar resultados, haciendo posible aproximaciones a los fenómenos naturales y obteniendo así una visión más intuitiva (García Barneto y Bolívar Raya, 2008; Bouciguez y Santos, 2010). Además, el uso de simulaciones en clase de Física permite interpretar fenómenos naturales que luego pueden ser aplicados a otras disciplinas, ocultando el modelo matemático (Zamarro et al., 1998; García Barneto y Bolívar Raya,

2008) y reducen el tiempo dedicado a los cálculos repetitivos y mecánicos (Rosado y Herreros, 2005).

Es importante señalar que el uso de recursos informáticos supone un cambio cualitativo en la forma de entender la enseñanza, ya que facilitan el aprendizaje e incorporan al ámbito educativo técnicas y procedimientos que posibilitan el desarrollo de competencias. El término competencia, en el ámbito educativo, posee múltiples acepciones (Rychen, 2004; Regalado-Méndez et al., 2011; González y Wagenaar, 2003; Pozo y Monereo, 2007); a partir de ellas en esta tesis entenderemos por competencia a la capacidad para responder exitosamente a demandas complejas y llevar a cabo una actividad o tarea adecuadamente. Cada competencia se construye a través de la combinación de habilidades cognitivas y prácticas, de conocimiento funcional, motivación, valores, actitudes, responsabilidad, emociones y otros componentes sociales.

Tomaremos como referentes las investigaciones sobre mediciones e impactos en el desarrollo de las distintas competencias a Martinho y Pombo (2009), Murillo et al. (2010), Reigosa (2010), García y Benítez (2011) y Rodríguez et al. (2011). En particular, Murillo et al. (2010) destacan que las TIC favorecen el desarrollo de las capacidades de razonamiento, argumentación, intuición y generalización. Así como también la posibilidad de establecer conexiones e integrar conceptos y procedimientos, la resolución de ejercicios y problemas abiertos. A su vez, al trabajar en un ambiente virtual se promueven nuevas habilidades por parte de los estudiantes, como lo son la discusión y la participación en foros (Rodríguez et al., 2011).

Por otra parte, la inclusión de las TIC en la enseñanza de las ciencias naturales además de proporcionar un ambiente más motivador y atractivo, permite el desarrollo de competencias generales y específicas tecnológicas, como por ejemplo el tratamiento de datos en tablas y gráficos, el uso de software de simulación y de pantallas interactivas, como así también el manejo de sistemas de información, herramientas de edición y presentación, entre otras (Martinho y Pombo, 2009; Reigosa, 2010). Sin embargo, un aspecto importante a considerar es que estas potencialidades que pueden tener las TIC dependen de las situaciones didácticas que se diseñen.

Al respecto, García y Benítez (2011) plantean que para promover interacciones colaborativas es necesario pensar a priori en el diseño y guía de las actividades que promuevan dichas competencias. En este mismo sentido, Martinho y Pombo (2009), Reigosa (2010) y Rodríguez et al. (2011), indican que la implementación de la formación por competencias presenta un desafío para el docente ya que demanda el replanteo de una metodología didáctica.

En lo que respecta al desarrollo de capacidades científicas específicas para la Física, diversos autores destacan la necesidad de seleccionar actividades que permitan la reflexión, la fundamentación, el pensamiento crítico, la argumentación, la explicación y la valoración (Silva-Córdova, 2011; Solbes y Sincaras, 2010; Kofman, 2004). A partir de estas competencias, los estudiantes pueden interpretar y re-significar los fenómenos estudiados.

Por otra parte, la enseñanza de la Física en general y de la Dinámica Newtoniana en particular, permite incorporar un gran número de modelos explicativos de fenómenos naturales como el movimiento, y también conceptos como fuerzas, masa y aceleración, entre otros. Estos conceptos brindan a los estudiantes un cuerpo de conocimientos necesarios para resolver los problemas que cotidianamente se presentan, fomentando la observación, el análisis, la interpretación y la construcción de un aprendizaje colaborativo (Johnson et al., 2007). En particular, a partir de la interpretación de las Leyes de Newton, se procura dar explicación a diversos fenómenos naturales, avanzando en la comprensión e interrelación de los conceptos de inercia, fuerza, masa, velocidad y aceleración.

Sin embargo, la comprensión de estos conceptos presenta grandes desafíos para los estudiantes. Al respecto, existen diversas investigaciones que ponen en evidencia las dificultades en la enseñanza y el aprendizaje de la Mecánica Newtoniana (Brown, 1960 y Alonso Sánchez, 1996). Los estudios de Carrascosa (1985); Carrascosa y Gil (1992); Mc Dermott (1993 a, b), muestran en particular las dificultades en la enseñanza-aprendizaje de la Dinámica al considerar las fuerzas como causa del movimiento. A partir del planteo de variadas situaciones problemáticas, la mayoría complementadas con apoyaturas visuales, encontraron que para los estudiantes el movimiento tiene lugar en la dirección de la fuerza y de aplicarse una fuerza ésta es en

la dirección del movimiento. Por consiguiente, la ausencia de fuerzas explica el estado de reposo.

A esto se le suma la idea de que los cuerpos en movimiento “poseen” fuerzas y que un movimiento rectilíneo uniforme, exige una fuerza constante proporcional a su velocidad (Carrascosa, 1985; Carrascosa y Gil, 1992 y Mc Dermott, 1993 a, b). Además, señalan que los cuerpos más pesados caen más deprisa. Otras de las dificultades analizadas son las condiciones que llevan a los estudiantes a plantear una relación causal entre la fuerza, la energía y el movimiento. Al respecto Bravo y Pesa (2005) y Giorgi et al. (2005) intentaron establecer las conexiones entre los patrones de razonamiento de los estudiantes a partir de experimentos, actividades de observación, planteo de hipótesis, predicción e interpretación. Al respecto, encontraron que los estudiantes no poseen una conceptualización científica de fuerza ya que las representaciones que ellos construyen sobre los fenómenos de la Dinámica, están involucradas a significaciones del término fuerza asociadas a la energía y a la cantidad de movimiento.

Por su parte, García Barneto y Gil Martín (2006), estudiaron el problema que generan los procesos de abstracción que implican las matemáticas involucradas en los fenómenos físicos. Encontraron que en el plano didáctico, las simulaciones interactivas facilitan el aprendizaje de conceptos y principios basados en la investigación. Por lo tanto, se requiere como paso previo que el docente presente una secuencia didáctica orientada al estudio de los fenómenos desde un enfoque netamente fenomenológico.

Una herramienta tecnológica que presenta las potencialidades antes descritas para el desarrollo de las competencias científico-tecnológicas, son las *simulaciones applets java*. En particular, para la enseñanza de la Física, se registran investigaciones cuyos resultados indican que las simulaciones facilitan la comprensión de fenómenos naturales y la introducción de conceptos abstractos, así como también permiten superar las dificultades que plantean las representaciones estáticas de fenómenos dinámicos (Zamarro et al.,1998; Bohigas et al. 2003; Bouciguez y Santos, 2010).

Por lo tanto, atendiendo a las dificultades que plantea el aprendizaje de la Dinámica Newtoniana, la importancia de su enseñanza y el potencial que presentan las simulaciones applets java, esta tesis se propone conocer *¿Cómo se desarrollan las competencias científico-tecnológicas a partir del uso de simulaciones de Física, en la escuela secundaria para el contenido Leyes de Newton?*

Dar respuesta a este interrogante demanda la *generación de una propuesta didáctica que incluya una simulación applet java para el contenido Leyes de Newton*. Al respecto, resulta importante considerar que si bien la utilización de los fislets puede constituirse en una herramienta válida para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Bohigas et al. 2003), su incorporación exige un replanteamiento didáctico por parte de los docentes (Alonso Sánchez, 2007; García Barneto y Bolívar Raya, 2005; y García Barneto y Gil Martín, 2006). Por ello, un primer aspecto que se requiere para realizar este diseño es conocer *¿cuáles son las competencias científico-tecnológicas y las dificultades que presentan los estudiantes al resolver problemas aplicando las Leyes de Newton?*

Por otra parte, considerando que la utilización de las simulaciones applets java por sí solas no supone una mejora de los procesos educativos, ya que depende, entre otras cosas, de las estrategias empleadas, resulta necesario diseñar actividades a partir de situaciones problemáticas que pongan en juego la actividad cognitiva y metacognitiva de los estudiantes, que promuevan la motivación hacia el estudio de las ciencias, el dominio de procedimientos específicos, que contribuyan a la comprensión de modelos teóricos científicos y generen condiciones adecuadas para el desarrollo de actitudes vinculadas a la tarea científica (García Barneto y Gil Martín, 2006). Por lo tanto, a partir de la implementación de un diseño didáctico que presente estas características en la integración de las simulaciones applets java nos planteamos nuevos interrogantes: *¿cuáles son las dificultades tanto conceptuales como tecnológicas que se les plantean a los estudiantes durante el uso de una simulación?* A su vez, nos interesa indagar *¿cómo desarrollan los estudiantes habilidades para formular preguntas, plantear hipótesis, modificar variables, realizar medidas y analizar resultados a través del uso de la simulación?* y por último, se requiere conocer *¿cuáles son las interacciones entre el desarrollo de competencias científico-tecnológicas y la secuencia didáctica que incorpora simulaciones applet java para las Leyes de Newton?*

La estrategia metodológica que se utilizará para dar respuestas a estos interrogantes se estructura a partir de un estudio de caso, cuyo enfoque corresponde a una clase de diseño no-experimental y cualitativo (Mertens, 2005; Williams et al. 2005), caracterizado por su flexibilidad y capacidad de adaptación.

A continuación se detallan los objetivos planteados para esta tesis.

1.1 Objetivos

Objetivo General

Caracterizar el desarrollo de las competencias científico-tecnológicas a partir del uso de simulaciones de Física en la escuela secundaria para el contenido Leyes de Newton.

Objetivos específicos

- 1- Identificar las competencias científico-tecnológicas y las dificultades que presentan los estudiantes al resolver problemas aplicando las Leyes de Newton.
- 2- Generar una propuesta didáctica que incluya una simulación applet java, para el contenido Leyes de Newton.
- 3- Distinguir las dificultades conceptuales y tecnológicas que se les plantean a los estudiantes durante el uso de la simulación.
- 4- Analizar durante la intervención, el desarrollo de habilidades para formular preguntas, plantear hipótesis, modificar variables, realizar medidas y analizar resultados, que se fomentan a través del uso de la simulación.
- 5- Evaluar la interacción entre el desarrollo de las competencias científico-tecnológicas y la secuencia didáctica que incorpora simulaciones applet java para las Leyes de Newton.

1.2 Importancia del estudio

Recuperando los antecedentes teóricos y el conocimiento generado a través del análisis de los datos del trabajo de campo, se pretende de manera general contribuir al conocimiento sobre el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física a partir de la implementación de actividades de simulación, aportando una estrategia didáctica que posibilite el aprendizaje colaborativo de conceptos de Física.

De manera específica, se pretende aportar conocimiento sobre las potencialidades que presentan las actividades prácticas de simulación en clases de Física, para el desarrollo de competencias científico-tecnológicas. Como así también, proponer secuencias didácticas que incluyan a las simulaciones en clases de Física dentro de un contexto de resolución de problemas o en el proceso de una investigación.

Por último, el conocimiento generado en esta tesis se podrá adaptar para su utilización en cursos de formación inicial y continua de profesores de Física, lo cual favorecerá la formación integral de los docentes motivándolos a convertirse en partícipes activos creadores de sus propias innovaciones educativas y de esta manera se estará contribuyendo al mejoramiento de la educación científica y tecnológica.

1.3 Contenido de la tesis

La presente tesis se estructura a través de cinco capítulos cuyo contenido se describe a continuación.

Capítulo 1: Se explicitan aquellos antecedentes específicos que permitieron la formulación del problema de investigación que dio origen a esta tesis y las preguntas que orientaron su desarrollo. En particular, se hace mención a los modelos constructivistas de aprendizaje colaborativo potenciados por los entornos enriquecidos tecnológicamente y la inclusión de las TIC en la enseñanza de las ciencias naturales. A partir de ello se propone a las simulaciones como un recurso potencial para sortear las dificultades en la enseñanza de la Física, en particular de la Dinámica Newtoniana, como así también para el desarrollo de competencias científico-tecnológicas lo cual da

lugar al interrogante que estructura la tesis. Asimismo se incluyen los objetivos generales y específicos y los aspectos que dan importancia a este estudio.

Capítulo 2: Se presentan y problematizan en tres secciones los principales conceptos de esta tesis: las TIC en la enseñanza de las ciencias, las competencias científico-tecnológicas y las simulaciones. Al abordar las TIC se discuten sus ventajas y aportes en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales. Luego, se analizan las competencias desde su campo teórico y se hace foco en las competencias científico-tecnológicas para la enseñanza de la Física mediadas por el uso de las TIC. Por último, se presenta de manera general a las simulaciones como recurso para la enseñanza de las ciencias naturales y de manera particular a las simulaciones applet java para la enseñanza de la Dinámica y el desarrollo de competencias.

Capítulo 3: Se inicia este capítulo con una fundamentación metodológica, atendiendo de manera general a la investigación educativa cualitativa y de manera particular al estudio de caso, definiéndolo, caracterizándolo y exponiendo sus distintas tipologías. En segundo lugar, se describen y explican las principales características del diseño metodológico utilizado, sus técnicas e instrumentos, la relación directa entre cada uno de ellos y los objetivos planteados, el procedimiento de análisis, la validez y confiabilidad de este estudio.

Capítulo 4: En función de los objetivos específicos propuestos, se presentan los resultados recogidos a partir de los diversos instrumentos de investigación aplicados con el apoyo de gráficos de algunas de sus principales variables y su correspondiente análisis.

En relación al objetivo 1, se analizan las competencias científico-tecnológicas y las dificultades en la resolución de problemas antes de la intervención didáctica, tanto para contenidos de Cinemática como para contenidos de Dinámica.

Con respecto al objetivo 2, se presenta el diseño de la propuesta didáctica y se exponen sus fundamentos, las negociaciones y decisiones didácticas que tuvieron lugar en la interacción con el profesor del curso; como así también las actividades propuestas y la evaluación.

En relación a los objetivos 3 y 4, se analizan las dificultades tanto conceptuales como tecnológicas y las competencias científico-tecnológicas en la resolución de problemas durante la intervención. Se presentan los resultados de cada una de las actividades propuestas, sus correspondientes cuestionarios y al final una síntesis de cada una de ellas.

Por último, con respecto al objetivo 5, se evalúa la interacción entre el desarrollo de las competencias científico-tecnológicas y la secuencia didáctica que incorpora simulaciones applet java para las Leyes de Newton.

Capítulo 5: Se exponen las conclusiones de esta investigación en función de los interrogantes que dieron lugar a esta tesis y de los resultados obtenidos. También se expresan las posibles líneas de investigación e innovación que se derivan de esta tesis.

Por último, se incluyen las fuentes de información consultadas en este trabajo y se presentan en anexos el detalle de los instrumentos utilizados.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

Capítulo 2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se desarrollan los fundamentos teóricos que dan sustento a esta tesis los cuales se encuentran organizados en tres apartados. En el primero de ellos se abordan las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), se discuten las ventajas y desventajas que tienen lugar en la formación de entornos enriquecidos tecnológicamente y el aporte que generan en el proceso de enseñanza aprendizaje para las Ciencias Naturales.

En el segundo apartado, abordamos el campo teórico de las Competencias, enfocándonos específicamente en las competencias científico-tecnológicas y en particular en aquellas que se potencian a través de la enseñanza de la Física mediadas por el uso de las TIC. Dentro de la enseñanza de la Física se abordarán los conceptos de la Dinámica Newtoniana, atendiendo al desarrollo de competencias y a las dificultades más frecuentes.

Por último, se presentan las Simulaciones como un recurso posible en la enseñanza de las ciencias y en particular, el uso de las simulaciones applet java para la enseñanza de la Física con el fin de sortear las dificultades más frecuentes en el proceso de aprendizaje de la Dinámica Newtoniana y de fomentar el desarrollo de las competencias científico-tecnológicas.

2.1 Las Tecnologías de la Información y la Comunicación

Las TIC pueden definirse como un conjunto de procesos y productos provenientes de las nuevas herramientas, soportes y canales de comunicación, que se relacionan con el almacenamiento, procesamiento, transmisión y digitalización de la información de forma rápida y en grandes cantidades (García Valcárcel y González, 2011).

Las características que las distinguen son la inmaterialidad, la interactividad, su inmediatez, la innovación, la interconexión, y el énfasis que estas tecnologías ponen en los procesos más que en los productos (Cabero Almenara, 2005).

El continuo avance de estas tecnologías ha hecho posible la creación de nuevos entornos comunicativos que a su vez han posibilitado desarrollar nuevas experiencias educativas. Como mencionamos en la introducción, cuando se habla de TIC en educación, generalmente se piensa en el uso de computadoras conectadas a la Web y sólo se tiene en cuenta la posibilidad que generan en torno a la búsqueda de información. Sin embargo, la potencialidad de estas herramientas se amplían al considerar la amplia variedad de recursos existentes para la enseñanza de las ciencias.

En esta tesis entenderemos las TIC como un conjunto de herramientas facilitadoras y potenciadoras de los procesos de enseñanza aprendizaje (López García, 2004). Existen numerosas investigaciones que desde un enfoque constructivista plantean la importancia de integrar las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje ya que permiten el desarrollo de entornos enriquecidos tecnológicamente (García Barneto y Gil Martín, 2006; Gallego Torres y Gallego Badillo, 2006; García Barneto y Bolívar Raya, 2008; Murillo y Marcos, 2005, Palacino Rodríguez, 2007, Kofman, 2004; Linn, 2002; Capuano y González, 2008). Es por ello que las TIC se reconocen actualmente como recursos innovadores que permiten diseñar estrategias, tendientes a producir un cambio en la enseñanza en general y en las de Ciencias Naturales en particular (Linn, 2002).

En los entornos mediados por TIC se aporta una nueva manera de aprender, ya que se crea un contexto que permite que el docente transfiera responsabilidades a los estudiantes y así desarrollen un mayor grado de competencia autónoma. Algunos autores (López García y Morcillo Ortega, 2007; Capuano, 2011; Sanmartí e Izquierdo, 2001; Pontes, 2005; Andramunio, 2004) plantean las dificultades que pueden presentarse al trabajar con TIC en ámbitos educativos. Al respecto, consideramos que si bien se presentan desafíos, tanto para los docentes como para los estudiantes, la inclusión de las TIC en entornos educativos proporciona un sin número de ventajas, las cuales desarrollaremos a continuación.

2.1.1 Ventajas de trabajar con las TIC en entornos educativos

Las TIC promueven una nueva visión del conocimiento y del aprendizaje (Bartolomé 1997), lo cual impacta directamente en docentes y alumnos. En este sentido, el análisis de varios antecedentes (García Barneto y Gil Martín, 2006; Ferro Soto et al., 2009; Rosado y Herreros, 2005; Martinho y Pombo, 2009; Mata, 2002; Martínez et al., 2003; López García y Morcillo Ortega, 2007; Coll, 2007, Jonassen, 2000) nos permite decir que el empleo de las TIC en ámbitos educativos aporta *múltiples ventajas*, entre las cuales podemos mencionar las siguientes:

- ❖ Las TIC pueden integrarse al proceso de enseñanza/aprendizaje a través de un *planteamiento constructivista* (García Barneto y Gil Martín, 2006).
- ❖ La *ruptura del espacio-tiempo* (Ferro Soto et al., 2009) en las actividades de enseñanza-aprendizaje, ya que en esta posición se asume al proceso de aprendizaje en un espacio físico no real. Esto facilita la realización de experiencias aunque el alumno y el laboratorio no coincidan en el espacio, lo cual permite flexibilizar el horario (Rosado y Herreros, 2005). Para el estudiante, significa la entrada a nuevos entornos de aprendizaje sin restricciones espacio temporales (Andramunio, 2004), disminuyendo la dependencia del docente como única fuente del conocimiento.
- ❖ La inclusión de TIC promueve el *aprendizaje basado en investigación* (García Barneto y Gil Martín, 2006). Haciendo necesario el diseño de las actividades y el tratamiento de los problemas de manera global, permitiendo adaptar la información a las necesidades de los alumnos de acuerdo a su nivel, intereses y preferencias (Ferro Soto et al., 2009).
- ❖ A través de las TIC resulta posible la resolución de problemas desde un *enfoque conceptual* en donde se prioriza la formulación y comprobación de hipótesis, en lugar de la resolución de un ejercicio matemático o el dominio de nombres y definiciones (Vicario, 2013).
- ❖ La *formación abierta y flexible* (Ferro Soto et al., 2009), lo que supone un crecimiento en la capacidad de toma de decisiones de los estudiantes en base a su proceso de aprendizaje. Esto concuerda con una perspectiva enfocada en el alumno y no en el docente. Adhieren a esta idea García Barneto y Gil Martín, (2006) al plantear que en un proceso de enseñanza/aprendizaje apoyado en el uso de las TIC los alumnos tienen que jugar un papel activo. Por lo tanto, la inclusión de las TIC en un entorno educativo también se transforma en una herramienta de auto aprendizaje (Rosado y Herreros, 2005).

- ❖ La implementación de las TIC ofrece *nuevas maneras de interacción* (Ferro Soto et al., 2009) entre docentes y alumnos. Esto hace que el flujo de la información sea más dinámico y efectivo (Suárez, 2009) y que se asocie directamente a la producción y gestión del conocimiento (de Freitas y Griffiths, 2008). Desde esta perspectiva, el uso de las TIC y las actividades de investigación, orientadas mediante un continuo y adecuado feedback, se potencian en un ambiente colaborativo (Johnson et al., 2007; García Barneto y Gil Martín, 2006). En esta línea, los estudiantes plantean que las TIC son útiles como soporte para materias que persiguen distintos propósitos (Martinho y Pombo, 2009) y a su vez, las utilizan para la comunicación, el esparcimiento y la diversión (de Freitas y Griffiths, 2008). Desde el punto de vista de los docentes, la inclusión de las TIC en las actividades aúlicas brinda la posibilidad de apropiarse de nuevos enfoques y metodologías, como el aprendizaje colaborativo. Además permite generar redes con otros docentes, lo cual lleva a una mejor comprensión de los procesos didácticos y pedagógicos en general (Andramunio, 2004).
- ❖ La disposición de más tiempo para realizar tareas que les permitan a los estudiantes desarrollar *facultades cognitivas superiores* (Mata, 2002; Martínez et al., 2003), haciendo más significativo su trabajo, potenciando la capacidad de análisis, de crítica, de investigación, como así también sus capacidades de comunicación (Andramunio, 2004).
- ❖ La *optimización del tiempo de aprendizaje* (Ferro Soto et al., 2009), ya que el uso de las TIC permite el acceso rápido a la información ya sea visual, textual o auditiva, entre otras, lo cual permite dinamizar el proceso de enseñanza aprendizaje (Suárez, 2009).
- ❖ *La interacción con la información* potencia el proceso de aprendizaje a través de la búsqueda, análisis y el reprocesamiento de la información. En este sentido, los estudiantes aprenden en interacción con el medio físico y social, y desde una perspectiva socio histórica en donde las actividades están mediadas por computadoras, se las considera instrumentos de mediación, es decir herramientas cognitivas (Jonassen, 2000), apoyándose el núcleo de la estrategia en la comprensión conceptual previa de los problemas (Christian, 2001).
- ❖ *Eleva la motivación de los estudiantes* (Suárez, 2009; Vicario, 2013), ya que de forma general, las estrategias que involucran el uso de las TIC revelan resultados positivos en términos de comportamiento, interés y adquisición de competencias (Martinho y Pombo, 2009). El proceso de aprendizaje se ve favorecido por la implementación de las TIC, ya que motiva a los estudiantes a realizar las actividades, dedican más tiempo para

hacer sus tareas y están más activos ya que interactúan con sus pares favoreciendo la discusión, el análisis, la crítica, la comunicación, entre otras (Ferro Soto et al., 2009).

- ❖ *Mejora la eficacia educativa*, ya que a partir de la disponibilidad de recursos interactivos, se pueden desarrollar nuevas metodologías didácticas que se enfocan en el desarrollo de distintas capacidades (Ferro Soto et al., 2009; Suárez, 2009; Vicario 2013). Por lo tanto, los alumnos se desenvuelven con mayor versatilidad, haciéndose visible una mejoría con respecto a la adquisición de competencias específicas, generales, tecnológicas y actitudinales (Martinho y Pombo, 2009).

Otro aspecto a destacar es que la implementación de recursos TIC favorece la creación de ambientes colaborativos de trabajo, que contempla las siguientes características (Johnson et al., 2007):

- a) *La interdependencia positiva*: refiere al compromiso de todos y cada uno de los miembros con el objetivo común de aprendizaje. Cuando las personas forman parte del proceso de aprendizaje colaborativo están orientadas hacia una meta en común y se establece una interdependencia de recursos, de roles y de tareas.
- b) *La responsabilidad individual y de equipo*: refiere a la interacción de los miembros del grupo para el mejor desarrollo posible de las tareas.
- c) *La interacción estimuladora*: se produce cuando los individuos fomentan y facilitan los esfuerzos de cada uno para completar las tareas y alcanzar las metas del grupo. Para ello, los integrantes del grupo deberán ser capaces de ayudar y ayudarse, desafiar y desafiarse, intercambiar recursos, facilitar la información, influenciarse mutuamente, promover el trabajo y actuar de manera confiada y confiable.
- d) *La gestión interna del equipo*: hace referencia al desarrollo de una estrategia eficaz de trabajo conjunto, así como la práctica de habilidades interpersonales como por ejemplo de liderazgo, toma de decisiones, creación de confianza, comunicación y gestión de conflictos, para llevar a cabo el aprendizaje colaborativo.
- e) *La evaluación interna del equipo*: requiere la reflexión por parte de los integrantes del grupo, en cuanto al desempeño grupal e individual de cada uno de los actores. Con el fin de evaluar si tal desempeño favorece o no el alcance de los objetivos comunes del trabajo colaborativo.

Resumiendo, podemos decir que las ventajas proporcionadas por las TIC en la formación de entornos enriquecidos tecnológicamente nos permiten pensar que su

uso podría generar un aporte válido en el proceso de enseñanza aprendizaje. A continuación analizaremos de manera específica cómo se incluyen las TIC en la enseñanza de las ciencias.

2.1.2 Las TIC en la enseñanza de las ciencias

Desde la enseñanza de las ciencias es posible aprovechar los recursos que nos ofrecen las TIC, ya que no se limitan al apoyo de clases expositivas (Capuano, 2011), sino que proporcionan de manera general herramientas ideales para el desarrollo del trabajo científico (López García, 2004) y permiten potenciar el aprendizaje de algunos conceptos y metodologías propias de las Ciencias Naturales (Vicario, 2013) como lo son la observación, la formulación de preguntas, el planteo de hipótesis, la experimentación, el uso de instrumentos, la medición, la realización de gráficos, la clasificación, la exploración, la realización de entrevistas y encuestas, el análisis de los resultados, entre otras.

La oferta de herramientas TIC para la enseñanza de las ciencias es muy variada. En *internet* se pueden encontrar simulaciones, Webquest, museos virtuales, laboratorios virtuales, plataformas, libros completos, videos, documentales, entre otros. A su vez, algunas aplicaciones que pueden sumarse a las TIC son *el uso de sensores* que permiten observar y medir fenómenos reales a través de la determinación de ciertos parámetros como la frecuencia, la velocidad, la fuerza, el voltaje, la aceleración, la posición, entre otros, ofreciendo a los estudiantes la posibilidad de experimentar a través del hacer. A partir de estas mediciones los estudiantes pueden transferir los datos, organizarlos, realizar las gráficas correspondientes y analizar los resultados obtenidos (Capuano, 2011).

Al respecto, Capuano (2011) plantea que las TIC son herramientas que permiten múltiples actividades como la transmisión de datos de un equipo experimental a un sistema de computación, la incorporación de sensores para realizar mediciones más precisas, la simulación de experimentos de laboratorio, la representación gráfica, el laboratorio virtual, entre otras.

Algunos recursos específicos que han sido objeto de investigaciones en el campo de la didáctica de las ciencias son los laboratorios virtuales, la robótica, los modelados, las plataformas virtuales, los videojuegos y las simulaciones. A continuación se describen las principales características de cada uno de ellos.

Los *laboratorios virtuales* son herramientas informáticas que aportan las TIC y simulan un laboratorio real desde un entorno virtual de aprendizaje (Cataldi et al., 2010). Si bien presentan algunas limitaciones en la enseñanza de ciertos aspectos relacionados con la práctica experimental, cuentan con ciertas ventajas dado que ofrecen más plasticidad que un laboratorio real en la enseñanza de las ciencias.

Estos laboratorio virtuales facilitan la representación de los fenómenos naturales y dan la posibilidad de la repetición de diversas situaciones en tiempos más cortos (Ferro Soto et al., 2009). Los laboratorios virtuales constituyen un recurso que permite simular las condiciones de trabajo de un laboratorio presencial superando algunas de las limitaciones de estas actividades y propiciando nuevos enfoques (López García y Morcillo Ortega, 2007). Se visualizan instrumentos y fenómenos a través de situaciones dinámicas en imágenes o animaciones, se realizan ejercicios numéricos, se obtienen resultados, se interpretan gráficos, se trabaja sin riesgos y son una herramienta en donde el estudiante simula los fenómenos y puede repetirlos sin límites (Rosado y Herreros, 2005). Facilitan la práctica de ejercicios de autocorrección, refuerzan las técnicas, los conocimientos generales y se libran de trabajos repetitivos y mecánicos (Coll, 2007).

Otra aplicación de las TIC es la *robótica*, la cual consiste en diseñar y construir robots para promover en los estudiantes el desarrollo del razonamiento mecánico y de la inteligencia lógica-matemática (López García, 2004).

Los *modelados* conforman otro recurso válido para la enseñanza de las Ciencias Naturales. Asimismo, trabajar con modelos en computadoras sobre fenómenos naturales permite a los estudiantes realizar pruebas, la ruptura del espacio tiempo mencionada anteriormente, favorece el aprendizaje activo a la hora de navegar, crear, manipular, observar y analizar (Marzocchi et al., 2012).

Otro recurso útil son las *plataformas virtuales*, que para ser consideradas como tal deben cumplir con cinco características básicas: poseer herramientas de gestión, de comunicación, de evaluación, administración y de hipertextos (Vicario, 2013). Estos recursos son utilizados mayormente por docentes y estudiantes universitarios, son útiles para extraer contenidos y actividades, mantenerse informado sobre ciertas novedades, participar en foros y además favorecen el proceso de comunicación, entre otros.

Por su parte, la mayoría de los *videojuegos* educativos están creados con la idea de mostrar y ayudar a comprender contenidos curriculares buscando que el alumno aprenda de una manera práctica y lúdica (Gros Salvat y Garrido Miranda, 2008). La idea de la aplicación de videojuegos (de géneros, deportes, aventura, estrategia, destreza y simuladores) como una opción en el ámbito educativo tiene como objetivo que éstos pueden convertirse en herramientas de aprendizaje que ayuden al alumno a experimentar y aprender de sus propios errores. Además les posibilita la adquisición de experiencias de una manera segura, buscando generar entornos de aprendizaje que ayuden a los estudiantes a experimentar problemáticas reales y cotidianas, un medio en el que puedan probar, explorar y resolver situaciones sin el temor a equivocarse (Lacasa, 2011 y Gros, 2008). Esto ayuda a generar nuevos conocimientos mediante el uso de un videojuego, además de promover el trabajo colaborativo, lo cual facilita la resolución de problemas en equipo, además de fomentar la tolerancia y negociación (Sauquillo Mateo et al., 2008). A su vez, el efecto más claro del uso de los videojuegos queda de manifiesto con la adquisición de competencias digitales, como por ejemplo el dominio del uso de la PC, la navegación por internet y el manejo de la multimedia (Levis, 2005).

Por último, las *simulaciones* son representaciones interactivas que modelizan la realidad, permitiendo a partir de la manipulación de variables la comprensión del fenómeno estudiado, pasando a un segundo plano la fundamentación matemática del mismo. Además, facilitan la representación de los fenómenos naturales, como la experimentación en laboratorios virtuales y dan la posibilidad de la repetición de diversas situaciones en tiempos más cortos (Ferro Soto et al., 2009). A su vez, permiten que el docente prepare actividades de aprendizaje para los estudiantes y se anticipe a las preguntas que éstos le pueden plantear (Rosado y Herrero, 2005).

Por su parte, las *animaciones Modellus*, constituyen una herramienta computacional destinada a la simulación con modelos matemáticos (Araujo, 2002). Estas animaciones visualizan el comportamiento de un fenómeno físico o químico a través de gráficos de funciones, tablas, entre otros. Son interesantes como recurso didáctico ya que permiten generar nuevas simulaciones de otros modelos no contemplados en los ejemplos ya existentes en la web.

Aquellas simulaciones applets escritas en Java reciben el nombre de *applets java*. Estos son pequeños applets programados en lenguaje Java tienen como ventaja que son potentes, independientes del navegador y del sistema operativo que posea la computadora en donde se ejecuten. Como desventajas podemos señalar que son lentos en procesar y que no se mezclan con todos los componentes de la página ni tienen acceso a ellos.

Por su parte, los applets diseñados para la enseñanza de las Ciencias, y particularmente de Física, se denominan *fislets*. Estos se caracterizan por ser muy sencillos ya que cada uno de ellos se dirige a un aspecto dado del fenómeno natural, constituyen animaciones visuales con alto grado de interactividad, son flexibles, gratuitos, existen versiones en español y son utilizables en una amplia variedad de aplicaciones Web. Estas características los transforman un recurso idóneo para la educación en el campo científico (Christian et al., 2003).

De manera general, podemos decir que las herramientas tecnológicas expuestas anteriormente, se presentan como instrumentos mediadores de los procesos de aprendizaje lo cual brinda la posibilidad de crear entornos que favorecen el proceso de enseñanza- aprendizaje centrado en trabajos colaborativos y en procesos y estrategias cognitivas y metacognitivas (Campanario y Otero, 2000). Por otra parte, estas tecnologías también permiten crear una nueva perspectiva del aprendizaje que conlleve cambios en los significados basados en la experiencia de pensamientos y de acciones conjuntas, que propicien el desarrollo de competencias (Rodríguez et al., 2011 y Regalado-Méndez et al., 2011).

2.2 Las competencias en el ámbito educativo

El término *competencia* es muy controvertido, ya que por un lado no existe una teoría única que sustente al enfoque de competencias en el ámbito educativo (Moreno, 2010) y por otro, por el hecho de que no existe consenso con respecto al concepto, es decir, que posee un carácter polisémico. Pérez Gómez (2008) las define como “*conocimientos y habilidades, para afrontar demandas complejas en un contexto particular, un saber hacer complejo, resultado de la integración, movilización y adecuación de capacidades, conocimientos, actitudes, valores, utilizados eficazmente en situaciones reales*”. En tanto que Regalado-Méndez et al. (2011) definen el concepto de competencia como “*la combinación de destrezas, habilidades y conocimientos necesarios para realizar una tarea*”. En este sentido, el aprendizaje basado en competencias, es el resultado de la integración de experiencias de aprendizaje, donde las habilidades, destrezas y conocimientos interactúan con el fin de desarrollar nuevos conocimientos.

Por su parte, González y Wagenaar (2003) entienden por competencias a aquellos “*puntos comunes de referencia*” dentro de las distintas currículas. En otras palabras, son puntos de referencia acordados conjuntamente y reconocidos dentro de cada una de las áreas y disciplinas específicas. Siguiendo una de las líneas de trabajo del proyecto Tuning¹ se consideran las competencias genéricas, dentro de las cuales se enmarcan la capacidad de aprender y de actualizarse, la capacidad de abstracción, de análisis y de síntesis entre otras; y las competencias específicas de las áreas que difieren de disciplina a disciplina. En tanto que el proyecto DeSeCo² define a las competencias como “*la capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada. Supone una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz*”.

¹ <http://tuning.unideusto.org/tuningal/>

² <http://www.alfared.org/blog/aprendizaje-permanente/252>

Para Pozo y Monereo (2007) el concepto de competencia refiere “*al conjunto de conocimientos y estrategias que pueden permitir a un docente afrontar con éxito los problemas, conflictos y dificultades que de forma más habitual se le presentan durante su ejercicio profesional*”. En esta misma línea, Rodríguez et al. (2011) consideran a las competencias como “*una serie de habilidades y conocimientos*” entre las que mencionan las capacidades de diseño, desarrollo, implementación y mejoras y la habilidad de aplicar conocimientos de matemáticas, ingeniería y ciencias, habilidades para diseño y conducción de experimentos, como también para analizar e interpretar datos, entre otras. Estos requisitos evidencian una relación directa con las competencias genéricas propuestas por el Proyecto Tuning (González y Wagenaar, 2003). En la Tabla 1 puede observarse la clasificación de competencias de este proyecto.

Por otra parte, algunos estudios, como el de Méndez y Roegiers (2005), indican que el concepto de competencia encierra componentes fundamentales que se traducen como “*recursos de conocimientos, aptitudes y comportamientos, que se movilizan para resolver una tarea compleja que exige una situación problema de una disciplina y que debe ser evaluable*”.

Una competencia puede definirse según Roegiers (2007) en términos de cinco características esenciales: a) La movilización de un conjunto de recursos, b) el carácter finalizado, c) la familia de situaciones, d) el carácter disciplinario y e) la evaluación.

A partir de todas estas definiciones sobre el concepto de competencias, en esta tesis entendemos por competencia *a la capacidad para responder exitosamente a demandas complejas y llevar a cabo una actividad o tarea adecuadamente*. Desde esta perspectiva, se acepta que cada competencia se construye a través de la combinación de habilidades cognitivas y prácticas, de conocimiento funcional, motivación, valores, actitudes, responsabilidad, emociones y otros componentes sociales y de conducta.

Tomaremos como referentes algunas investigaciones que analizaron el desarrollo de las distintas competencias tales como Martinho y Pombo (2009), Murillo et al. (2010), Reigosa (2010), García y Benítez (2011) y Rodríguez et al. (2011). Los resultados de estas indagaciones muestran que en entornos interactivos, los estudiantes

desarrollan competencias en distintos niveles (Murillo et al., 2010): competencias científicas generales (Hernández, 2005 y López, 2006), específicas científico-tecnológicas (Martinho y Pombo, 2009), científico-técnica (Reigosa, 2010) y de interacción colaborativa y comunicación (Palacino Rodríguez, 2007; Murillo et al., 2010; Reigosa, 2010; Raviolo et al., 2011; García y Benítez, 2011).

A partir de la clasificación de competencias por parte de los distintos autores expuestos hasta el momento, nos enfocaremos ahora en el estudio de las competencias y su inclusión en el currículum y las principales discusiones actuales.

Tabla 1*Definición de los distintos tipos de competencias empleadas en el Proyecto Tuning*

Tipo de competencias	Definiciones
Competencias transversales	Son aquellas competencias compartidas por todas las materias o ámbitos de conocimiento, también conocidas como competencias genéricas.
❖ Instrumentales	Son aquellas que miden las capacidades y la formación del egresado, constituyen un medio para obtener un determinado fin. Ejemplo de este tipo de competencias son las capacidades de análisis y síntesis, de organización, de planificación, de comunicación oral y escrita en la propia lengua. Incluyen también las habilidades básicas de manejo de computadora, de gestión de la información (búsqueda y análisis de información proveniente de fuentes diversas), de resolución de problemas y de toma de decisiones.
❖ Personales	Miden las habilidades de relación social y de integración en diferentes colectivos y la capacidad de trabajar en equipos específicos multidisciplinares; se trata de las capacidades que permiten que las personas tengan interacción con los demás. Se refieren a la capacidad de crítica y autocrítica, de comunicación con expertos de otras áreas, de trabajo en equipo, de apreciación de la diversidad y de la multiculturalidad, a la habilidad para trabajar en un contexto internacional y el compromiso ético.
❖ Sistémicas	Son las destrezas asociadas con la comprensión de la totalidad de un sistema; se asocian con las cualidades individuales tales como las capacidades para aplicar los conocimientos en la práctica, para aprender, para adaptarse a nuevas situaciones, para generar nuevas ideas (creatividad), de diseño y gestión de proyectos, de liderazgo, a la habilidad de investigar, de trabajo autónomo, a la motivación hacia el logro y la preocupación por la calidad.
Competencias específicas	Son aquellas relacionadas con disciplinas concretas y están más ligadas con los conocimientos.
❖ Académicas	Se refieren a los conocimientos teóricos de la disciplina (conocer).
❖ Disciplinarias	Es el conjunto de conocimientos prácticos requeridos en cada sector profesional (hacer).
❖ Profesionales	Incluyen habilidades de comunicación e investigación aplicadas al ejercicio de una profesión (saber-hacer).

2.2.1 Algunas discusiones acerca del currículo basado en competencias

En lo que respecta al desarrollo de un currículo por competencias, existen posiciones encontradas. Por un lado, están los que exponen que con este nuevo enfoque se ha pasado de un curriculum enciclopédico, centrado en la enseñanza y con prioridad en los contenidos disciplinares a un curriculum flexible, cuyo enfoque se basa en las competencias, centrado en el aprendizaje y de carácter interdisciplinario (Moreno, 2010). Por otro lado, Torres Santomé (2008) plantea que se ha dejado al margen el análisis crítico de los contenidos a enseñar y a aprender, en pos del desarrollo de capacidades. Es decir que se presenta un corrimiento del currículo desde el marco conceptual hacia el marco procedimental (Álvarez Méndez, 2008), dejando de lado ciertos elementos que componen la estructura del mismo, incluyendo la evaluación. Esta idea es completada por Barnett (2001) quien indica que se ha pasado del *“conocimiento como contemplación hacia el conocimiento como operación”*.

Desde otra perspectiva, para Pérez Gómez (2008) este planteamiento del curriculum por competencias presenta un reto educativo en función de responder a la sociedad de la comunicación y la información, a las demandas formativas de los individuos y propone fomentar la enseñanza en el desarrollo de habilidades, capacidades, actitudes y valores. En este marco, se considera la finalidad de la escuela en términos de competencias fundamentales, es decir aquellas que contemplan un *“saber hacer complejo y adaptativo, esto es, un saber que se aplica no de forma mecánica sino reflexiva; es susceptible de adecuarse a una diversidad de contextos y con un carácter integrador, abarcando conocimientos, habilidades, emociones, valores y actitudes”* (Moreno Olivos, 2010, pp. 292) que evolucionan a lo largo de la vida. Estas competencias desde el proyecto DeSeCo³ cumplen con el requisito de *“obtener resultados de alto valor personal o social, poder aplicarse a un amplio abanico de contextos y ámbitos relevantes, y permitir a las personas que la adquieren superar con éxito exigencias complejas”*. Sin embargo, Gimeno Sacristán (2008) critica este aspecto al exponer que el planteamiento que toma como base el currículo por competencias suele presentar tres enfoques:

³ <http://www.alfared.org/blog/aprendizaje-permanente/252>

a) el que reacciona en contra de los aprendizajes academicista, que no ofrecen el desarrollo de habilidades, actitudes y valores, sino que se limitan a la memorización de conceptos que luego de evaluados suelen olvidarse;

b) el que propone una orientación más precisa de la enseñanza desde un enfoque procedimental, a través de experiencias de formación profesional, en las que se ponen a prueba determinadas destrezas, habilidades y competencias; y

c) el que justamente discute que la “funcionlidad” es la meta de toda educación, haciendo referencia a que los saberes adquiridos puedan ser transferidos a otras disciplinas o cualquier actividad en general, ya sea manual, conductual, intelectual, expresivas, de comunicación o relación.

Otro aspecto que presenta una dualidad de opiniones es el origen del término competencia el cual se sitúa en la teoría conductista y en la teoría del capital humano (Torres, 2010). Como también, su inclusión en un proyecto curricular que supone una propuesta de carácter programático y pragmático con una tendencia operacional y una connotación de eficiencia (Álvarez Méndez, 2008). Asimilando la preparación docente a la de un trabajador técnico de una industria (Martínez Rodríguez, 2008), en donde el proceso interdisciplinario no está presente y la evaluación se reduce a un mecanismo de control y tiende a confundirse con la calificación (Álvarez Méndez, 2008). Sin embargo, Pérez Gómez (2008) sin discutir el origen del término, plantea el hecho de que actualmente debe relacionarse el concepto de competencia con saber, saber hacer y querer hacer. Esto impacta directamente en la concepción, el diseño, el desarrollo y la concepción del currículum. De esta manera, nos obliga a pensar necesariamente en un cambio con respecto al entorno de aprendizaje, el proceso de evaluación y el rol del docente.

En particular, en lo que respecta al desarrollo específico de las competencias científico-tecnológicas, existen acuerdos en relación a la importancia que tienen dentro de la educación en Ciencias (Murillo et al., 2010; Hernández, 2005; López, 2006; Martinho y Pombo, 2009; López García, 2004; Reigosa, 2010). El interés se centra en cómo potenciar el proceso de enseñanza aprendizaje en Ciencias, con el objetivo de que los estudiantes logren comprender los fenómenos naturales y posean herramientas que les permitan interactuar eficazmente con el mundo. En relación a esto López García (2004) expone algunos puntos a tener en cuenta para el desarrollo de competencias

científico-tecnológicas en clases de ciencias: a) brindar a los estudiantes actividades científicas que se relacionen con su contexto inmediato; b) que dichas actividades signifiquen “hacer ciencia”; c) que se posibilite el desarrollo de habilidades científicas como la observación, el planteo de hipótesis, la experimentación, el análisis de resultados, entre otras; d) hacer un breve análisis de la epistemología de la ciencia; e) profundizar los temas abordados; f) propiciar el trabajo colaborativo; g) mostrar las aplicaciones de las actividades de ciencia y tecnología en la sociedad y h) promover actividades integrales.

Si bien algunos autores discuten este enfoque, de manera general sostenemos que la incorporación de las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje de las Ciencias favorece el desarrollo de competencias por parte de los estudiantes. A continuación, nos enfocaremos en la enseñanza de la Física en particular y el desarrollo de las competencias científico-tecnológicas, que junto con las demás disciplinas que conforman las Ciencias Naturales, se vinculan más íntimamente con el quehacer científico (Murillo et al., 2010; Hernández, 2005 y López, 2006; Martinho y Pombo, 2009; Reigosa, 2010).

2.2.2 Competencias científico-tecnológicas en la enseñanza de la Física

En relación a las competencias científico-tecnológicas, Murillo et al. (2010), García y Benítez (2011) y Raviolo et al. (2011), destacan que las TIC favorecen el desarrollo de las capacidades de razonamiento, argumentación, intuición y generalización. Así como también la posibilidad de establecer conexiones e integrar conceptos y procedimientos, la resolución de ejercicios y problemas abiertos, potenciando así el desarrollo de las competencias lógico matemáticas. A ellas se le suman el desarrollo de las competencias digitales (Vivancos, 2008), de competencias cognoscitivas (Gallego Torres y Gallego Badillo, 2006), las capacidades de resumen y las habilidades para la elaboración de tablas y gráficos (Reigosa, 2010). A su vez, Rodríguez et al. (2011) exponen que al trabajar en un ambiente virtual se promueven nuevas habilidades por parte de los estudiantes, como lo son la discusión y la participación en foros.

Por su parte, Martinho y Pombo (2009) y Reigosa (2010) señalan que la inclusión de las TIC en la enseñanza de las ciencias naturales son una estrategia satisfactoria, ya que proporcionan un ambiente más motivador y atractivo. Logrando mayor atención y compromiso por parte de los estudiantes y obteniendo mejores resultados en términos de evaluación.

En lo que respecta al *desarrollo de capacidades científicas específicas* para la Física, diversos autores destacan la necesidad de seleccionar actividades que permitan la observación, la interpretación, el análisis, la reflexión, la fundamentación, el pensamiento crítico, la argumentación, la explicación y la valoración (Silva-Córdoba, 2011; Solbes y Sincarar, 2010; Kofman, 2004). A partir de estas competencias, los estudiantes pueden interpretar y re-significar los fenómenos estudiados.

Otra perspectiva de análisis interesante es el vínculo entre el desarrollo de competencias científico-tecnológicas y los nuevos escenarios de comunicación (Suárez, 2009) que se crean en los ambientes virtuales. En este sentido, García y Benítez (2011) plantean que para promover interacciones colaborativas en el aprendizaje de las ciencias y en particular de la Física es necesario pensar a priori en el diseño y guía de las actividades que promuevan dichas competencias. En otras palabras, se generan nuevos desafíos de carácter pedagógico didáctico.

En este mismo sentido, Martinho y Pombo (2009), Reigosa (2010) y Rodríguez et al. (2011), indican que la implementación de la formación por competencias presenta un desafío para el docente ya que demanda el replanteo de una metodología didáctica que incluya el aprendizaje basado en problemas y en proyectos.

A partir de lo expuesto anteriormente, podemos decir que la implementación de las TIC en la enseñanza de la Física y en particular en la enseñanza de la Dinámica se muestra como una estrategia válida en la medida que motiva, favorece el desarrollo de diversas capacidades y competencias entre ellas las científico-tecnológicas.

La enseñanza de la Dinámica y el desarrollo de competencias

La enseñanza de la Física en general y de la Dinámica Newtoniana en particular, permite incorporar un gran número de modelos explicativos de fenómenos naturales como el movimiento y también conceptos como fuerzas, masa y aceleración, entre otros. Estos conceptos brindan a los estudiantes un cuerpo de conocimientos necesario para resolver los problemas que cotidianamente se presentan, fomentando la observación, el análisis, la interpretación y la construcción del aprendizaje (Aguilera, 2006).

En particular, a partir de la interpretación de las Leyes de Newton, se procura dar explicación a diversos fenómenos naturales, avanzando en la comprensión e interrelación de los conceptos de fuerza, masa, inercia, velocidad y aceleración. Un aspecto a considerar de esta temática es que si bien los conceptos antes mencionados están presentes en fenómenos naturales o en situaciones cotidianas, son difíciles de comprender por varias razones que analizaremos a continuación.

Dificultades de la enseñanza de la Dinámica

La comprensión de los conceptos de la Mecánica Newtoniana presenta grandes desafíos para los estudiantes. Al respecto, existen diversas investigaciones que ponen en evidencia las dificultades en la enseñanza y el aprendizaje. En particular, Brown (1960) y Alonso Sánchez (1996) estudiaron cómo afecta el problema de los sistemas de referencia a la construcción de la Mecánica o la diferenciación entre las definiciones de la masa inercial y la masa gravitatoria. Estos autores concluyen que para la apropiación e interiorización del concepto de masa tanto inercial como gravitatoria, es necesaria la realización de actividades no aisladas, sino incluidas en un currículo global, que promuevan la formulación de predicciones y el análisis de resultados con el fin de favorecer la construcción de estos conceptos.

En esta misma línea Alonso Sánchez (2007) trabajó específicamente sobre animaciones Modellus en la enseñanza de la Mecánica Newtoniana. Este autor expone que las animaciones resuelven cualitativamente el problema de comparar la descripción de un mismo movimiento utilizando dos sistemas de referencia diferentes. Además, sostiene que las animaciones contribuyen al acercamiento de conceptos más avanzados, mostrando a la Física como una ciencia en evolución. Por último, plantea que si bien

estas herramientas están disponibles en la Web, resulta interesante la elaboración de recursos propios, adaptados a las necesidades inherentes al contexto y a las estrategias didácticas del docente. En este mismo sentido, García Barneto y Gil Martín (2006), fomentan las investigaciones educativas con el fin de desarrollar nuevas estrategias didácticas acordes a los desafíos planteados.

Por otra parte, existen numerosas investigaciones que muestran las *dificultades en la enseñanza-aprendizaje de la Dinámica*. Entre ellas encontramos las de Carrascosa (1985); Carrascosa y Gil (1992); Mc Dermott, (1993 a, b); Vicario (2013) que analizaron las condiciones a partir de las cuales los estudiantes relacionan las fuerzas con la causa del movimiento. A partir del planteo de variadas situaciones problemáticas, la mayoría complementadas con apoyaturas visuales, encontraron que para los estudiantes el movimiento tiene lugar en la dirección de la fuerza y de aplicarse una fuerza ésta es en la dirección del movimiento, sin considerar que pueden existir otras fuerzas actuantes en direcciones distintas a las del movimiento del cuerpo. Por consiguiente, la ausencia de fuerzas explica el estado de reposo, siendo que en realidad la sumatoria de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo es nula. A esto se le suma la idea de que los cuerpos en movimiento “poseen” fuerzas y que un movimiento rectilíneo uniforme, exige una fuerza constante proporcional a su velocidad, en lugar de entenderlo como un movimiento en el cual la velocidad es constante. Por último, señalan la idea de que los cuerpos más pesados caen más deprisa, siendo que la cinemática de la caída libre de los cuerpos es independiente de la masa de los mismos. Por su parte, Vicario (2013) enmarca estos aportes dentro del Modelo Aristotélico, agregando que son pocos los estudiantes que poseen representaciones acordes al Modelo Newtoniano y a los estudiantes que presentan contradicciones en sus explicaciones los sitúa en un modelo Pre newtoniano.

Otras de las dificultades analizadas son las condiciones que llevan a los estudiantes a plantear una relación causal entre la fuerza, la energía y el movimiento. Al respecto Giorgi et al. (2005) y Bravo y Pesa (2005) intentaron establecer las conexiones entre los patrones de razonamiento de los estudiantes a partir de experimentos, actividades de observación, planteo de hipótesis, predicción e interpretación. Al respecto, encontraron que los estudiantes no poseen una conceptualización científica de fuerza ya que las representaciones que ellos construyen sobre los fenómenos de la

Dinámica, están involucradas a significaciones del término fuerza asociadas a la energía y a la cantidad de movimiento. Completa esta idea Vicario (2013) al exponer que los estudiantes poseen una noción intuitiva sobre el principio de conservación de la energía y desconocen el concepto de conservación de la cantidad de movimiento.

Por su parte, García Barneto y Gil Martín (2006), trataron el problema que generan los procesos de abstracción que implican las matemáticas involucradas en los fenómenos físicos. Encontraron que en el campo didáctico, las simulaciones interactivas facilitan el aprendizaje de conceptos y principios basados en la investigación. Por lo tanto, se requiere que el docente presente una secuencia didáctica orientada al estudio de los fenómenos desde un enfoque netamente fenomenológico. En otras palabras, resulta necesaria una secuencia que permita a los estudiantes modelar los fenómenos sin hacer uso de las matemáticas, apoyando el uso de procedimientos propios del trabajo científico.

Tomando como antecedentes las investigaciones de Bohigas, Jaen y Novell (2003) y Bouciguez y Santos (2010) quienes utilizaron applets para la enseñanza de la física, las de Zamorro et al. (1998) que utilizaron simulaciones interactivas sobre unidades didácticas en Física, los aportes de García Barneto y Bolívar Raya (2005) quienes trabajaron con simulaciones informáticas en la enseñanza de la Física para movimientos armónicos simples y ondulatorios, y las indagaciones de Alonso Sánchez (2007) quien trabajó específicamente sobre animaciones Modellus en la enseñanza de la Mecánica Newtoniana, proponemos la utilización de recursos educativos presentes en Internet, específicamente las *simulaciones applets java* como posible herramienta para sortear las dificultades antes mencionadas y específicamente para el desarrollo de competencias científico-tecnológicas, aspecto que analizaremos a continuación.

2.2.3 Las competencias científico-tecnológicas y las TIC

Pensar que las tecnologías van a hacer la diferencia por el solo hecho de estar disponibles tanto para docentes como para alumnos, sería caer en un error. La inclusión de las TIC en los ámbitos educativos favorece al desarrollo de competencias siempre y cuando los docentes estén al tanto de las potencialidades que estas

tecnologías ofrecen (Manso et al., 2011). Es decir que, la naturaleza innovadora del uso de las TIC demanda por parte de los docentes una reflexión sobre la propia práctica, y capacitación para poder introducir las TIC desde nuevas perspectivas (Martinho y Pombo, 2009). Coinciden con esta idea López y Morcillo (2007) al considerar que la incorporación de las tecnologías al aula supone un desafío para los profesores que encuentran innumerables barreras para su utilización, ya que no puede generarse un cambio significativo en el desarrollo de las clases, si la inclusión de las TIC se limita únicamente al cambio del recurso didáctico. Según Coll (2007), el problema no se centra en el uso de las tecnologías sino en el contexto y la finalidad de dicho uso. Por su parte, Andramunio (2004) completa esta idea al decir que el verdadero poder educativo que poseen las TIC *“se desencadena cuando son utilizadas por el maestro y los alumnos para crear sus propios materiales y experiencias de aprendizaje”*. Luego, ambos actores pasan a ser sujetos activos dentro del proceso de construcción del conocimiento.

Además, el desarrollo de competencias debe contemplar la actualización de técnicas de enseñanza y permitir detectar necesidades de capacitación en base a la práctica del plan curricular (Baéz Pérez et al., 2006). Es decir que si bien es importante el hecho de implementar TIC junto con innovaciones en las metodologías educativas para fortalecer la alfabetización científica y el proceso de aprendizaje, se percibe que la mayoría de las propuestas sólo complementan a otras actividades (Capuano, 2011). Quizás esto se deba en parte a que desde el punto de vista de los docentes, existe una cierta carencia de materiales curriculares en formato digital diseñados para trabajar los contenidos procedimentales. Ya que disponer de materiales que permitan el abordaje de ciertos contenidos es fundamental para lograr la integración curricular de las TIC (López García y Morcillo Ortega, 2007). Además, hay que considerar el hecho de que en Internet hay mucha información pero a veces no se encuentra la herramienta (wiki, simulaciones, laboratorios virtuales, webquest, por ejemplo) acorde a la temática que se desea desarrollar. Al respecto, Capuano (2011) nos dice que para que las estrategias educativas potencien el desarrollo de competencias a partir del uso de las TIC, se requiere contemplar a los estudiantes como sujetos de investigación. Incluso hay posturas (San Martí e Izquierdo, 2001; Pontes, 2005) que indican que no se ha logrado superar una primera fase exploratoria, en donde no se avanza más allá de las propuestas

de distintas modalidades de trabajo en el aula, en lugar de implementarse desde la perspectiva de la investigación educativa

Sin embargo, existe literatura (López García, 2004) en donde se le brinda especial atención a la enseñanza de la ciencia dentro de un contexto de investigación interdisciplinar, con visión integradora de las asignaturas que la conforman (Física, Biología, Química). Ya que si bien cada una de estas asignaturas posee un cuerpo de conocimientos propio, los mismos se muestran coexistiendo en la manifestación de un fenómeno natural. Haciéndose esto evidente en distintos proyectos presentados en donde se entiende a la educación científica como la unión entre ciencia, matemática y tecnología (Proyecto 2061⁴), que si bien son independientes, se relacionan y potencian entre sí. O bien donde se busca renovar el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias (Proyecto Pequeños Científicos⁵) a través del desarrollo de las competencias científicas básicas. Como así también propiciar el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (Programa Ondas⁶) a través de proyectos de investigación en los cuales se prioriza la construcción colectiva y el desarrollo de competencias.

Desde el punto de vista de cada asignatura, la implementación de las TIC para la formación en el desarrollo de competencias presenta un abanico de posibilidades bastante amplio. De acuerdo con Andramunio (2004) la enseñanza de la matemática y las ciencias implementando TIC podrían fomentar el desarrollo de las competencias tecnológicas, a partir de experiencias que faciliten la comprensión de los conceptos. Además, de manera interdisciplinar pueden utilizarse desde procesadores de texto, de gráficos y de bases de datos con el fin de potenciar dichas competencias.

Las competencias comunicativas a través del desarrollo de habilidades en lectura, escritura y oralidad (Suárez, 2009; Vicario, 2013) pueden ser potenciadas a partir de las distintas herramientas interactivas y de multimedia que se encuentran disponibles en la red. Como por ejemplo los videos, la búsqueda de información, los documentales, entre otros, que pueden ser utilizados para potenciar habilidades de expresión, análisis, reflexión, indagación, proposición, interpretación, argumentación y

⁴ <http://www.project2061.org/esp/about/default.htm>

⁵ <http://www.pequenoscientificos.org/>

⁶ http://www.colciencias.gov.co/programa_estrategia/programa-ondas

diálogo entre otras. Sin embargo, Andramunio (2004) llama nuevamente la atención en el hecho de que depende más de cómo se use la tecnología, que la disposición en sí misma. Es decir, si se aprovecha para ayudar al desarrollo de competencias puede tener grandes ventajas, pero si sólo se limita su uso a la transmisión de contenidos, quizás genere más pereza mental y una actitud pasiva, sin la necesidad de un procesamiento profundo.

En esta línea, Suárez (2009) sostiene que el proceso de enseñanza aprendizaje se ve fortalecido con el uso de las TIC como una herramienta didáctica, permitiendo el desarrollo de competencias teórico-prácticas. Sin embargo, nos plantean el interrogante de si verdaderamente las TIC contribuyen “al cambio” en las prácticas educativas y en el proceso de enseñanza aprendizaje. Ya que su implementación no trascendería el proceso de enseñanza aprendizaje, si éste se limita solamente al uso de la PC por parte de los estudiantes para realizar exposiciones o al uso de Internet para la resolución de tareas. Desde el punto de vista de los estudiantes, si bien la mayoría considera que el uso de las TIC favorece su proceso de aprendizaje, algunos sostienen que son un factor de distracción y plantean el hecho de que no todos tienen la facilidad de acceder a ciertos recursos y a veces la institución educativa no cuenta con el requisito necesario de una sala de informática equipada y con acceso a la red (Martinho y Pombo, 2009). Otros aspectos a destacar por algunos autores es la escasez de recursos disponibles en español (López García y Morcillo Ortega, 2007), y el hecho de que las aplicaciones disponibles en la web no incorporan la evaluación como parte de la propuesta didáctica (García Barneto y Gil Martín, 2006). Sin embargo, como analizaremos a continuación existen recursos disponibles en la web, como lo son las Simulaciones, que brindan posibles opciones para el desarrollo de competencias en la enseñanza de la ciencia.

2.3 Las simulaciones en la enseñanza de la ciencia

Las simulaciones son un recurso que en los últimos años ha tomado un especial interés desde el enfoque didáctico para la enseñanza de las ciencias naturales. Estos recursos, son una alternativa barata, amigable, divertida y eficiente, conforman una herramienta de autoaprendizaje que permite a los estudiantes interactuar, realizar aproximaciones o modelar fenómenos mediante objetos dinámicos, imágenes o

animaciones, modificar variables, expresar sus puntos de vista, utilizar el tiempo para formular preguntas, predecir, plantear hipótesis, diseñar experiencias, realizar medidas y analizar resultados, haciendo posible con ello aproximaciones a los fenómenos naturales, obteniendo así una visión más intuitiva (García Barneto y Bolívar Raya, 2008; Bouciguez y Santos, 2010). Además el uso de simulaciones en clase de Física permite interpretar fenómenos naturales que luego pueden ser aplicados a otras disciplinas, ocultan el modelo matemático (Zamarro et al., 1998; García Barneto y Bolívar Raya, 2008) y reducen el tiempo dedicado a los cálculos repetitivos y mecánicos (Rosado y Herreros, 2005).

Otra ventaja de las simulaciones es que permiten sustituir la secuencia didáctica habitual favoreciendo el aprendizaje de conceptos y principios basados en la investigación (Fejes et al., 2008). Además permiten a los estudiantes identificar fenómenos naturales de manera interdisciplinaria (García Barneto y Gil Martín, 2006). En esta misma línea, García Barneto y Gil Martín (2006), destacan el hecho de que las simulaciones que no poseen datos numéricos, llevan a los estudiantes a plantear hipótesis y analizar el fenómeno de forma cualitativa. Es decir que la eliminación de datos numéricos fomenta el tratamiento cualitativo del fenómeno, evitando la resolución mecánica de los ejercicios (Gil et al., 1991).

A partir de las lecturas realizadas, encontramos que se registran estudios que clasifican las simulaciones en *computacionales* y *educativas* (Fejes et al., 2008). Dentro de ellas se proponen como recurso didáctico los *applets java* en internet (Zamarro et al., 1998; García Barneto y Gil Martín, 2006; García Barneto y Bolívar Raya, 2008; Bouciguez y Santos, 2010), y se los categorizan según el eje disciplinar y tecnológico en dos grupos a) colecciones de applets, en donde sólo se indica el funcionamiento de la aplicación y b) unidades didácticas interactivas, las cuales integran las simulaciones en un contexto educativo. Estos estudios realizan una propuesta de uso de simulaciones orientada a la resolución de problemas mediante investigaciones dirigidas.

Por su parte García Barneto y Gil Martín (2006); Rosado y Herreros (2005); Bohigas et al. (2003); García Barneto y Bolívar Raya (2005); Alonso Sánchez (2007); Bouciguez y Santos (2010) y Raviolo et al. (2011), destacan la utilización de los *physlets* o *simulaciones applets para la enseñanza de la Física* en la resolución de

problemas abiertos, como así también para la creación de material interactivo diseñado en torno a las necesidades conceptuales de los estudiantes.

Considerando estos antecedentes, en este trabajo utilizaremos las *simulaciones educativas computacionales* (Fejes et al., 2008; García Barneto y Bolívar Raya, 2008), en particular, las *applet java* que como recurso didáctico suponen un avance cualitativo en la enseñanza de la Física.

Es por ello que a continuación analizaremos cómo el uso de estas simulaciones en la enseñanza de la Física, facilitan la visualización y la modelización de fenómenos y el aprendizaje de conceptos abstractos, sin la necesidad de realizar cálculos matemáticos permitiendo así sustituir la secuencia didáctica habitual y el abordaje de los conceptos de forma interdisciplinar.

2.3.1 La enseñanza de la Física a partir del uso de simulaciones applets java

Como antecedentes de simulaciones applets para la enseñanza de la Física, encontramos numerosas investigaciones. Los trabajos de Zamarro et al. (1998) sobre unidades didácticas en Física, muestran que las simulaciones facilitan la comprensión de fenómenos naturales y la introducción de conceptos abstractos. Estos autores destacan tres cualidades básicas de las simulaciones gráficas: la reducción de la carga matemática, el uso de los principios básicos y la posibilidad que les plantea a los estudiantes de aprender investigando. Por otro lado, Bouciguez y Santos (2010) presentan a los applets como un recurso que permite superar la dificultad que plantean las representaciones estáticas de fenómenos dinámicos. Es quizás por ello que el uso de simulaciones complementa las actividades prácticas experimentales con la presentación de software con imágenes animadas (Capuano, 2011). Para García Barneto y Gil Martín (2006), el uso de simulaciones applets java puede servir por una lado para los docentes como un recurso disparador o bien para anticipar la experiencia del laboratorio real, y por otro, para los alumnos como un medio para la resolución de problemas, como así también para profundizar de manera autónoma sobre los contenidos trabajados en clases. En este sentido, *“la simulación interactiva debe ser embebida dentro de un conjunto de elementos multimedia que guíen al alumno”* (Rosado y Herreros, 2005) en

el proceso de aprendizaje permitiendo así abordar entornos de aprendizaje constructivistas.

Por su parte, Bohigas et al. (2003) impulsan la utilización de los fislets como una herramienta válida para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje. Sin embargo, estos autores al igual que Alonso Sánchez (2007), García Barneto y Bolívar Raya (2005) y García Barneto y Gil Martín (2006) exponen que la incorporación de los fislets exige un replanteamiento didáctico por parte de los docentes.

Por último, García Barneto y Bolívar Raya (2005) quienes trabajaron con simulaciones informáticas para movimientos armónicos simples y ondulatorios, proponen a las simulaciones como un instrumento motivador, que contribuye a la mejora de los aprendizajes de conceptos físicos y facilitan la comprensión de conceptos en un contexto investigativo.

A partir de los antecedentes nombrados, elaboramos nuestra propuesta que consiste en trabajar con simulaciones applets Java (García Barneto y Bolívar Raya, 2008; Bouciguez y Santos, 2010), ya que las mismas están disponibles de forma libre, son una alternativa barata, amigable, divertida y eficiente, conforman una herramienta de autoaprendizaje, permiten a los estudiantes interactuar, realizar aproximaciones o modelar fenómenos mediante objetos dinámicos, imágenes o animaciones, modificar variables, expresar sus puntos de vista, utilizar el tiempo para formular preguntas, predecir, plantear hipótesis, diseñar experiencias, realizar medidas y analizar resultados, haciendo posible con ello aproximaciones a los fenómenos naturales, obteniendo así una visión más intuitiva.

Como ya se argumentó, la utilización de este recurso, por sí solo no supone una mejora en la calidad educativa, sino que depende de las estrategias empleadas. Es decir que debe ir acompañado por actividades de reflexión y explicación, con base en los conceptos físicos, para no caer en la mecanización y producción de tareas que carezcan de sentido (Raviolo et al., 2011). Es por ello que buscamos plantear actividades mediante una problematización que ponga en juego la actividad cognitiva y metacognitiva de los estudiantes, que promueva la motivación hacia el estudio de las ciencias, el dominio de procedimientos específicos, que contribuya a la comprensión de

modelos teóricos científicos y genere condiciones adecuadas para el desarrollo de actitudes vinculadas a la tarea científica (García Barneto y Gil Martín, 2006).

En el capítulo siguiente se presentan las estrategias metodológicas que guiaron la formulación de esta tesis.

CAPÍTULO 3
FUNDAMENTACIÓN
METODOLÓGICA

Capítulo 3. FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA

En el desarrollo de esta tesis nos situamos en la concepción de los hechos educativos a partir de las ideas que nos propone Rockwell (1987). Es decir que entendemos a la escuela como una construcción social, cultural e histórica, en la que se establecen redes de interacciones complejas y multicausales que se redefinen y forman parte de relaciones de poder.

Abordar el estudio de situaciones de esta naturaleza compleja y multicausal requiere de un posicionamiento epistemológico que reconozca dichas particularidades. Una manera de abordarlo es a través de la investigación educativa cualitativa la cual según Rodríguez Gómez et al. (1996) se caracteriza por estar inmersa en un contexto social, histórico y temporal. En este contexto, la conducta humana se define de manera compleja y los significados de esas conductas se construyen dentro de una cultura determinada. Por este motivo la teoría pasa a ser relativa, no generalizable y se desarrolla en función de las conductas en un determinado grupo humano.

El objeto de estudio de este tipo de investigaciones pertenece a una realidad múltiple e intangible por lo cual el enfoque se plantea de manera holística. Con respecto al investigador, tendrá como objetivo analizar la realidad para generar instancias de reflexión en las que tratará de responder a los por qué y para qué tratando de fundamentar desde la práctica los presupuestos teóricos (Bisquerra Alzina et al., 2009).

Es por ello, que nuestro trabajo busca la comprensión de la multiplicidad de las concepciones de los diversos grupos de estudiantes, ya que cuanto más logremos profundizar en esta diversidad mejor conoceremos al grupo en su dimensión global. Es por esto que la metodología de esta tesis se presenta como flexible y abierta, con una mirada holística que nos permita comprender los procesos que se desarrollan en las aulas. Considerando estos fundamentos es que proponemos al estudio de caso como estrategia de diseño para nuestra investigación.

3.1 Tipo de investigación

En esta tesis llevamos a cabo una investigación cualitativa y utilizamos como estrategia de diseño (Wolcott, 1992) un **Estudio de caso**. El enfoque metodológico utilizado corresponde a una clase de diseño no-experimental y cualitativo (Mertens, 2005; Williams et al. 2005), caracterizado por su flexibilidad y capacidad de adaptación.

Existen diversas definiciones que nos acercan a la concepción de un estudio de caso (Macdonald y Walker, 1975; Denny, 1978; Stake, 1994, 1998; Stenhouse, 1990), para esta tesis adoptaremos la que refiere a *“un proceso de indagación que se caracteriza por el examen detallado, comprehensivo, sistemático y en profundidad del caso objeto de interés”* (García Jimenez, 1991).

A partir de lectura de distintos trabajos de investigación, podemos decir que los estudios de caso se caracterizan por ser holísticos, centrados en las relaciones (Janesick, 1994), particularistas, descriptivos, heurísticos e inductivos (Merriam, 1988). Asimismo, proporcionan abundante descripción del objeto de estudio, utilizan técnicas narrativas y literarias para describir y analizar las situaciones (Stenhouse, 1990) y permiten el análisis de los fenómenos a estudiar en su contexto real, que a su vez se constituyen en fuentes de la información (Rodríguez Gómez et al., 1996; Jiménez-Chaves, 2012).

De las distintas tipologías de los estudios de caso, tomaremos para esta tesis la clasificación realizada por Yin (1984), correspondiente a un estudio de caso único e inclusivo, único por que se trabajó con un curso de quinto año de Física de una escuela privada secundaria de la ciudad de Córdoba, e inclusivo ya que cada uno de los estudiantes representó a cada una de las unidades de análisis. Este curso fue elegido por presentar características particulares que colaboraron con la investigación, por ejemplo la institución presenta una sala de computación adecuada para el uso de internet y además el docente de la cátedra trabaja habitualmente con simulaciones. Se asume que estas características son particulares de un grupo y por ello no se buscará que las conclusiones obtenidas sean extrapoladas.

La elección de esta tipología fue realizada por su carácter crítico, único y revelador, y a su vez, porque permite ser replicado (Yin, 1984). Además, los estudios de caso tal como expresan Guba y Lincoln (1981) nos permiten realizar una crónica de lo sucedido, representar o describir situaciones o hechos, proporcionar conocimientos acerca del fenómeno estudiado, como así también comprobar los efectos, relaciones y contextos presentes en una situación o grupo de individuos analizados.

Tomando en consideración estas características del estudio de caso, estructuramos nuestra tesis en función los objetivos planteados con diversas estrategias metodológicas como se describe a continuación.

3.2 Identificación de las competencias científico-tecnológicas y las dificultades en la resolución de problemas antes de la intervención didáctica

Objetivo 1: *“Identificar las competencias científico-tecnológicas y las dificultades que presentan los estudiantes al resolver problemas aplicando las Leyes de Newton”*.

Con el propósito de caracterizar al grupo clase de manera general e identificar las competencias científico-tecnológicas y las dificultades que presentan los estudiantes al resolver problemas se construyó un cuestionario que denominamos **Cuestionario Inicial** (Anexo A). Este instrumento indagó información acerca de su edad, género, dificultades al abordar problemas sencillos, dificultades que presentan para el proceso de aprendizaje de las ciencias naturales y, en particular en Física con el manejo de TIC.

Cabe destacar que para poder evaluar la capacidad para resolver problemas referidos a los contenidos de Dinámica, se trabajaron inicialmente situaciones de Cinemática debido a que este tema ya había sido desarrollado con anterioridad por el grupo clase con su profesor.

Para la confección del Cuestionario Inicial se redactaron múltiples preguntas, situaciones, ejemplos, gráficos, los cuales fueron seleccionados y

reformulados a partir de las actividades propuestas por Carrascosa (1985), Carrascosa y Gil (1992) y Mc Dermott (1993 a, b) con el fin de hacerlo pertinente, cercano y familiar a los estudiantes. Luego el Cuestionario Inicial (Anexo A) fue sometido al juicio de dos expertos, uno del área de la Educación en Ciencias y otro del área de la Física. Por último, el instrumento fue testado con un grupo piloto correspondiente a un quinto año de otra institución privada de la provincia de Córdoba. En función de los aportes realizados por los estudiantes y la opinión de los expertos, se modificó el instrumento hasta llegar a su versión final la cual se estructuró en tres partes.

En la parte “A” se indaga a los estudiantes acerca de la edad, el género, el curso y la especialidad. La parte “B” se refiere al desarrollo de competencias científico-tecnológicas, allí los estudiantes deben formular preguntas, plantear hipótesis, identificar y determinar (en algunos casos) variables, y decidir entre la veracidad o falsedad de ciertos enunciados a partir de la observación de distintos gráficos de posición en función del tiempo o bien directamente desde imágenes. Así también deben interpretar el desplazamiento, la velocidad y la aceleración de un cuerpo a partir de los gráficos de posición, velocidad y aceleración en función del tiempo.

La parte “C” aborda la resolución de problemas y plantea nueve situaciones distintas en las que los estudiantes debieron, según el caso, graficar vectores, decidir si un enunciado es verdadero o falso y justificar, seleccionar un gráfico o una opción de acuerdo a una situación anteriormente enunciada, o bien completar un párrafo. Este cuestionario fue aplicado durante tres horas cátedras a cada uno de los estudiantes que integraban el curso una semana antes que comenzara el desarrollo de la innovación.

Con respecto a las categorías que utilizamos para analizar las *competencias científico-tecnológicas*, se consideraron: la metodología, la ciencia, la relación CTS, la relación e interacción, la capacidad de análisis y síntesis, la gestión de la información, el trabajo en equipo, el compromiso ético y la capacidad de aprender, (Murillo et al., 2010; Martinho y Pombo, 2009; Hernández, 2005; Vivancos, 2008; García y Benítez, 2011; Rodríguez et al., 2011 y Reigosa, 2010). Además se tuvieron en cuenta las categorías que emergieron de los datos obtenidos, entre ellas la formulación de preguntas, el planteo de hipótesis, la identificación y modificación de variables, la interpretación de

gráficas de funciones, el manejo de ecuaciones, sistemas de unidades y el manejo de calculadora.

Por otra parte, con el objetivo de conocer cuál era la mirada del profesor acerca de las competencias científico-tecnológicas que los estudiantes tenían, cuáles aquellas que todavía no habían potenciado y las dificultades que presentaban los estudiantes a la hora de resolver ejercicios de Física y más específicamente ejercicios que involucraran las Leyes de Newton, se realizó al docente a cargo del curso una Entrevista Inicial semi-estructurada (Anexo B). Este instrumento también nos permitió conocer cuáles fueron los objetivos propuestos por el docente a la hora de diseñar cada una de las actividades correspondientes a las clases en las cuales utilizó las simulaciones como un recurso didáctico.

Se utilizó esta estrategia de entrevista sin un guion, ya que permite ir orientando el discurso hacia las áreas temáticas más relevantes de la investigación (Rodríguez Gómez et al., 1996). Las preguntas que se utilizaron como guía también fueron sometidas al juicio de los expertos. Teniendo en cuenta que las entrevistas cualitativas (Rodríguez Gómez et al., 1996), deben generarse en contextos de ambientes cordiales, en donde el entrevistador y el entrevistado compartan un mismo ritmo, antes de la entrevista se realizó una buena introducción con el docente con el fin de generar confianza y responsabilidad en las respuestas dadas. La entrevista fue grabada con previa autorización del docente y luego fue transcrita con el fin de analizar su contenido.

Luego realizamos una triangulación de la información a partir de la sistematización de los datos provenientes del Cuestionario Inicial y la Entrevista Inicial con el fin obtener información acerca de los objetivos propuestos por el docente, las competencias científico tecnológicas que poseen los estudiantes y las dificultades que se les plantean a la hora de resolver problemas de Física.

3.3 Generación de la propuesta didáctica

Objetivo 2: *“Generar una propuesta didáctica que incluya una simulación applet java, para el contenido Leyes de Newton”*.

A partir de consecutivas reuniones de trabajo con el profesor del curso, desarrollamos una propuesta didáctica (Anexos C, D, E) para el contenido de las Leyes de Newton.

Para la construcción de las actividades se tuvieron en cuenta distintos aportes teóricos (Fejes et al., 2008; García Barneto y Gil Martín, 2006; García Barneto y Bolívar Raya, 2008; Raviolo et al., 2011; Zamarro, et al., 1998) que fueron discutidos con el docente del curso en estas reuniones.

Las actividades parciales presentadas en cada clase fueron consensuadas por el docente de la asignatura y el equipo de investigación, adecuando el lenguaje utilizado en cada una de las actividades con el fin de hacerlo pertinente, cercano y familiar a los estudiantes.

3.4 Identificación de las competencias científico-tecnológicas y las dificultades en la resolución de problemas, durante la intervención didáctica

Objetivos 3 y 4: *“Distinguir las dificultades conceptuales y tecnológicas que se les plantean a los estudiantes durante el uso de la simulación”* y *“Analizar durante la intervención, el desarrollo de habilidades para formular preguntas, plantear hipótesis, modificar variables, realizar medidas y analizar resultados, que se fomentan a través del uso de la simulación”*.

Para registrar la información durante el desarrollo de la propuesta didáctica, se implementaron estrategias que registraron tanto el proceso de utilización de softwares de simulación como los procesos de aprendizajes. Para ello, se aplicaron diversas técnicas tales como: a) copia de las resoluciones de las actividades parciales escritas de los estudiantes, b) cuestionarios realizados después de cada intervención, c) grabaciones

de las clases, d) captura de los patrones de navegación de cada una de las computadoras en las cuales trabajaron los alumnos y e) registros en diario de campo. A continuación describiremos cada una de ellas.

a) Las *Actividades* (Anexos C, D, E) parciales escritas permitieron evaluar la habilidad que tenían los estudiantes para formular preguntas, plantear hipótesis, modificar variables, realizar medidas y analizar resultados, a través del uso de la simulación. Asimismo, también permitieron distinguir y analizar a posteriori las dificultades que se les plantearon a los estudiantes durante el uso de la simulación. Estas actividades fueron resueltas en grupos de cuatro o cinco estudiantes, pero cabe destacar que la devolución de las mismas, al igual que la de cada uno de los cuestionarios fue realizada de manera individual.

b) Los *Cuestionarios* (Anexos F, G, H) se entregaron a los estudiantes al finalizar cada una de las Actividades correspondientes a la propuesta didáctica. El objetivo de estos instrumentos fue identificar las competencias científico-tecnológicas que presentaban los estudiantes al resolver problemas aplicando las Leyes de Newton, distinguir las dificultades que se les planteaban a los estudiantes durante el uso de la simulación, e indagar sobre la comprensión y resolución tanto de ejercicios como de problemas, la predicción y explicación de fenómenos, la obtención de información, la planificación y el manejo del tiempo en la resolución de las actividades.

Cada uno de los Cuestionarios presentados en cada clase fueron consensuados por el docente de la asignatura y el equipo de investigación, adecuando el lenguaje utilizado en cada ítem con el fin de hacerlo pertinente, cercano y familiar a los estudiantes. Los cuestionarios (Anexo F, G y H) presentaron situaciones similares a las trabajadas en las simulaciones, con el objetivo de que los estudiantes realizaran la transferencia de los conceptos aprendidos y pudieran resolver sin mayores inconvenientes las actividades propuestas.

c) Las *grabaciones* de las clases fue una fuente de información que se utilizó para triangular con los otros registros y que nos permitió a posteriori analizar la habilidad que tenían los estudiantes para formular preguntas, plantear hipótesis, modificar variables, realizar medidas y analizar resultados, a través del uso de la

simulación, como así también las dificultades que se les planteaban. Esto fue posible a partir de la transcripción de los correspondientes audios.

d) Como complemento de estos datos se capturó, utilizando el software Cam Studio, el *patrón de navegación* que realizaron los estudiantes en las computadoras.

e) Los registros en el *diario de campo* permitieron analizar a posteriori el diseño de la propuesta didáctica presentada por el docente. Luego, a partir de la lectura de las planificaciones (anual y de la clase) y los programas elaborados por el docente a cargo del curso, analizamos el desarrollo de dicha propuesta y comparamos la relación entre la teoría y la práctica. Esto nos permitió evaluar la interacción entre la secuencia didáctica y el desarrollo de las competencias científico-tecnológicas.

Las respuestas obtenidas en la resolución de las actividades prácticas escritas, los cuestionarios, los registros de campo, la transcripción de las capturas de los patrones de navegación y de los audios, se categorizaron, a través de un proceso inductivo de interpretaciones (Rockwell, 1987) teniendo en cuenta el contexto en el que ocurrieron.

A partir de la sistematización de los datos obtenidos, con la utilización del programa de análisis estadístico cualitativo QDA Miner 3.2 realizamos la triangulación de la información. Con el fin de lograr nuevas interpretaciones sobre las competencias científico-tecnológicas que se desarrollan, a partir de la realización de actividades prácticas de simulación en las clases de Física.

3.5 Evaluación de las competencias científico-tecnológicas y las dificultades en la resolución de problemas luego de la intervención didáctica

Por último, para responder al objetivo 5 de esta tesis: “*Evaluar la interacción entre el desarrollo de las competencias científico-tecnológicas y la secuencia didáctica que incorpora simulaciones applet java para las Leyes de Newton*”, implementamos tres estrategias de recolección de datos: a) un *Cuestionario Final* a cada uno de los estudiantes, b) las *entrevistas focales* a los distintos grupos de

trabajo de estudiantes y c) una *Encuesta Final* al docente responsable del curso. A continuación se describen cada una de ellas:

a) A la semana siguiente de finalizada la intervención, los estudiantes resolvieron un Cuestionario Final (Anexo I). Las preguntas presentadas en este instrumento fueron consensuadas por el docente de la asignatura y el equipo de investigación. Este instrumento tuvo como objetivo recabar información referida a los aportes que la simulación había realizado sobre el proceso de aprendizaje, a la comprensión de las Leyes de Newton y a las estrategias de trabajo propuestas, entre otras.

b) Las Entrevistas Focales (Anexo J) se realizaron a los distintos grupos de trabajo, previa introducción con el fin de generar confianza y responsabilidad en las respuestas dadas. El objetivo de estas entrevistas fue sondear opiniones relativas a las competencias científicas y tecnológicas que los estudiantes poseen y aquellas que aún no han desarrollado, como así también indagar sobre la comprensión y resolución tanto de ejercicios, como de problemas. También nos resultó útil para recabar información sobre el empleo del software de simulación (aspectos positivos y negativos) en entornos interactivos.

c) La Entrevista Final (Anexo K) realizada al docente luego de haber terminado con la investigación, tuvo como objetivo indagar sobre las competencias científico-tecnológicas que se potenciaron en los estudiantes, desde el punto de vista del docente, al trabajar con simulaciones. Como así también conocer su opinión sobre los aspectos favorables y desfavorables de implementar las simulaciones en la resolución de ejercicios de Física, en particular aquellos que involucraron a las Leyes de Newton. Por último, este instrumento nos permitió recabar información acerca de cuáles fueron los objetivos que se cumplieron y cuáles no, en cada una de las actividades. Las preguntas que guiaron a ambas entrevistas también fueron sometidas al juicio de los expertos.

Luego realizamos la triangulación de la información a partir de la sistematización de los datos provenientes de los diversos instrumentos de indagación utilizados y las fuentes teóricas que sustentan esta tesis para caracterizar el desarrollo de las competencias científico-tecnológicas en clases de Física al trabajar con

simulaciones. Todas las estrategias metodológicas utilizadas en función de los objetivos propuestos se sintetizan en la Tabla 2.

Tabla 2

Síntesis de las estrategias metodológicas seleccionadas para cada uno de los objetivos propuestos en la tesis

Objetivos de la tesis	Instrumentos	Actores	Validación	Triangulación
Objetivo 1: <i>“Identificar las competencias científico-tecnológicas y las dificultades que presentan los estudiantes al resolver problemas aplicando las Leyes de Newton”.</i>	Cuestionario Inicial	Alumnos	Antecedentes Expertos Grupo piloto	Cuestionario Inicial Entrevista Inicial
	Entrevista Inicial	Docente	Expertos Equipo de investigación	
Objetivo 2: <i>“Generar una propuesta didáctica que incluya una simulación applet java, para el contenido Leyes de Newton”.</i>	Guías de actividades: Actividad 1 Actividad 2 Actividad 3	Alumnos	Equipo de investigación Docente	Docente Investigador Bibliografía
Objetivo 3: <i>“Distinguir las dificultades conceptuales y tecnológicas que se les plantean a los estudiantes durante el uso de la simulación”</i>	Actividad 1 Cuestionario 1 Actividad 2 Cuestionario 2 Actividad 3 Cuestionario 3	Alumnos	Antecedentes Equipo de investigación Docente	Actividad 1 Cuestionario 1 Actividad 2 Cuestionario 2 Actividad 3 Cuestionario 3
Objetivo 4: <i>“Analizar durante la intervención, el desarrollo de habilidades para formular preguntas, plantear hipótesis, modificar variables, realizar medidas y analizar resultados, que se fomentan a través del uso de la simulación”.</i>	Grabaciones de audio Patrón de navegación Diario de campo	Equipos de trabajo		Transcripción de los audios. Transcripción de patrones de navegación. Transcripción del registro.
Objetivo 5: <i>“Evaluar la interacción entre el desarrollo de las competencias científico-tecnológicas y la secuencia didáctica que incorpora simulaciones applet java para las Leyes de Newton”</i>	Cuestionario Final	Alumnos	Equipo de investigación	Cuestionario Final
	Entrevistas focales	Equipos de trabajo	Docente Expertos	Entrevistas focales
	Entrevista Final	Docente		Entrevista Final

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Capítulo 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A partir del objetivo general de esta tesis: “*Caracterizar el desarrollo de las competencias científico-tecnológicas a partir del uso de simulaciones de Física para el contenido Leyes de Newton*” y de las estrategias metodológicas utilizadas, analizaremos en primera instancia las competencias científico-tecnológicas y las dificultades que presentan los estudiantes en la resolución de problemas antes de la intervención didáctica. Luego presentaremos el diseño de la propuesta didáctica, exponiendo los fundamentos, las negociaciones realizadas y las decisiones didácticas tomadas, las actividades propuestas y la evaluación de la misma.

A continuación analizaremos las competencias científico-tecnológicas y las dificultades que presentan los estudiantes en la resolución de problemas durante la intervención didáctica. A partir del desarrollo de la propuesta, centrando nuestro estudio en el Principio de inercia y en el Principio de masa.

Por último realizaremos el análisis de las competencias científico-tecnológicas y las dificultades que presentan los estudiantes en la resolución de problemas luego de la intervención didáctica, tanto desde su perspectiva como desde la del docente.

Caracterización del grupo de trabajo

Se trabajó con un total de 28 alumnos que cursaba el 5° año de una escuela secundaria de la ciudad de Córdoba con orientación en Comunicación. El grupo estuvo constituido de la siguiente manera, 46% de mujeres y 44% de varones; la media de edades del grupo fue de 16,3.

4.1 Análisis de las competencias científico-tecnológicas y las dificultades en la resolución de problemas antes de la intervención didáctica

El Objetivo 1 de esta tesis “*Identificar las competencias científico tecnológicas y las dificultades que presentan los estudiantes al resolver problemas aplicando las Leyes de Newton*” se encuentra dirigido a conocer el estado inicial de los estudiantes antes de participar de la intervención didáctica. Para cumplir con dicho objetivo, analizaremos en una primera instancia las competencias y dificultades que presentaban los estudiantes ante situaciones de Cinemática y en segunda instancia desarrollaremos aquellas referidas a la Dinámica Newtoniana.

A continuación se analizan las competencias científicas de los estudiantes atendiendo a la capacidad que poseen para: formular preguntas, plantear hipótesis, identificar variables y elegir y justificar entre ciertos enunciados, todas ellas en base a la presentación de distintas situaciones.

4.1.1. Análisis de las competencias y las dificultades que presentan los estudiantes al resolver problemas aplicando conceptos de Cinemática

Con respecto al desarrollo de competencias científicas se analizó la capacidad que poseen los estudiantes para: formular preguntas, plantear hipótesis, identificar e interpretar variables (desplazamiento, velocidad, aceleración de un cuerpo), realizar cálculos de magnitudes, elegir, justificar entre ciertos enunciados e interpretar gráficos, todas ellas en base a la presentación de distintas imágenes.

A continuación se presenta el análisis referido a los conceptos de Cinemática que fueron desarrollados en clases previas a la intervención que es objeto de análisis de esta tesis.

Formulación de preguntas

En relación a la habilidad para formular preguntas, encontramos que tal como se esperaba por los antecedentes registrados para el área (Mc Dermott, 1993 a, b) los estudiantes a partir de los gráficos de “posición en función del tiempo”, correspondiente a un Movimiento Rectilíneo Uniforme y a un Movimiento Rectilíneo

Uniformemente Variado (Imagen 1), fueron capaces de formular preguntas referidas a la relación entre “el tiempo transcurrido en una determinada distancia” o bien a “la distancia recorrida por el móvil al cabo de un cierto tiempo”, específicamente un 63% realizó este estilo de preguntas para el MRU y un 48% lo hizo para el MRUV.

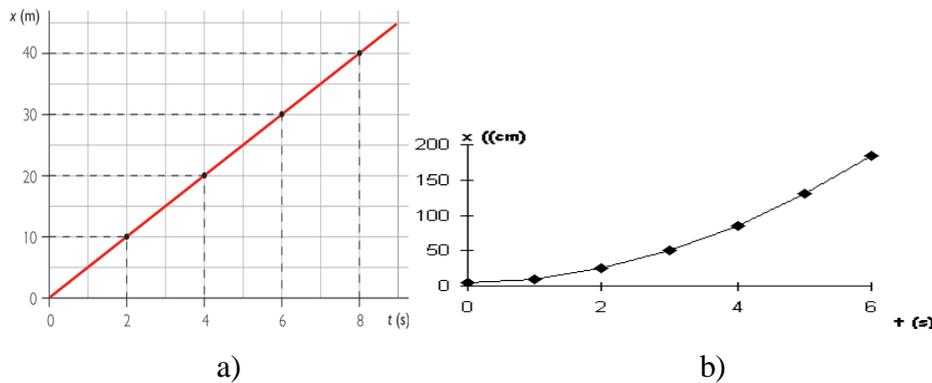


Imagen 1: Imágenes suministradas en el Cuestionario Inicial de los estudiantes (Anexo A), a) $X(t)$ para un MRU y b) $X(t)$ para un MRUV.

Con respecto al tipo de movimiento que describe el móvil en cada una de las gráficas, el 15% de los estudiantes realizó preguntas que relacionaban a la Imagen 1 a) con un MRU, mientras que el 8% lo hizo con respecto a la imagen 1 b) con un MRUV. Sin embargo, a la hora de formular preguntas con respecto al tipo de gráfico que representan las imágenes un 11% estableció la función lineal como representación de la posición en función del tiempo para un MRU, mientras que el 20% indicó la función cuadrática para la representación de la posición en función del tiempo para un MRUV. Es importante destacar que un 10% y un 7% de los estudiantes formuló preguntas referidas a la velocidad en los tipos de movimientos MRUV y MRU respectivamente, ya que dicha magnitud no está presente en la gráfica y sin embargo pudieron identificarla de manera indirecta y realizar preguntas al respecto. Como era de esperarse en función de los estudios de Mc Dermott (1993, a, b) con respecto a la Imagen 1 b), un 8% de los estudiantes realizó preguntas referidas a la aceleración del móvil. Mientras que en la Imagen 1 a) los alumnos lograron identificar a la velocidad como una magnitud constante y por lo tanto no mencionan a la aceleración como variable.

A continuación, se muestran en el Gráfico 1 los porcentajes de los alumnos que realizaron preguntas referidas a diferentes conceptos a partir del análisis de la Imagen 1 a) y b). Se puede observar que un gran porcentaje (63% para el MRU y 48% para el MRUV) pudo realizar preguntas referidas a la relación distancia-tiempo, que son

variables que aparecen directamente en los gráficos de la Imagen 1, mientras que un porcentaje muy pequeño realizó preguntas sobre aceleración o energía, que son variables indirectas.

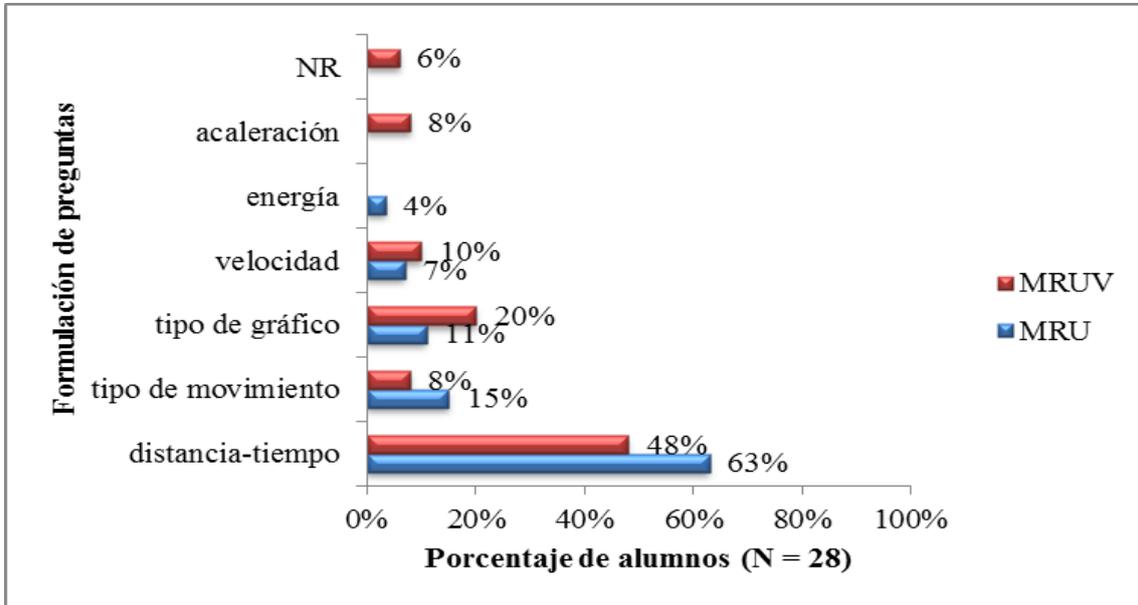


Gráfico 1: Preguntas formuladas por los estudiantes a partir de la Imagen 1 del Cuestionario Inicial (Anexo A).

Formulación de hipótesis

A partir de las preguntas formuladas anteriormente, los estudiantes plantearon posibles respuestas, llamadas a partir de ahora hipótesis (Gráfico 2). En su mayoría estuvieron referidas a la relación entre el “tiempo requerido para recorrer una cierta distancia” o bien a “la distancia recorrida al cabo de un cierto tiempo”, un 63% realizó hipótesis para el MRU y un 57% para el MRUV.

En función de las hipótesis planteadas, podemos observar que los estudiantes lograron identificar que el tipo de movimiento que representa el gráfico de la Imagen 1 a) corresponde a un MRU (21%) mientras que el de la Imagen 1 b) corresponde a un MRUV (11%). En correspondencia a la formulación de preguntas el 11% de los estudiantes formuló hipótesis referidas a la velocidad que llevaba el móvil para los dos tipos de movimiento. Solamente un 4% elaboró respuestas utilizando el concepto de aceleración para la Imagen 1 b). Cabe destacar que si bien algunos alumnos formularon preguntas sobre energía, ninguno pudo establecer alguna hipótesis al respecto.

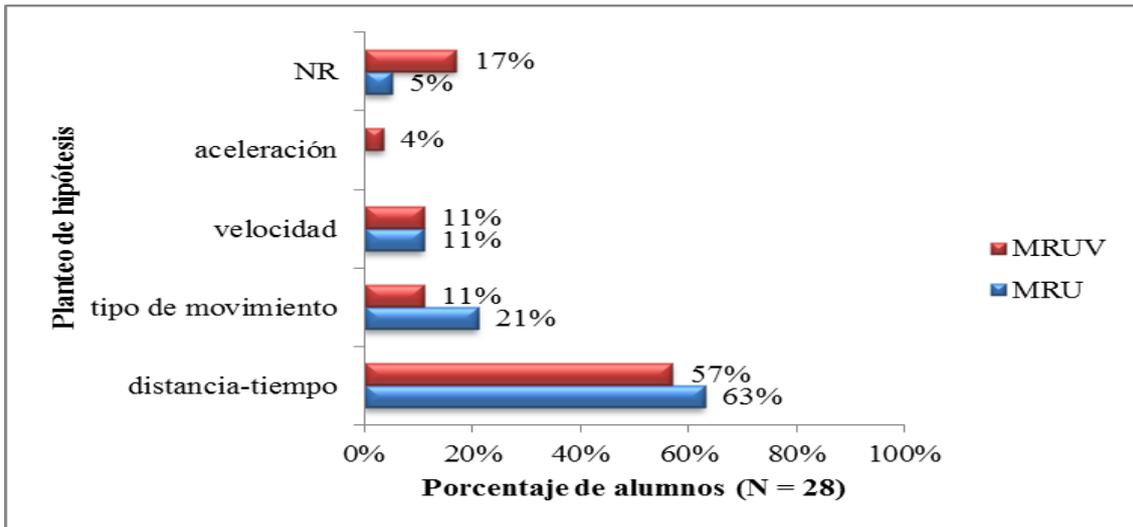


Gráfico 2: Hipótesis planteadas por los estudiantes a partir de la Imagen 1 del Cuestionario Inicial (Anexo A).

Identificación de variables.

Otro aspecto que debieron analizar los estudiantes a partir de las Imágenes 1a) y b) fue la identificación de variables. A partir de los resultados obtenidos encontramos que fueron capaces de identificar como variables directas tanto al tiempo (38% para el MRU y 35% para el MRUV) como a la distancia en ambos tipos de movimientos (29% para el MRU y 18% para el MRUV). Mientras que en menor medida identificaron como variable indirecta a la velocidad, la cual consideraron constante para el MRU (22%) y no constante para el MRUV (7%). De acuerdo con esta última apreciación un 19% de los estudiantes identificó a la aceleración como variable del MRUV (Gráfico 3).

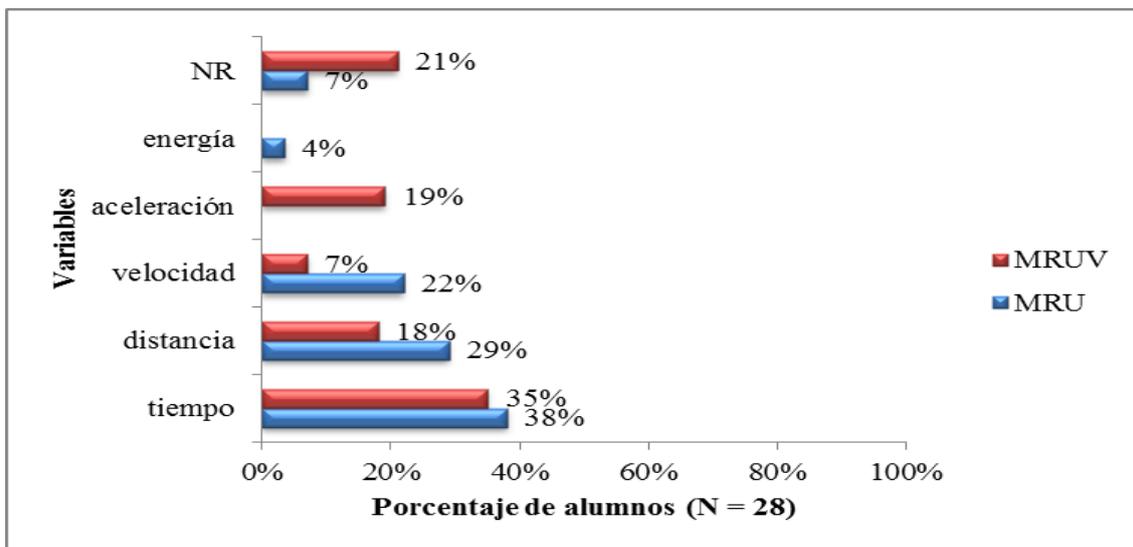


Gráfico 3: Variables identificadas por los estudiantes a partir de la Imagen 1 del Cuestionario Inicial (Anexo A).

Cálculos de magnitudes

A la hora de realizar el cálculo de las distintas magnitudes involucradas en las imágenes 1 a) y b) un 50% pudo determinar que era posible calcular la velocidad del móvil que se desplazaba con MRU realizando el cociente entre la distancia recorrida y el tiempo empleado. Sin embargo, un 20% utilizó la ecuación correspondiente al MRU para calcular la velocidad del segundo móvil que se desplazaba con MRUV.

Algunos estudiantes, aunque presentaron errores en el manejo de unidades (un 10% para el MRU y un 4% para el MRUV), avanzaron en el cálculo realizando los remplazos en valores numéricos y la operación matemática correspondiente, pudiendo obtener el módulo de la velocidad. Mientras que aquellos alumnos que consideraron que la velocidad no era constante en el MRUV avanzaron en el planteo de la ecuación que les permitiría calcular la aceleración (36%), sin embargo ninguno fue capaz de obtener el resultado correspondiente. Cabe destacar que un 18% (MRU) y un 24% (MRUV) de los estudiantes no resolvieron respectivamente la actividad (Gráfico 4).

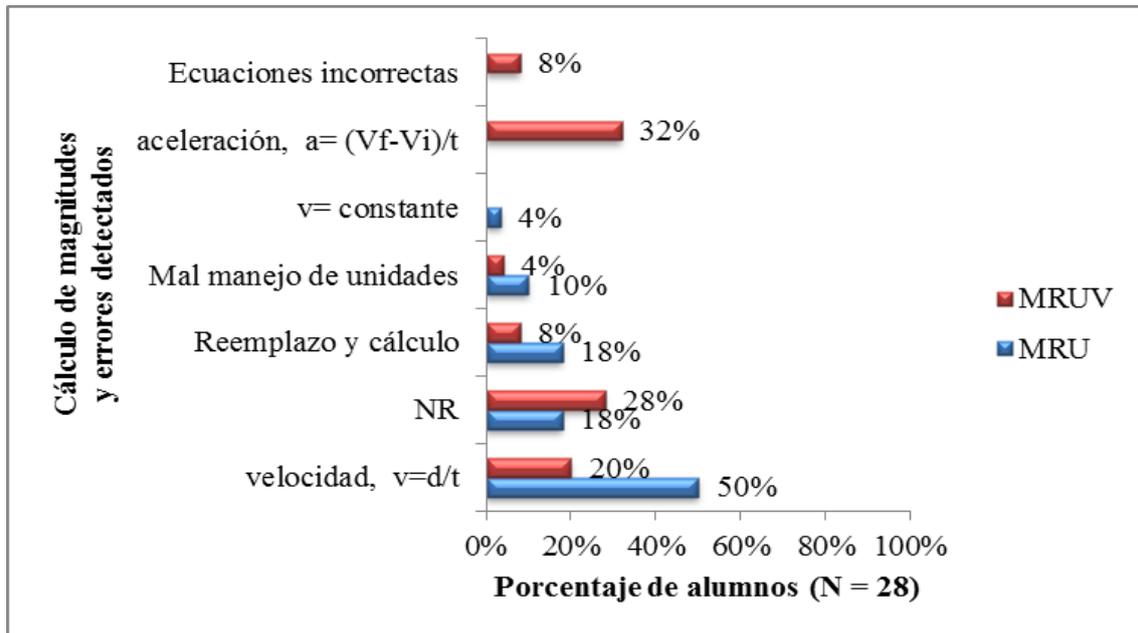


Gráfico 4: Magnitudes calculadas por los estudiantes y errores detectados a partir de la Imagen 1 del Cuestionario Inicial (Anexo A).

Elección y justificación de enunciados.

Para elegir los enunciados correctos a partir de una serie de enunciados y justificarlos, encontramos que las opiniones del grupo de estudiantes estuvieron divididas ya que a partir de la Imagen 1 a), un 48% de los estudiantes indicó que el gráfico correspondía a la posición en función del tiempo de un cuerpo que se desplazaba con MRU, mientras que otro 48% indicó que correspondía a la velocidad en función del tiempo de un cuerpo que se deslaza con MRU.

Con respecto a la Imagen 1 b) el 26% interpreta que corresponde a la velocidad en función del tiempo de un MRUV pero justifican la elección a partir de la ecuación que permite calcular la velocidad con algunas condiciones iniciales en un MRU. Sin embargo, un 21% establece que la Imagen 1 b) corresponde a la posición en función del tiempo de un MRUV y justifican a partir del cálculo de la aceleración (Gráfico 5).

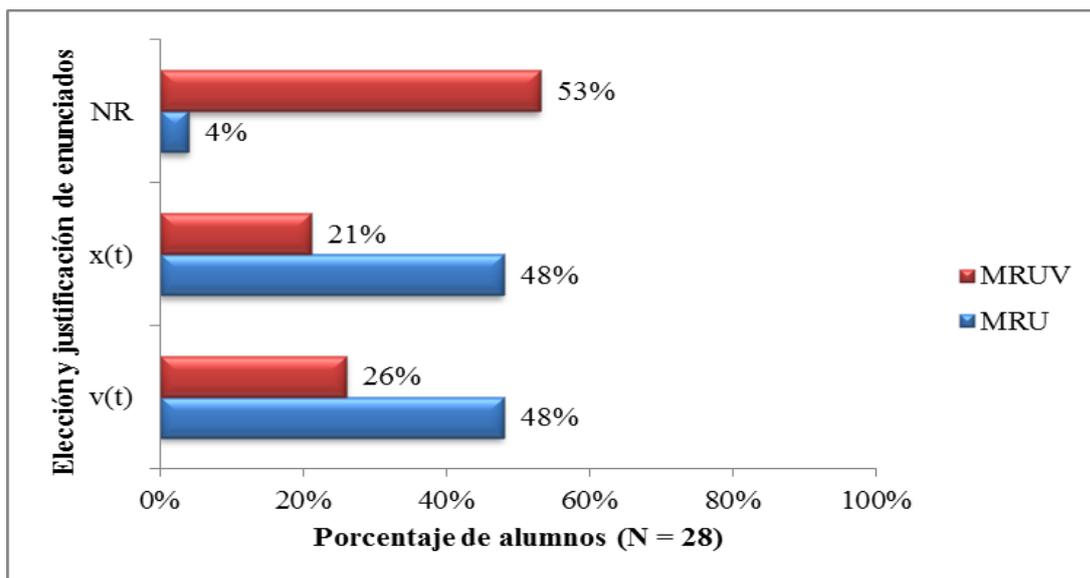


Gráfico 5: Elección y Justificación de enunciados realizados por los estudiantes a partir de la Imagen 1 del Cuestionario Inicial (Anexo A).

Interpretación de gráficos de $x(t)$, $v(t)$ y $a(t)$.

A partir de los gráficos presentados en la Imagen 2, los estudiantes debían interpretar el desplazamiento, la velocidad, y la aceleración de un cuerpo en función del tiempo respectivamente.

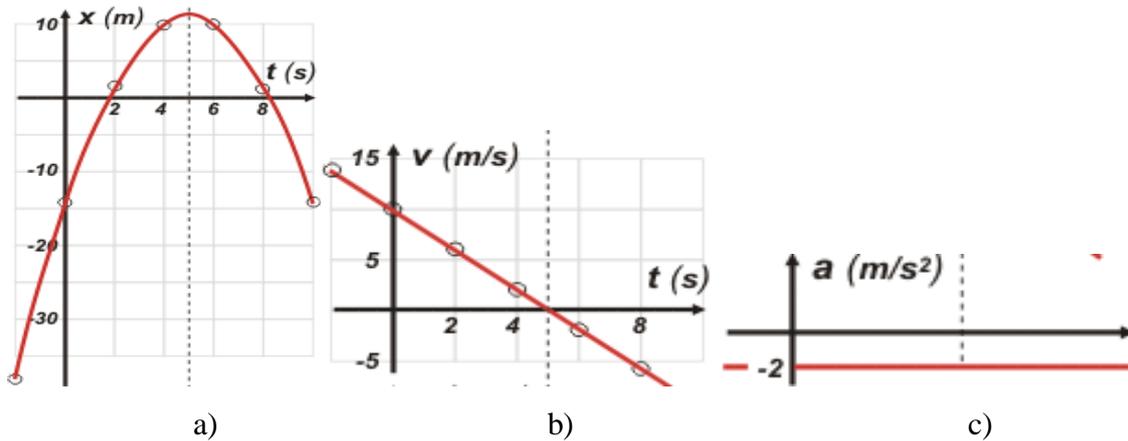


Imagen 2: Imagen suministrada en el Cuestionario Inicial (Anexo A), a) $x(t)$, b) $v(t)$ y c) $a(t)$.

A partir del análisis del gráfico de posición en función del tiempo, el 36% de los estudiantes no resolvió la actividad. Mientras que un 34% relacionó el gráfico con la distancia recorrida o bien con el desplazamiento del móvil. Un 30% de los estudiantes estableció que el gráfico correspondía a un Tiro Vertical en el cual consideraron la posición inicial igual a -15m, la altura máxima alcanzada por el cuerpo igual a 10m, y la posición final -15m, sin advertir que el valor de la aceleración representada en la imagen 2 c) no correspondía al de la gravedad ($g = 9,8\text{m/s}^2$).

Con respecto al gráfico de la velocidad en función del tiempo el 72% del curso no fue capaz de interpretarlo. Un 16% indica que el gráfico corresponde a la velocidad del móvil, sin embargo para calcularla exponen incorrectamente la ecuación $v = d.t$ y un 4% la ecuación $v = d/t$. Un 8% de los estudiantes establecen incorrectamente a partir del gráfico la ecuación $y(x) = 15-5x$.

Por último, en relación al gráfico que representa la aceleración en función del tiempo, observamos que el 71% de los estudiantes no logró interpretarlo, mientras que un 15% escribe ecuaciones incorrectas para su cálculo y 14% advierte que la aceleración es la variable representada y la reconoce como constante durante todo el movimiento, pudiendo reconocer su valor en $a = -2\text{m/s}^2$. En síntesis, alrededor del 70% de los estudiantes no resuelven la actividad, lo cual indica que les resulta muy difícil realizar la interpretación de los gráficos (Gráfico 6).

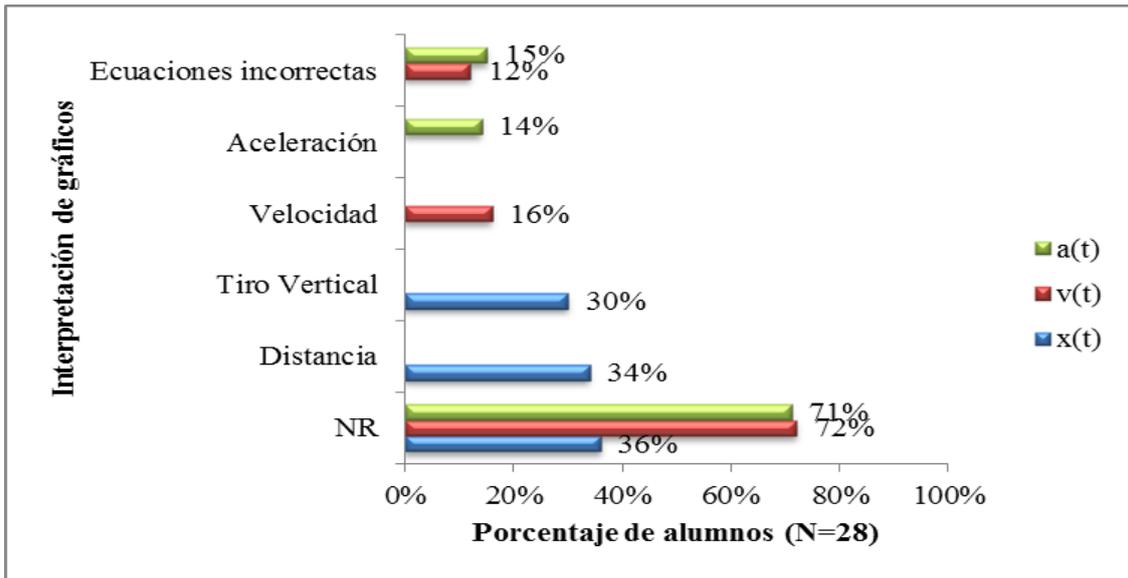


Grafico 6: Interpretación de gráficos realizada por los estudiantes a partir de la Imagen 2 del Cuestionario Inicial (Anexo A).

4.1.2 Análisis de las competencias y dificultades que presentan los estudiantes al resolver problemas aplicando las Leyes de Newton.

Continuando con el propósito de responder al Objetivo 1 de nuestra tesis, ahora abordaremos el análisis de los resultados de las imágenes y los ejercicios que refieren a los conceptos de Dinámica, antes de la intervención didáctica.

En primera instancia analizaremos el desarrollo de competencias científicas atendiendo a la capacidad que poseen los estudiantes para: formular preguntas, plantear hipótesis, identificar variables y elegir y justificar entre ciertos enunciados, todas ellas en base a la presentación de las siguientes situaciones.

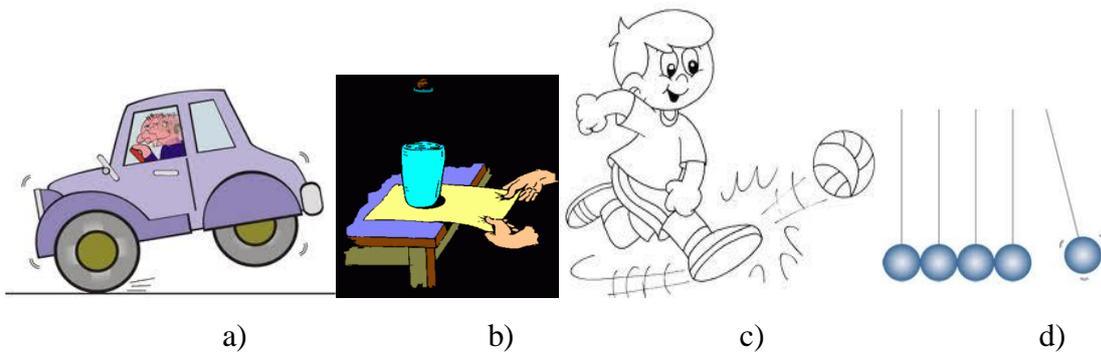


Imagen 3: Imágenes suministradas en el Cuestionario Inicial (Anexo A), situaciones relacionadas con la Dinámica Newtoniana.

Formulación de preguntas.

A partir de las situaciones presentadas anteriormente se apuntaba a que los estudiantes pudieran formular preguntas referidas a la inercia de los cuerpos, a la relación entre una fuerza aplicada a un cuerpo y la aceleración que este adquiere o bien a la idea de pares de fuerzas acción y reacción. Sin embargo, los estudiantes a partir de la observación de las situaciones plantearon preguntas referidas en su mayoría al concepto de velocidad (21%), de tiempo (11%), de distancia (9%) y del tipo de movimiento (4%). Como se observa, las preguntas que logran formular los estudiantes se relacionan más bien con la unidad de Cinemática (temática desarrollada meses antes de la intervención objeto de esta tesis) y por lo tanto, en función de lo que proponen Murillo et al. (2010), se puede decir que estos estudiantes se sitúan en un nivel básico de competencias las cuales comprenden las capacidades de intuición y generalización.

En lo que refiere a los conceptos involucrados en la Dinámica Newtoniana, un 10% hizo referencia a la *inercia* que presenta el auto luego de frenar y el vaso para quedarse en su lugar luego de retirar el mantel. Sin embargo, en las situaciones correspondientes a las imágenes c) y d) no advirtieron el concepto de inercia.

Mientras que con respecto al concepto de *fuerza* el mismo fue advertido en las imágenes b) y c) por un 15% de los estudiantes. En menor medida (4%) formularon preguntas referidas a la aceleración y al peso de los cuerpos, sin embargo un 11% de los estudiantes hizo referencia al concepto de gravedad sin relacionarlo con la aceleración. Además un 7% de los estudiantes realizó preguntas referidas a la energía presente en las distintas situaciones y en particular al choque (4%) de las esferas del péndulo (Gráfico 7).

En síntesis, en lo que respecta a los conceptos involucrados en las Leyes de Newton, los estudiantes si bien expresaron el concepto de inercia y de fuerza no manifestaron preguntas referidas a la relación entre la fuerza aplicada a un cuerpo con cierta masa y la aceleración que éste adquiere y mucho menos a los pares de fuerza acción y reacción.

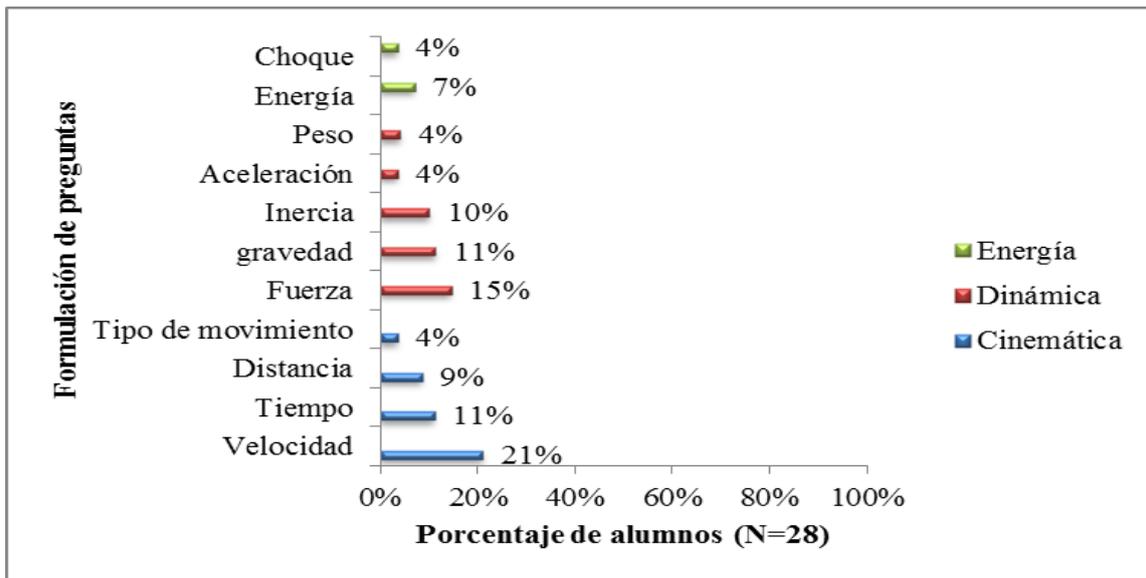


Gráfico 7: Preguntas formuladas por los estudiantes a partir de la Imagen 3 del Cuestionario Inicial (Anexo A).

Formulación de hipótesis

El tipo de preguntas que formularon los estudiantes, estuvieron acordes a las hipótesis que luego plantaron, las cuales se referían un 13% a la velocidad, un 10% al tipo de movimiento que se presenta en las distintas situaciones y un 4% al tiempo empleado, por lo que se advierten nuevamente solo capacidades de intuición y generalización (Murillo et al., 2010).

A la hora de responder las preguntas referidas a la Dinámica Newtoniana, se mantienen los porcentajes en lo que respecta a los conceptos de fuerza (15%) y de inercia (10%). Además, en la formulación de hipótesis se refuerza la idea con el concepto de fuerza de fricción (6%). Luego, en menor medida, los estudiantes formularon hipótesis referidas al peso (4%) y a la masa (4%) del cuerpo, como así también a la aceleración (4%) en particular la de la gravedad (4%). Nuevamente es para considerar que el 9% de los estudiantes, a partir de la Imagen 3 formulen hipótesis utilizando el concepto de energía. El 17% de los estudiantes no resuelve la actividad (Gráfico 8).

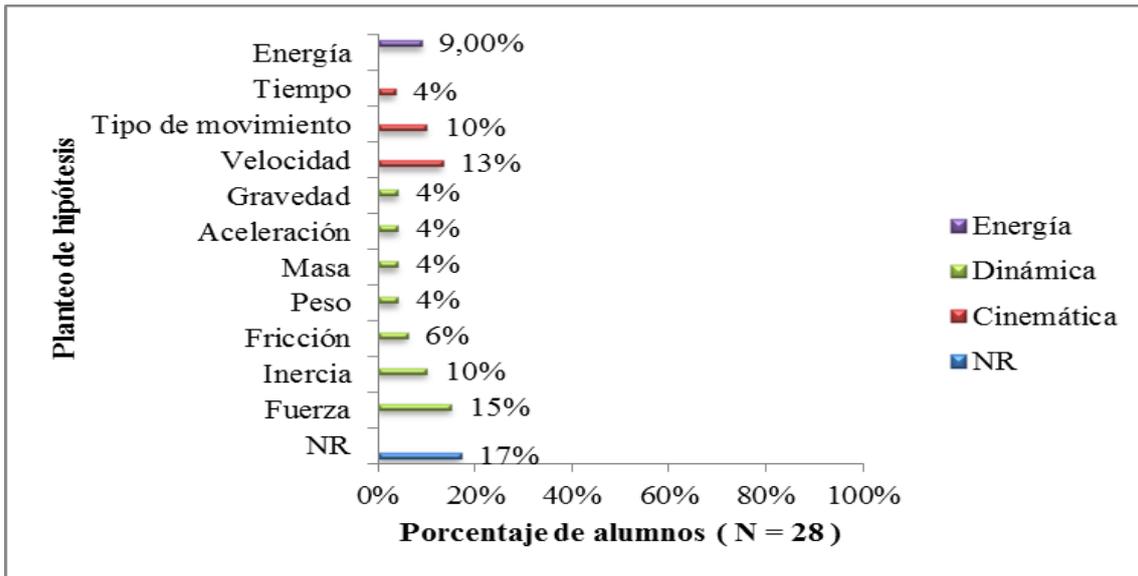


Gráfico 8: Hipótesis formuladas por los estudiantes a partir de la Imagen 3 del Cuestionario Inicial (Anexo A).

Identificación de variables

A partir de las situaciones presentadas en la Imagen 3, los estudiantes identificaron variables como la velocidad (18%) y la posición (4%) asociadas ambas a la Cinemática. Mientras que para las cuatro situaciones pudieron establecer como variables la masa (13%), el peso (11%) y la aceleración (9%) presente en cada uno de los cuerpos. Sin embargo, cabe destacar que los estudiantes al identificar estas magnitudes como variables lo hacen presentando cierto grado de confusión entre los conceptos, lo cual coincide con lo planteado por Mc Dermott (1993, a, b).

Por otra parte, los estudiantes sólo pudieron identificar la fuerza de fricción (10%) a partir de la imagen a) y b), y en menor medida mencionaron la cantidad de movimiento (7%), la fuerza tensión (4%) y la fuerza normal (4%) como variables de las situaciones. A su vez, coincidiendo con lo registrado por Bravo y Pesa (2005) y Giorgi et al. (2005), el 12% de los estudiantes estableció una relación entre la fuerza, la energía motivada por la velocidad del cuerpo y la cantidad de movimiento para las cuatro situaciones presentadas (Gráfico 9).

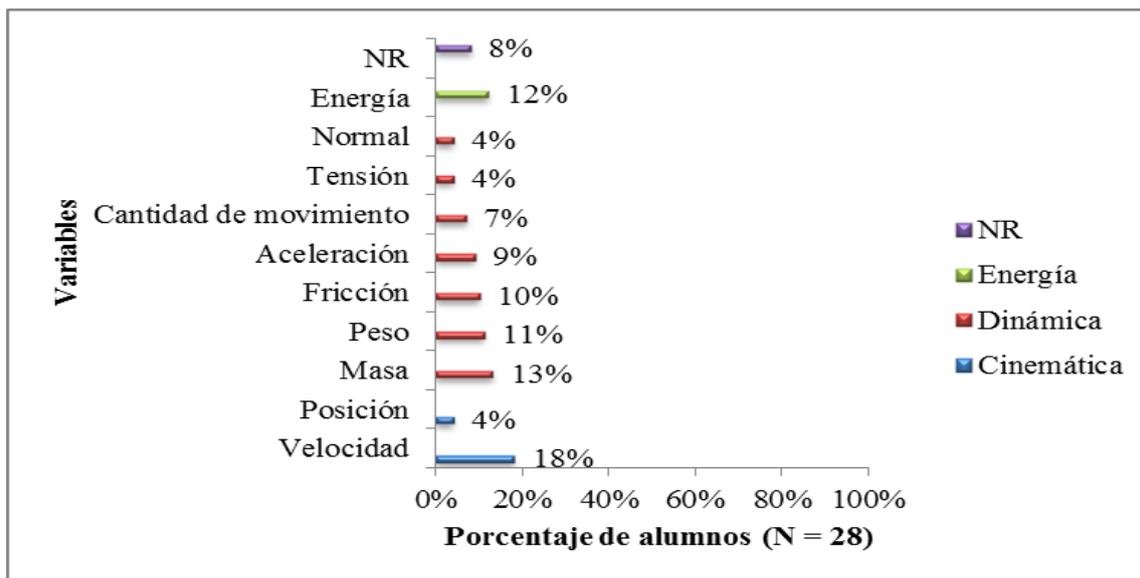


Gráfico 9: Variables identificadas por los estudiantes a partir de la Imagen 3 del Cuestionario Inicial (Anexo A).

Elección y justificación de enunciados

Más allá de especificar los porcentajes de enunciados correctos e incorrectos, debemos rescatar el hecho de que en este punto de la actividad los estudiantes pusieron en juego sus competencias científicas específicas para la Física (Kofman, 2004; Solbes y Sincaras, 2010; Silva-Córdoba 2011), ya que resolvieron actividades que les permitieron poner de manifiesto sus capacidades de reflexión, fundamentación y argumentación.

Analizando las respuestas incorrectas correspondientes a esta actividad, podemos decir que el 23% de los estudiantes sostiene erróneamente que existe una relación directamente proporcional entre la fuerza aplicada a un cuerpo y la velocidad. Algunos estudiantes, establecen una relación directamente proporcional entre la masa del cuerpo y la aceleración (7%); si bien no es un porcentaje significativo, cabe destacar que esto probablemente sucede por la relación, antes mencionada, que establecen entre la fuerza y la velocidad. También un 7% de los estudiantes afirma que el sentido de la fuerza de fricción que actúa entre un cuerpo y una superficie coincide con el sentido del movimiento.

En cuanto a los enunciados elegidos de manera correcta, se encuentran la relación directamente proporcional entre la fuerza aplicada a un cuerpo y la aceleración que éste adquiere (12%) y la relación inversamente proporcional que existe entre la

masa de un cuerpo y su aceleración (7%) establecidas ambas a partir de la segunda Ley de Newton. Con respecto a la justificación de enunciados un 10% de los estudiantes justificó de manera correcta utilizando el concepto de inercia y un 34% no resolvió la actividad (Gráfico 10).

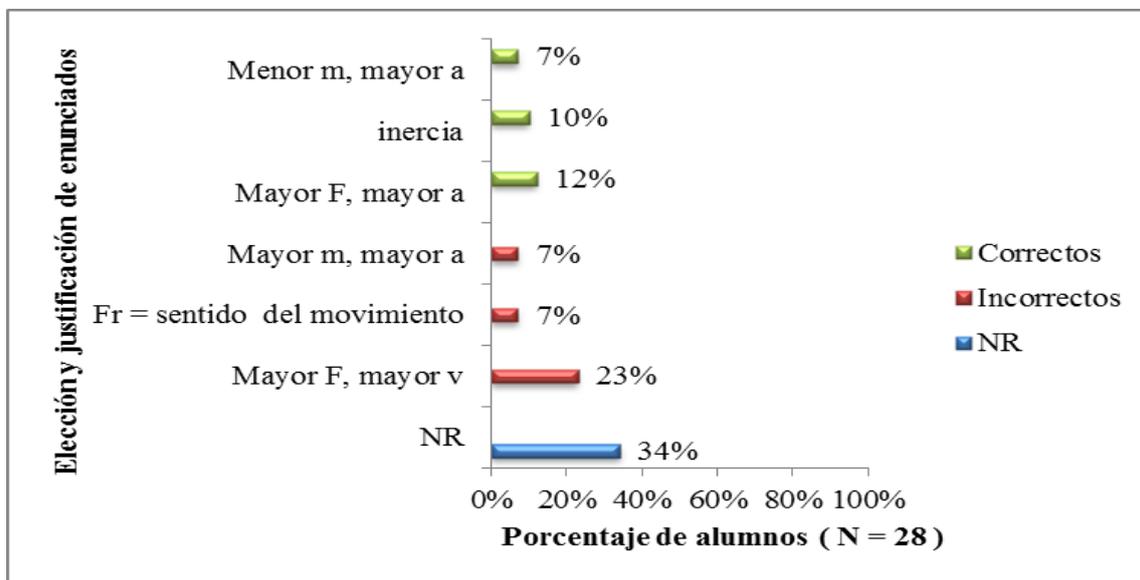


Gráfico 10: Elección y justificación de enunciados realizado por los estudiantes a partir de la Imagen 3 del Cuestionario Inicial (Anexo A).

Resolución de problemas

Para identificar las dificultades que presentan los estudiantes antes de la intervención, al resolver problemas sencillos aplicando las Leyes de Newton, analizaremos la resolución de la parte “C” del Cuestionario Inicial

Esta porción del cuestionario abordaba la resolución de problemas y planteaba nueve situaciones distintas en las que los estudiantes debían según el caso, graficar vectores, decidir si un enunciado es verdadero o falso y justificar, seleccionar un gráfico o una opción de acuerdo a una situación anteriormente planteada, o bien completar un párrafo. Los problemas seleccionados tendían a fomentar la observación, el análisis y la interpretación.

A partir del análisis realizado antes de la intervención, podemos decir que en cada una de las situaciones planteadas es muy alto el porcentaje de estudiantes que directamente no resuelven los problemas, en promedio alrededor de un 50%.

Asimismo, coincidiendo con Carrascosa (1985) y Carrascosa y Gil (1992) un 32% de los estudiantes relaciona la situación de velocidad cero de un cuerpo con la ausencia de fuerzas aplicadas, de la misma manera que relacionan la resultante de un sistema de fuerzas igual a cero con el estado de reposo del cuerpo. Manteniendo la misma lógica de pensamiento, un 24% de los estudiantes interpretan que si existe movimiento, éste se da siempre en la dirección y sentido de la fuerza aplicada, y además establecen que existe una relación directamente proporcional entre la fuerza aplicada al cuerpo y la velocidad que éste adquiere (23%). Por último, podemos decir que ante una situación de equilibrio estático un 21% de los estudiantes solo reconoce la fuerza peso (Gráfico 11).

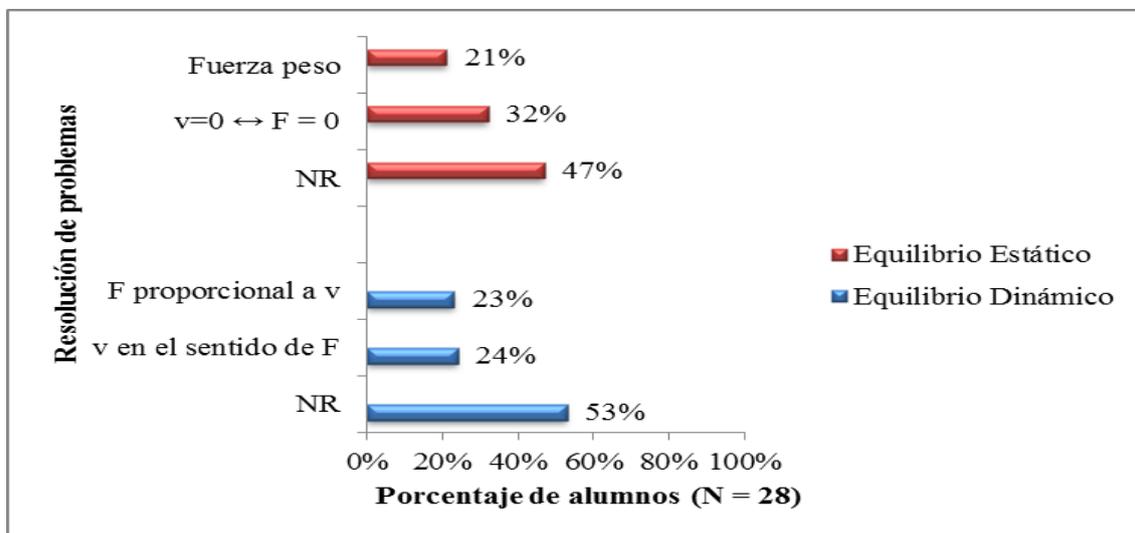


Gráfico 11: Ideas puestas en juego por los estudiantes en la resolución de problemas correspondientes al Cuestionario Inicial (Anexo A).

4.2 Diseño de la propuesta didáctica

Para responder al Objetivo 2 propuesto en esta tesis: “Generar una propuesta didáctica que incluya una simulación applet java, para el contenido Leyes de Newton”, se desarrollaron junto con el docente del curso tres guías semiestructuradas que los alumnos resolvieron en grupos a partir de la manipulación de distintas simulaciones, durante tres clases consecutivas. En este apartado se describirá el diseño de la propuesta didáctica a través de sus fundamentos, las negociaciones y decisiones tomadas junto con el docente, las actividades propuestas y la evaluación.

Fundamentos

En el desarrollo de esta propuesta didáctica fue necesario evitar las interpretaciones de las ciencias como una mera acumulación de contenidos o como descubrimientos que se originaron sólo a partir de la observación (Adúriz-Bravo, 2005). Para esto se presentaron situaciones problemáticas abiertas de interés para los alumnos, que dieran lugar a conjeturas, a la búsqueda de soluciones y al análisis de diferentes explicaciones posibles. Es decir, situaciones que provocaran en los alumnos reflexiones sobre la manera de abordar la situación propuesta. Desde esta concepción se trató de estimular a los alumnos en el análisis crítico, comprometiéndolos en una participación activa, con énfasis en la tolerancia y el respeto por las opiniones diversas.

La educación en general y la educación científica en particular, pueden concebirse como una manera de favorecer la autoestima, la confianza y la necesidad de respetar las opiniones de los demás (Vázquez Alonso y Manassero-Mas, 2008). Por ello, durante la realización de las actividades se buscó promover el diálogo y las actitudes tolerantes.

Por otra parte, nos propusimos superar las concepciones conductistas de aprender ciencias, lo cual implicó tener presente que en aprendizajes de conocimientos científicos influyen factores relacionados con el desarrollo cognitivo de los alumnos y con sus conocimientos previos. Con este fin, se hizo especial hincapié en el trabajo a partir de simulaciones realizadas en el gabinete de computación.

Los contenidos se organizaron de manera gradual y jerárquica a partir de los conocimientos previos o preconcepciones que poseían los alumnos sobre los conceptos de masa, velocidad, aceleración, inercia y fuerza, para luego poder construirlos de manera que les permitieran abordar la complejidad de la realidad cotidiana (Adúriz Bravo e Izquierdo, 2002).

Asumimos la tarea docente desde la perspectiva del trabajo colaborativo (Johnson et al., 2007; García-Mayo y García-Lecumberri, 2004) entendiéndolo como un proceso intencional de un grupo, que tiende a alcanzar objetivos específicos con la ayuda de herramientas diseñadas para dar soporte y facilitar dicho trabajo. Esta propuesta didáctica ha sido pensada dentro de la educación secundaria, con la presencia

explícita o implícita de las ideas de Vigotsky, referente ineludible al hablar de las relaciones entre cultura, conocimiento y lenguaje. Esto se manifiesta en las decisiones metodológicas presentes en esta propuesta que implicaron trabajos en equipo, posibilitando el desarrollo de culturas profesionales de cooperación y colaboración (Hargreaves, 1995).

Otro rasgo del trabajo colaborativo es que potencia las relaciones afectivas, es motivador y genera aspectos muy positivos para el logro de los aprendizajes. Si bien el objetivo de un trabajo colaborativo no es tal, a veces el pertenecer a una organización puede ser el objetivo en sí mismo de los actores (Johnson et al., 2007). Por ello la motivación de los actores en este proceso es fundamental. Y si bien es un proceso grupal, se soporta en el aporte individual del conocimiento y experiencia personal al servicio de los intereses organizacionales. En este caso *“la conformación de equipos y el modo de organizarse favorece el desarrollo del trabajo colaborativo a través de intercambios, comunicaciones e interacciones entre los integrantes”* (García-Mayo y García-Lecumberri, 2004).

Negociaciones y decisiones didácticas

A partir de la Entrevista Inicial (Anexo B) realizada al docente a cargo del curso podemos decir que los estudiantes presentan dificultades que se relacionan por un lado con la interpretación de consignas y por otro, con la interpretación del fenómeno en sí mismo. Por ejemplo, presentaban dificultades asociadas con el abordaje matemático en la resolución del problema (identificar los datos, resolver las ecuaciones), y con el aprendizaje de conceptos abstractos tales como la fuerza, la masa, la aceleración y la inercia entre otros, presentes en el desarrollo de la Dinámica Newtoniana.

Por ello, el propósito de enseñar Física en este quinto año fue lograr que los alumnos observen, analicen e interpreten lo que sucede a su alrededor, para que logren aprendizajes respecto de los objetos, los fenómenos y los métodos propios de esta ciencia.

Un aspecto que se consideró fueron las prescripciones curriculares de la Provincia de Córdoba para Física de quinto año de la escuela secundaria, las cuales al

igual que en el ciclo básico proponen, en primer término, un abordaje integrador de las Ciencias para progresar luego hacia visiones disciplinares, el enfoque de la enseñanza de la Física es en un inicio básicamente fenomenológico, cualitativo y descriptivo, y luego se avanza a una mayor formalización en los aspectos más relevantes, abordando en quinto año la Física desde una visión CTS. Lo cual ayuda a evitar un enfoque descontextualizado de las ciencias en tanto que propicia la reflexión de la evolución de los grandes conceptos científicos a lo largo de la historia, teniendo en cuenta el contexto socio-histórico en que se desarrollaron, con el objeto de incentivar el interés de los estudiantes por el aprendizaje de las ciencias.

Por ello, se orientó hacia la integración de los conceptos de: inercia, masa, fuerza y aceleración contemplados dentro de las tres Leyes de Newton; los modelos de pensamiento aristotélicos, pre-newtonianos y newtonianos; los procedimientos propios del quehacer científico y las actitudes de tolerancia y respeto por el pensamiento ajeno, propiciando así una visión adecuada de las ciencias.

En la Entrevista Inicial (Anexo B) realizada al docente del curso, expresó las competencias científico-tecnológicas que poseen a su criterio los estudiantes. En palabras textuales nos dice que: *“En general los estudiantes poseen algunas competencias científicas como formular preguntas, realizar mediciones, explicar y en algunos casos el análisis de resultados”*. Aclara que no en todos los casos por que, *“no todos los alumnos tienen la misma base. Por lo tanto el pensamiento crítico como competencia no está bien nivelado en todos los alumnos. Entonces algunos pueden un poquito más y otros un poquito menos. Creo que es por una cuestión individual de la forma de aprender de cada uno. A algunos les cuesta un poco más y a algunos un poco menos”*.

Con respecto a las competencias científico-tecnológicas que desde el punto de vista del docente, los estudiantes no han desarrollado nos indica que *“si bien manejan la tecnología, no la manejan en profundidad. Mandan mensajes, pero no saben enviar archivos, no saben trabajar con tablas y gráficos en el Excel, por ejemplo. El hecho de aplicar y comprender es lo que me parece que no está bien desarrollado. En lo que respecta al manejo de sistemas de información algunos alumnos tendrán esta*

competencia adquirida pero no todos. Incluso algunos docentes no poseen esta competencia”.

Según el profesor, esto ocurre por que *“los estudiantes solamente le dan un uso superficial a la tecnología. Es decir la utilizan como formas de comunicación y no como una forma de estudio en donde uno realmente tiene que comprender lo que está realizando y en que se está basando para aplicar el conocimiento adquirido”.*

Es por ello que esta secuencia didáctica pretende potenciar el desarrollo de *“las competencias científicas, como por ejemplo formular preguntas, plantear hipótesis, analizar resultados, reflexionar, fundamentar y explicar. Con respecto a las tecnológicas: uso de software de simulación, uso de pantallas interactivas, manejo de tablas y de gráficos”.*

A partir de lo expuesto anteriormente, se negociaron y seleccionaron las estrategias metodológicas de enseñanza. Teniendo en cuenta que la nueva enseñanza es sobre todo participativa, las estrategias se eligieron sobre las bases de: la claridad de objetivos y contenidos, la exactitud sobre las competencias a las que se apuntan, el conocimiento, las actitudes e ideas que los alumnos aportan, la relación de actividades con los contenidos y el contexto, la reflexión sobre la ciencia, su metodología, sus alcances y las repercusiones para la vida social, considerando a su vez el desarrollo de los aspectos valorativos. En la inclusión de las distintas actividades con dinámica variada se utilizó el formato de laboratorio “virtual” a partir del uso de programas de software de simulaciones que permitieron incorporar simultáneamente a los conceptos y procedimientos.

Además, este tipo de actividades al ser realizadas de manera habitual, permitirán un acercamiento al trabajo científico desde una visión escolarizada, lo que se complementa con la utilización de modelos que permiten interpretar y dar nuevos significados a los fenómenos que se estudiaron, promoviendo la reflexión acerca de los alcances y limitaciones del conocimiento científico.

En síntesis las actividades propuestas, tanto individuales como grupales, buscaron fomentar el trabajo colaborativo, tendiente a desarrollar en los estudiantes el

compromiso con cada una de las tareas que realizaron, potenciando el desarrollo de sus competencias. Desde el punto de vista del docente a cargo del curso las competencias científicas a trabajar serían: formular preguntas e hipótesis, realizar mediciones, explicar, el analizar los resultados y propiciar un pensamiento crítico; y dentro de las competencias tecnológicas manejo de tablas y de gráficos y de sistema de información.

Actividades propuestas

En el desarrollo de las distintas guías de trabajo, se propusieron diversas metodologías con actividades variadas. En la clase 1 se desarrolló la primera Ley de Newton: Principio de inercia, en base a la simulación applet java <http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-and-motion>. Para ello los estudiantes trabajaron con el instrumento correspondiente a la **Actividad 1** (Anexo C). Esta actividad se dividió en varias partes y cada una de ellas responde a un objetivo.

La primer parte de las actividades tiene el objetivo de familiarizar al alumno con la simulación applet, a partir de la identificación de las fuerzas actuantes, la notación, la manipulación de variables, es decir el análisis del fenómeno de una forma libre. Luego, al comenzar a trabajar ya con el fenómeno en sí mismo, los objetivos que se persiguen son que los alumnos sean capaces de describir el fenómeno, anticiparse a algunos resultados, plantear posibles hipótesis, interpretar el concepto de inercia, analizar distintas gráficas y poder llegar a enunciar la primera Ley de Newton.

En la segunda clase se abordó el Principio de masa, a partir de la resolución del instrumento **Actividad 2** (Anexo D) utilizando la simulación applet java <http://phet.colorado.edu/en/simulation/ramp-forces-and-motion>. De manera similar a la Actividad 1, para esta instancia se plantearon varios objetivos. Primero que los alumnos se familiaricen con todas las variables presentes, analicen el sistema de fuerzas y el tipo de movimiento presente.

Luego, que sean capaces de modificar libremente todas las variables, como por ejemplo la posición del objeto, el ángulo de inclinación del plano, la masa, la velocidad, la fuerza, la aceleración, la fricción, entre otras. Para que finalmente se enfoquen en las variables de masa, fuerza y aceleración, y de esta manera puedan descubrir la relación que existe entre ellas y logren enunciar la segunda Ley de Newton.

Por último, se profundizó en el análisis del Principio de masa a partir de la simulación applet java <http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-and-motion-basics>. En esta oportunidad los estudiantes trabajaron con el instrumento correspondiente a la **Actividad 3** (Anexo E).

Esta actividad tuvo como objetivo aplicar la segunda Ley de Newton desarrollada la clase anterior. Para ello se buscó que los alumnos resuelvan ejercicios simples e incorporen el manejo de unidades, trabajando con la ecuación correspondiente al principio de masa.

Como así también, se apuntó a que los alumnos fueran capaces de identificar las fuerzas, determinar la resultante de un sistema de fuerzas, determinar las condiciones necesarias para establecer un equilibrio tanto en la coordenada horizontal como en la coordenada vertical y plantear hipótesis.

Evaluación

En lo que respecta a la instancia de evaluación, el docente a cargo del curso tomó como criterios: el seguimiento permanente del trabajo en grupo y la participación en clases de los alumnos. Como así también en la resolución de las Actividades 1, 2 y 3 (Anexo C, D, E) tuvo en cuenta: la pertinencia temática, el uso apropiado de la terminología propia de la asignatura, la presentación y la ortografía, la justificación de los pasos realizados para resolver las situación planteadas, el razonamiento y la transferencia.

4.3 Análisis de las competencias científico-tecnológicas y las dificultades en la resolución de problemas durante la intervención didáctica

Para responder a los Objetivos 3 y 4 de esta tesis: *“Distinguir las dificultades conceptuales y tecnológicas que se les plantean a los estudiantes durante el uso de la simulación”* y *“Analizar durante la intervención, el desarrollo de habilidades para formular preguntas, plantear hipótesis, modificar variables, realizar medidas y analizar resultados, que se fomentan a través del uso de la simulación”*, se analizaron las producciones escritas de los estudiantes a partir de resolución las Actividades 1, 2 y

3 mencionadas anteriormente. Los resultados obtenidos se reinterpretaron a partir de la triangulación realizada con los cuestionarios resueltos después de cada intervención, las grabaciones de las clases, los patrones de navegación y el registro en el diario de campo.

A continuación presentamos un análisis del registro de las actividades que los estudiantes realizaron durante el desarrollo de las Leyes de Newton.

4.3.1 Primera Ley de Newton: Principio de Inercia

Para el desarrollo de la primera Ley de Newton: Principio de inercia, los estudiantes resolvieron distintas actividades en las cuales debían identificar variables y establecer fuerzas, sistemas de fuerzas, resultantes, estados de movimiento y de reposo, entre otros. Como así también modificar variables, tales como la fuerza aplicada a un cuerpo y la posición inicial del mismo. Luego en base a lo observado en el fenómeno simulado, los alumnos debían describir lo ocurrido.

A continuación cambiando de pantalla en el simulador, los estudiantes podían observar las gráficas de fuerza, posición, velocidad y aceleración en función del tiempo y explicar lo que ocurría al cabo de un cierto tiempo. La resolución de todas estas actividades tenía por objetivo que el estudiante llegara a enunciar la primera Ley de Newton.

Para facilitar el acceso de los estudiantes a la simulación, se creó con anterioridad una carpeta “*Simulaciones Física de 5º*”, que figuraba en el escritorio de cada una de las computadoras. Para comenzar a trabajar, los estudiantes armaron grupos de cuatro o cinco personas, ingresaron a la carpeta y eligieron [forces-and-motion](#). En pantalla figuraba la siguiente simulación:

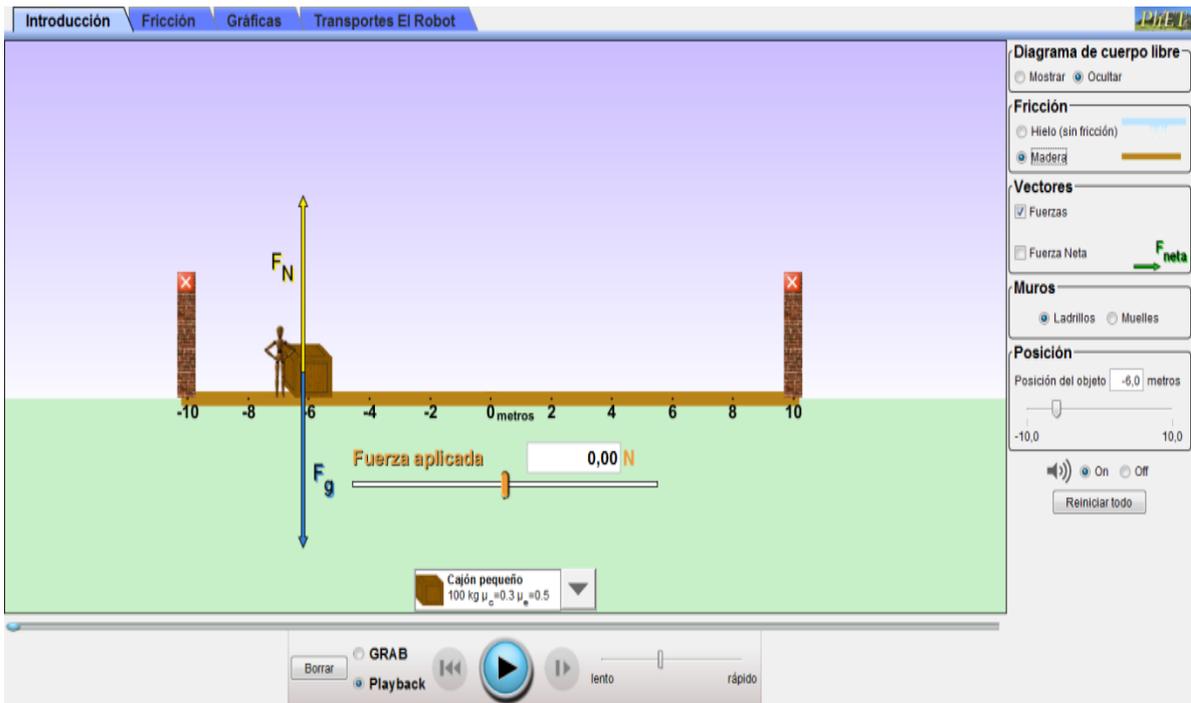


Imagen 4: Pantalla correspondiente a la simulación <http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-and-motion> en Actividad 1 (Anexo C).

A partir de allí, los estudiantes debían ocultar el diagrama de cuerpo libre y seleccionar una superficie sin fricción (hielo), la visualización de los vectores fuerzas y como opción de muro los ladrillos. Además debían elegir un cuerpo cuya masa fuera de 100Kg (cajón pequeño) y ubicarlo en la posición inicial de 0m. Luego de realizar las tildes correspondientes, la pantalla aparece con las siguientes condiciones iniciales.

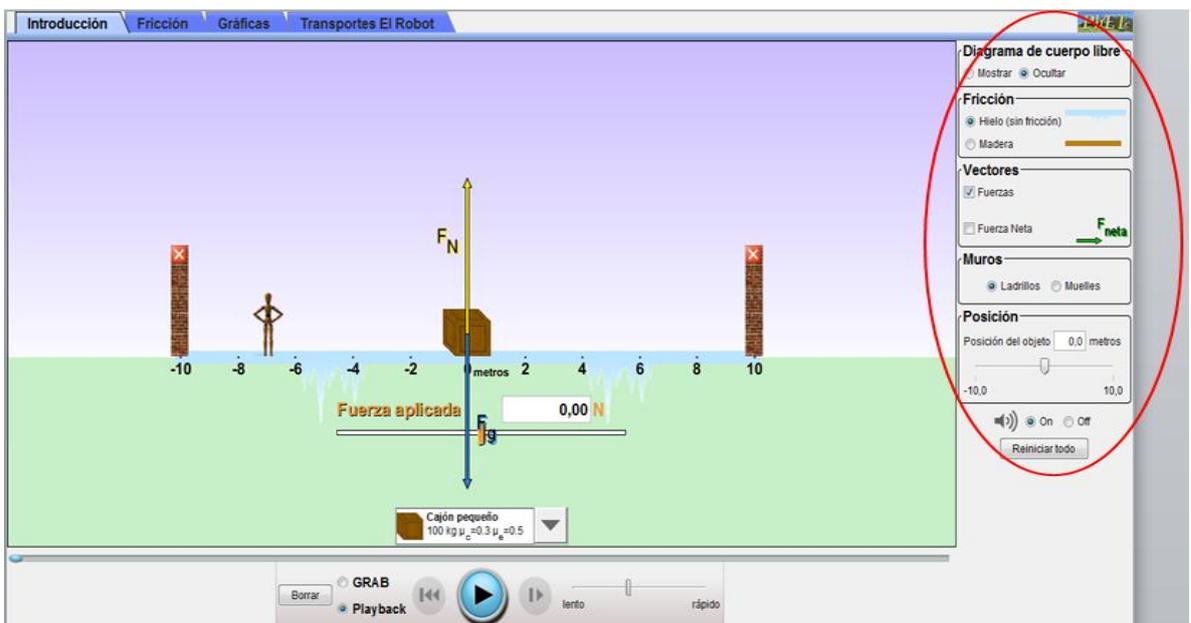


Imagen 5: Pantalla correspondiente a condiciones iniciales a partir de la simulación <http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-and-motion> en Actividad 1 (Anexo C).

Realizando el análisis de las respuestas se advierte que durante la resolución de las distintas preguntas planteadas en el Problema 1 correspondientes al instrumento Actividad 1 (Anexo C), los estudiantes fueron capaces de identificar correctamente ante una situación dinámica la fuerza aplicada, la masa del cuerpo, la posición final, la distancia recorrida y la aceleración (64%) y en una situación estática las variables fuerza Peso y Normal (84%). Además fueron capaces de establecer las notaciones F_N y F_g correspondientes a la Fuerza Normal y a la Fuerza Gravitatoria respectivamente (89%). Como así también determinar que dichas fuerzas presentan sentidos opuestos (85%) y conforman un sistema de fuerzas colineales y concurrentes (19%) que al tener igual módulo implican un valor de la fuerza resultante igual a cero, por lo cual el cuerpo se mantiene en situación de equilibrio estático (25%), es decir en reposo (Gráfico 12).

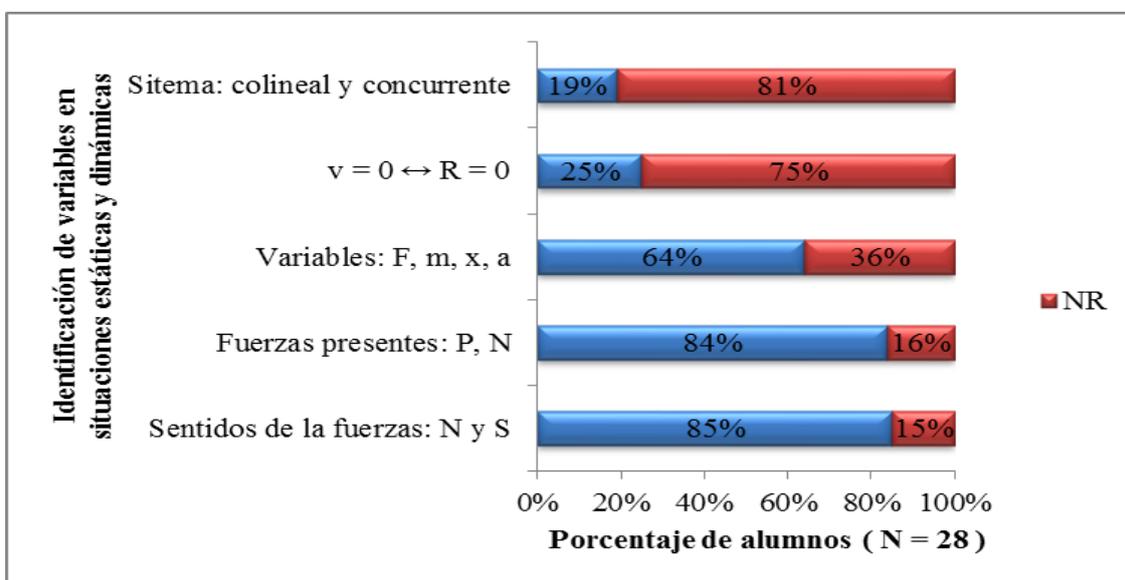


Gráfico 12: Identificación de variables, notaciones, relaciones y sistemas de fuerzas realizada por los estudiantes a partir del Problema 1 correspondiente a la Actividad 1 (Anexo C).

Para determinar la capacidad que los estudiantes presentaban a la hora de modificar variables y plantear hipótesis a través del uso de la simulación durante la intervención, analizamos las situaciones planteadas en los Problemas 2, 3, 4 y 6 correspondientes al instrumento Actividad 1 (Anexo C).

A partir de dicho análisis podemos concluir que los estudiantes en su totalidad fueron capaces de modificar, manipulando la simulación, tanto la fuerza aplicada al objeto como la posición en la que se ubicaba el mismo. Por otra parte, en lo que respecta a la formulación de hipótesis que realizaron los estudiantes sobre el

desplazamiento del cuerpo, un 41% no resolvió la actividad, mientras que un 16% utilizó en la explicación el concepto de fuerza aplicada, un 5% relacionó el desplazamiento con la ausencia de la fricción en la superficie y un 7% al concepto de inercia. Sin embargo, un 27% de los estudiantes sigue manteniendo la concepción de que existe una relación directamente proporcional entre la fuerza aplicada y la velocidad del cuerpo. Tan sólo un 4% relaciona la fuerza aplicada con la aceleración del cuerpo (Gráfico 13).

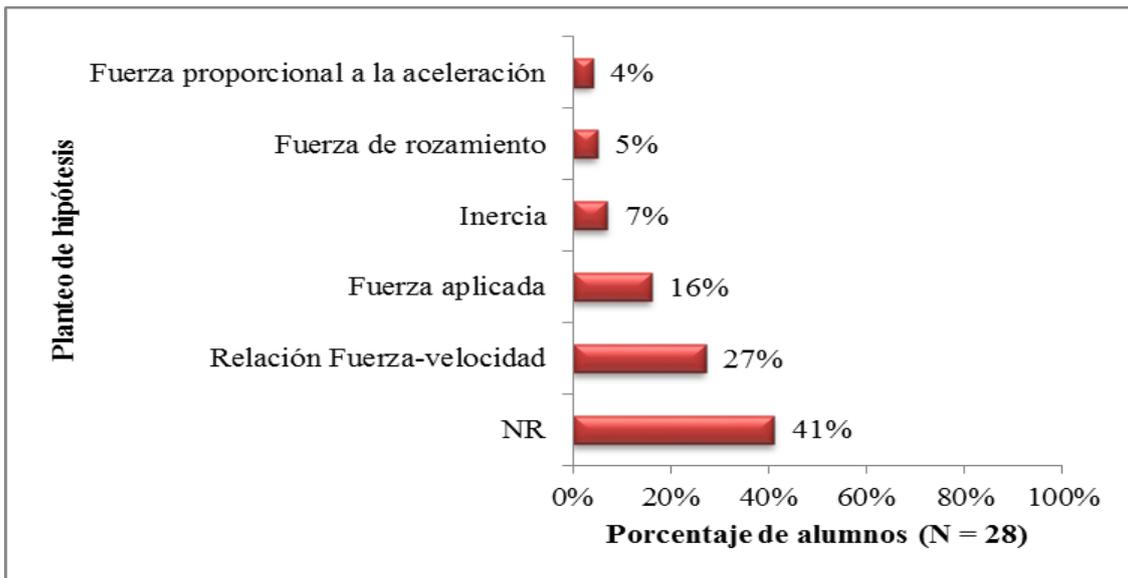


Gráfico 13: Planteo de hipótesis por parte de los estudiantes a partir de la resolución de los Problemas 2, 3, 4 y 6 correspondientes a la Actividad 1 (Anexo C).

Por último, para determinar la capacidad que los estudiantes presentaban a la hora de interpretar gráficas de aceleración, velocidad y posición en función del tiempo durante el desarrollo de la simulación (Imagen 6), analizamos la situación planteada en el Problema 5 correspondiente al instrumento Actividad 1 (Anexo C).

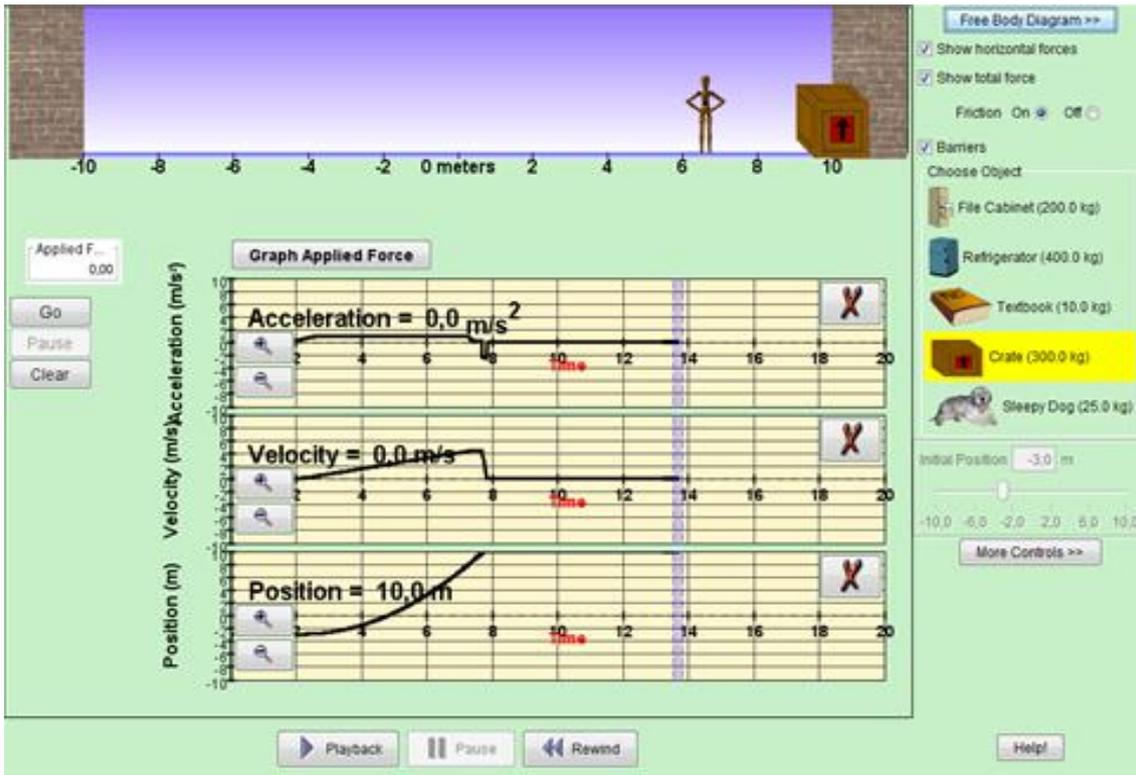


Imagen 6: Pantalla correspondiente a la solapa gráficas de la simulación <http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-and-motion>, en Actividad 1 (Anexo C).

A partir de la resolución del problema 5 los estudiantes indicaron que, durante los dos primeros segundos, al cuerpo se le aplica una fuerza constante (44%), adquiere una aceleración constante (70%) y por ello el cuerpo experimenta un aumento en su velocidad (70%) y una variación en su posición (74%) (Gráfico 14).

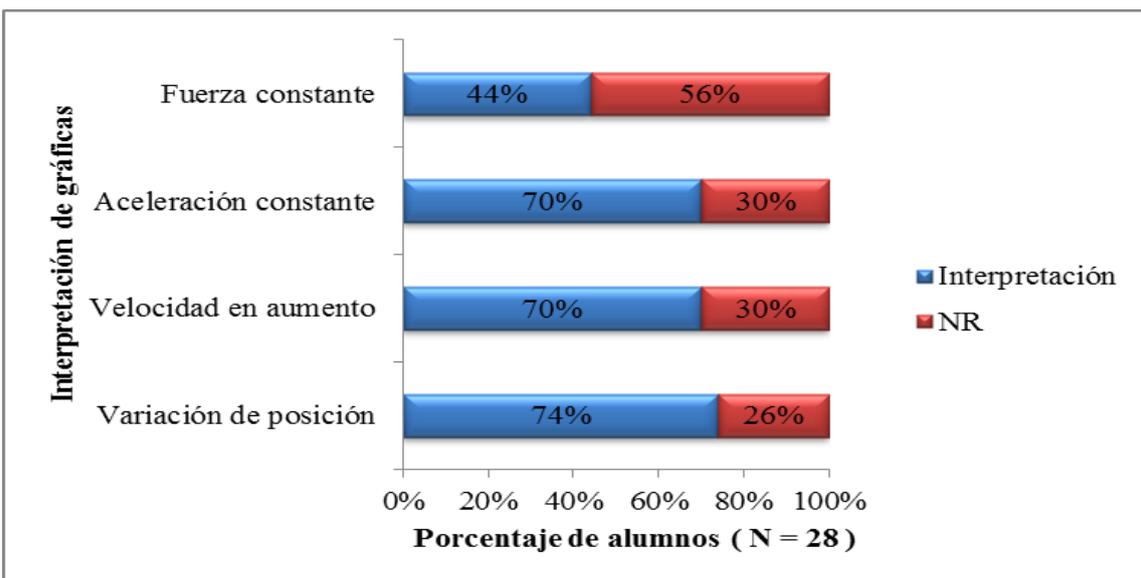


Grafico 14: Interpretación de gráficas por parte de los estudiantes a partir de la resolución del Problema 5 correspondiente a la Actividad 1, (Anexo C).

La resolución de todos los problemas propuestos en la Actividad 1, llevó a los alumnos a concluir que “Si un cuerpo está en **reposo** (77%) o se desplaza a **velocidad** (96%) constante, se mantiene así a menos que una **fuerza** (96%) externa actúe sobre él haciéndole cambiar dicho estado.” Este enunciado corresponde a la primera Ley de Newton.

Inmediatamente después de terminada la Actividad 1, se les hizo entrega a cada estudiante del instrumento **Cuestionario 1** (Anexo F). En el mismo se presentaron tres situaciones similares a las trabajadas en la simulación, con el objetivo de que los estudiantes realizaran la transferencia de los conceptos aprendidos y pudieran resolver sin mayores inconvenientes las actividades propuestas.

A partir del análisis de cada una de las actividades propuestas en el Cuestionario 1, podemos concluir que ante una situación en la que un cuerpo se encontraba bajo la condición de equilibrio estático, el 93% de los estudiantes indicó que sobre el mismo actúan dos fuerzas las cuales representaron a través de dos vectores con sentidos opuestos (norte y sur). Además el 74% agregó que las dos fuerzas actuantes conforman un sistema de fuerzas colineales y concurrentes y un 15% escribió la notación correspondiente F_N y F_g a cada uno de los vectores (Gráfico 15).

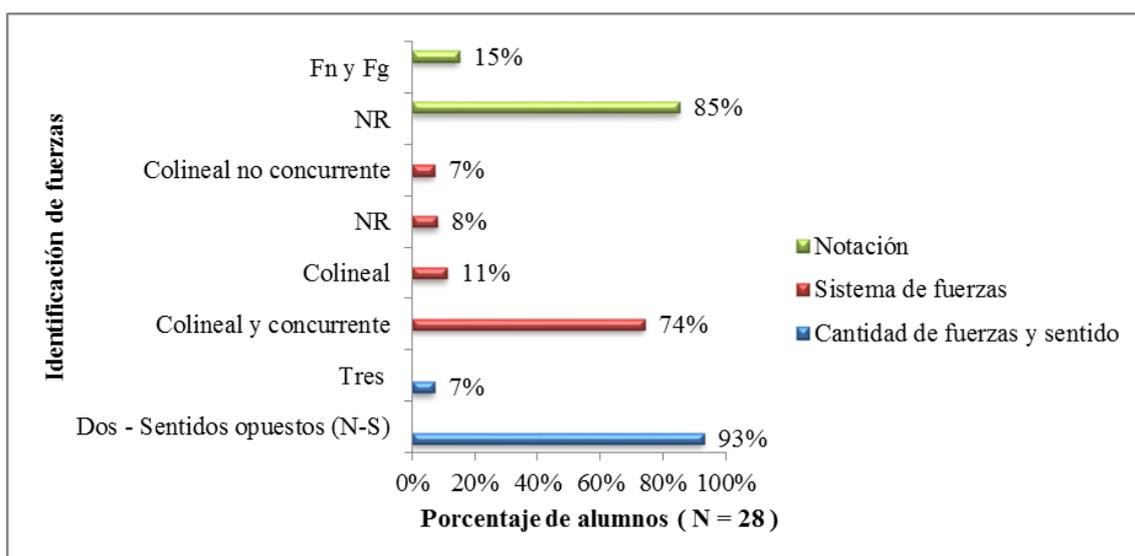


Gráfico 15: Identificación de fuerzas, sistemas y notaciones por parte de los estudiantes a partir de la resolución de la Situación 1 correspondiente al Cuestionario 1 (Anexo F).

Luego, ante una situación en la que un cuerpo se encontraba desplazándose bajo la condición de equilibrio dinámico el 41% de los estudiantes del curso señaló como correcta la representación de la fuerza Peso y la Fuerza aplicada. Solo un 18% considera como correcta la representación de la fuerza Peso y Normal.

Sin embargo, aunque se aclara que el esquema elegido debe corresponder a la situación de la esfera poco después de haber sido lanzada, un 15% del curso establece como correcta la representación de las fuerzas Normal, Peso y Aplicada, un 22% indica que está presente solamente la fuerza aplicada y un 4% no resuelve la actividad (Gráfico 16).

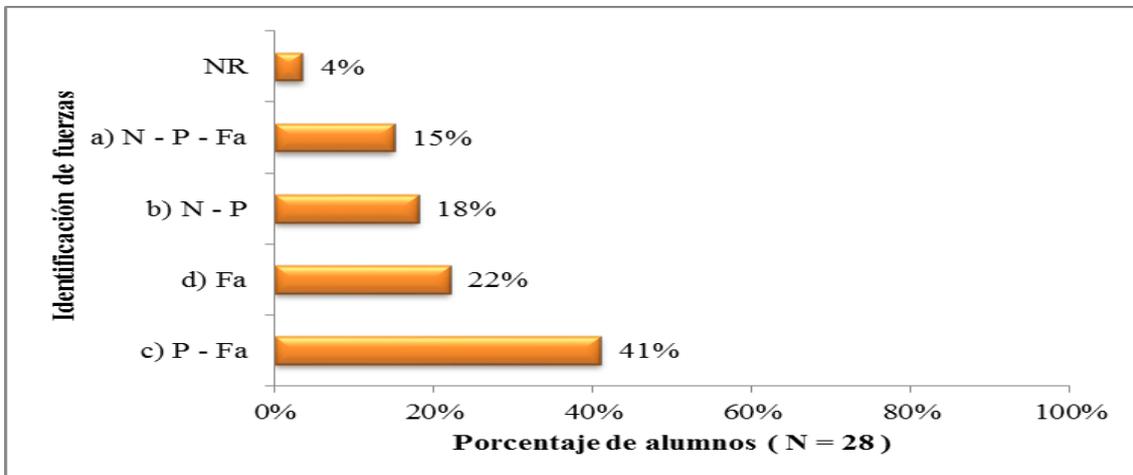


Gráfico 16: Identificación de fuerzas por parte de los estudiantes a partir de la Situación 2 correspondiente al Cuestionario 1 (Anexo F).

Por último, analizando la Situación 3 en la cual una pelota se desplaza sobre una superficie hacia la derecha, la totalidad de los alumnos indicó que la representación correcta de una fuerza que actúe en contra del movimiento será hacia la izquierda y además especificaron que podría tratarse de la fuerza de fricción.

4.3.2 Síntesis del desarrollo de la primera Ley de Newton.

En síntesis, para el desarrollo de la primera Ley de Newton se propuso a los estudiantes actividades en las cuales debieron identificar y modificar variables, como también actividades de descripción e interpretación de gráficas.

Durante el desarrollo de las actividades los estudiantes fueron capaces de modificar en situaciones de equilibrio estático el coeficiente de rozamiento, la fuerza aplicada, la masa del cuerpo y la posición inicial del mismo. Como así también identificar variables como el peso de un cuerpo y la fuerza normal, aprendiendo sus notaciones. También pudieron establecer que dichas fuerzas compartían el módulo y la dirección, pero tenían sentidos opuestos y representaban un sistema de fuerzas colineal y concurrente.

En situaciones de equilibrio dinámico los estudiantes fueron capaces de modificar variables como la fuerza aplicada a un cuerpo y la posición inicial. Como así también formular hipótesis y realizar descripciones correspondientes al desplazamiento del cuerpo. En ellas la mayoría de los estudiantes hizo referencia a la relación entre la fuerza aplicada a un cuerpo y la velocidad que éste adquiere, y en menor medida a la relación entre la fuerza y la aceleración, utilizando el concepto de inercia.

En lo que respecta a las gráficas de funciones, Arce y Ortega (2013) mencionan las deficiencias que poseen los estudiantes al interpretarlas y analizarlas en formato papel. Entre ellas se encuentran: el entendimiento del concepto de función, de asíntota, el manejo de escalas en los ejes, la imposibilidad de hacer zoom, la dificultad que se genera al tener que caracterizar las funciones y el hecho de que las variables abstractas (como x o $f(x)$) carecen de significado para los estudiantes (Crisólogo e Ithandehuil, 2007). Situación que en nuestro trabajo no se advirtió, ya que las variables representadas en los ejes figuraban claramente como fuerza, aceleración, velocidad y posición en función del tiempo, con sus correspondientes unidades. Por ello, coincidimos con Hernández Escamilla (2008), quien a partir de estas dificultades propone introducir el concepto de funciones desde la interpretación gráfica y el manejo de tablas y no desde las ecuaciones. No reducir la elaboración de gráficas a partir de sus expresiones matemáticas, cuyas variables carecen de sentido.

Por último, Hernández Escamilla (2008) menciona la dificultad que presentan los estudiantes a la hora de relacionar magnitudes a partir de la interpretación de gráficas. Sin embargo a partir de nuestro estudio, podemos decir que la mayoría de los estudiantes fue capaz de relacionar de manera correcta las magnitudes de Fuerza, aceleración, velocidad y posición a partir de la interpretación de las gráficas de las

funciones correspondientes. Lo cual se pone en evidencia, cuando los estudiantes logran establecer que al aplicar sobre un cuerpo una fuerza constante, éste adquiere una aceleración constante, lo cual produce un aumento en la velocidad y un cambio en su posición.

En este sentido nuestros resultados concuerdan con Alfonso Salgado (2012), quien propone el uso de graficadores en computadoras como un recurso válido para la adquisición del concepto de función, por su versatilidad, la posibilidad que ofrecen desde la creatividad, la formulación de hipótesis y conclusiones.

Por su parte en la resolución del Cuestionario 1 (Anexo F), ante una situación de equilibrio estático los estudiantes pudieron identificar las fuerzas Normal y Peso, como así también establecer que sus sentidos son opuestos, sus módulos iguales, sus notaciones F_N y F_g y que el sistema de fuerza corresponde a uno colineal y concurrente. Lo cual en función de lo que plantea Suaza Correa (2011), puede atribuirse a que el diagrama de fuerza presentado en la simulación, retroalimenta la información y permite la aprehensión significativa de los conceptos. En tanto que ante una situación de equilibrio dinámico, los estudiantes continúan con la preconcepción en la cual relacionan la velocidad de un cuerpo con la fuerza aplicada, resultados que coinciden con los estudios de Carrascosa (1985), Carrascosa y Gil (1992), Mc Dermott (1993 a, b), Sebastiá (1984) y Sánchez Velázquez et al. (1993). Sin embargo, logran identificar correctamente la fuerza de rozamiento como una fuerza que actúa en sentido contrario al movimiento.

Además, se advierte que los resultados obtenidos concuerdan con las investigaciones realizadas por Carrascosa (1985); Carrascosa y Gil (1992); Mc Dermott, (1993 a, b); Vicario (2013) quienes analizaron las condiciones a partir de las cuales los estudiantes relacionan las fuerzas con la causa del movimiento. A partir del planteo de variadas situaciones problemáticas, la mayoría complementadas con apoyaturas visuales, encontraron que para los estudiantes el movimiento tiene lugar en la dirección de la fuerza y de aplicarse una fuerza ésta es en la dirección del movimiento. Por consiguiente, la ausencia de fuerzas explica el estado de reposo. A esto se le suma la idea de que los cuerpos en movimiento “poseen” fuerzas y que un movimiento rectilíneo uniforme, exige una fuerza constante proporcional a su velocidad.

4.3.3 Segunda Ley de Newton: Principio de Masa

La Actividad 2 (Anexo D) presentaba seis situaciones distintas en las cuales los estudiantes debían identificar variables, fuerzas, sistemas de fuerzas y resultantes, entre otras. También tenían la posibilidad de modificar variables, tales como la fuerza aplicada a un cuerpo, la posición inicial del mismo y el ángulo del plano, pudiendo ser éste horizontal o inclinado. Luego en base a lo observado en el fenómeno simulado, los estudiantes debían plantear hipótesis, probarlas y establecer las relaciones existentes entre la fuerza aplicada a un cuerpo, la masa del mismo y la aceleración que éste adquiriría. Finalmente debían resolver ejercicios de aplicación, en los cuales remplazarían valores, realizarían despejes de ecuaciones, trabajarían con calculadora y manejarían sistemas de unidades. La resolución de todas estas actividades tenía por objetivo que el estudiante llegara a enunciar la segunda Ley de Newton.

A continuación analizaremos los resultados correspondientes a la resolución de las actividades a partir de las cuales se desarrolló la segunda Ley de Newton: Principio de masa. Para comenzar a trabajar, los estudiantes armaron los mismos grupos que la clase anterior, ingresaron a la carpeta “*Simulaciones Física de 5°*” que figuraba en el escritorio de cada una de las computadoras y eligieron <http://phet.colorado.edu/en/simulation/ramp-forces-and-motion>. En pantalla figuraba la siguiente simulación:

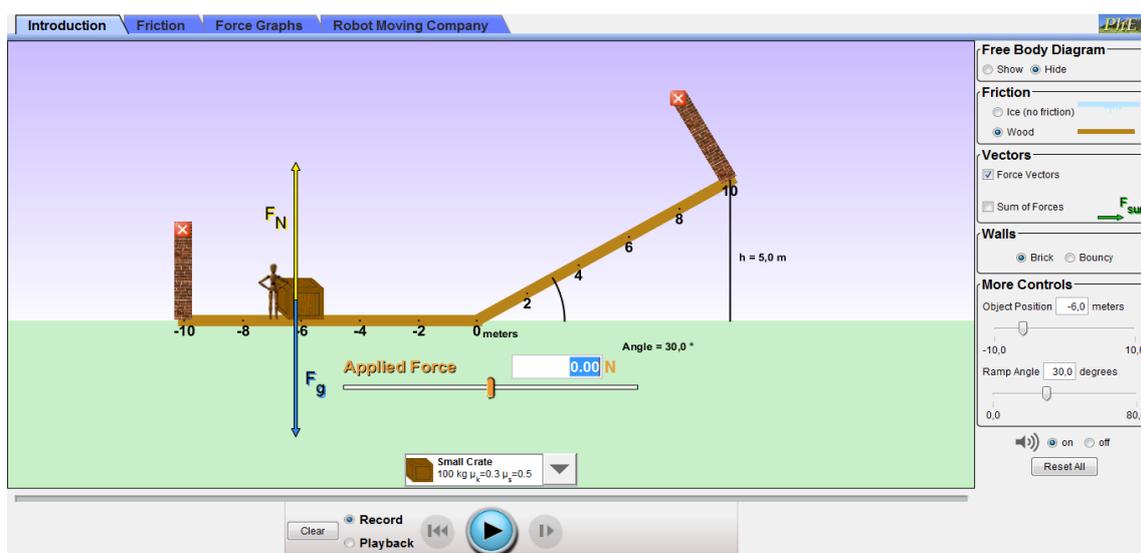


Imagen 7: Pantalla correspondiente a la simulación <http://phet.colorado.edu/en/simulation/ramp-forces-and-motion> en Actividad 2 (Anexo D)

A partir de allí los estudiantes debían ocultar el diagrama de cuerpo libre y seleccionar una superficie sin fricción (hielo), los vectores fuerzas y como opción de muro los ladrillos. Además debían elegir un cuerpo cuya masa fuera de 100Kg (cajón pequeño), ubicarlo en la posición inicial igual a 0m y establecer como ángulo de inclinación de la rampa un valor de 30°. Luego de realizar las tildes correspondientes, la pantalla aparecía con las siguientes condiciones iniciales.

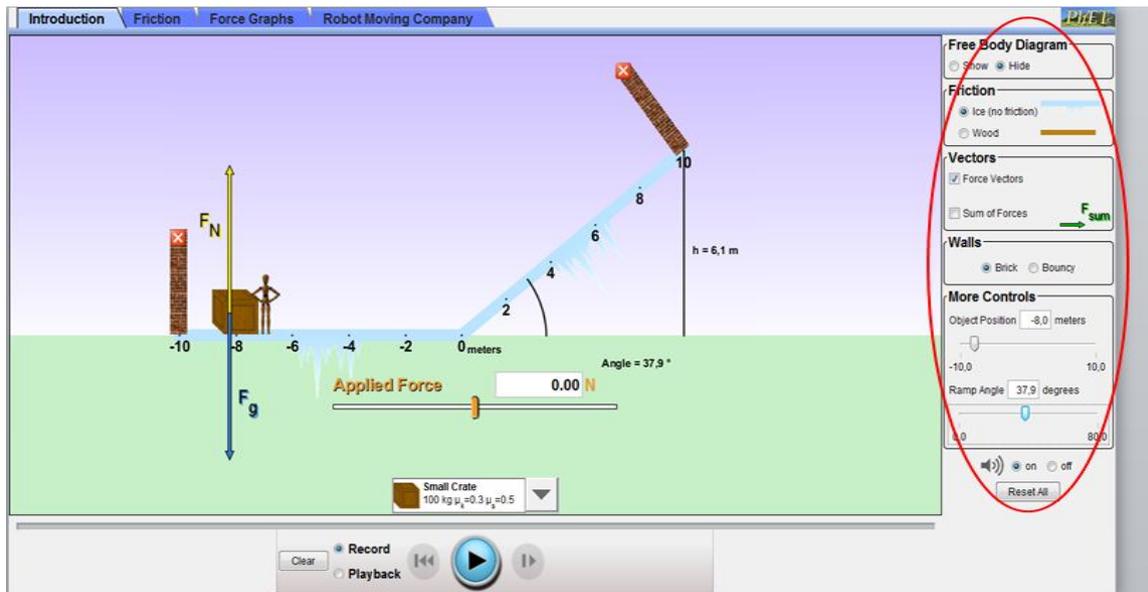


Imagen 8: Pantalla correspondiente a la simulación <http://phet.colorado.edu/en/simulation/ramp-forces-and-motion> en Actividad 2 (Anexo D).

Al observar las respuestas de los estudiantes, encontramos que en el Problema 1 correspondiente al instrumento Actividad 2 (Anexo D) el cual presentaba una situación dinámica, los estudiantes fueron capaces de identificar correctamente la fuerza aplicada (97%) a un cuerpo de cierta masa (93%) y la distancia recorrida que generaba un cambio en la posición final del cuerpo (86%), producto de la aceleración que este había adquirido (79%).

Sin embargo, es muy alto el porcentaje de estudiantes (97%) que identificó como variable a la velocidad con la cual se desplazaba el cuerpo producto de la fuerza aplicada. Por último, en menor medida un 18% señaló la Energía como variable de la situación (Gráfico 17).

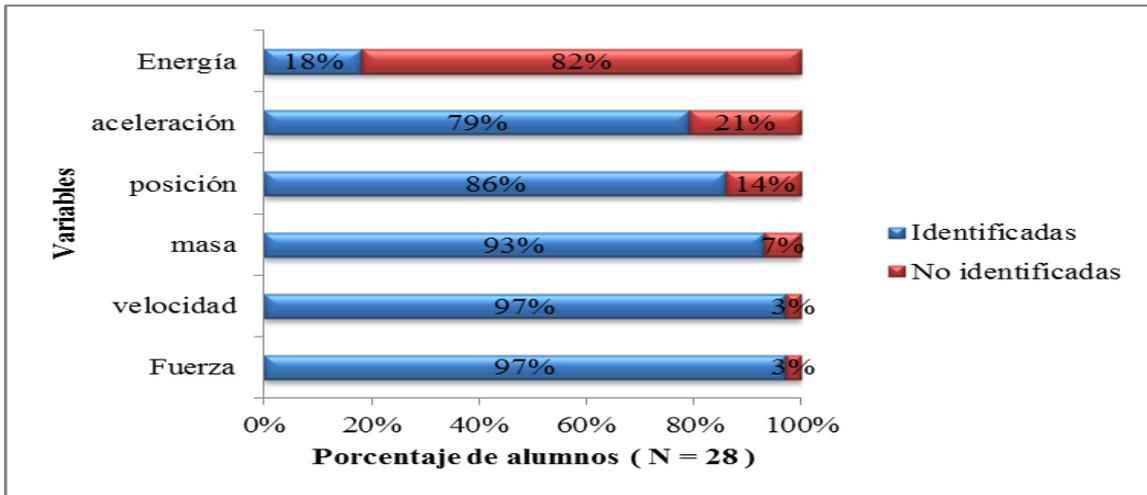


Gráfico 17: Identificación de variables por parte de los estudiantes a partir del Problema 1 correspondiente a la Actividad 2 (Anexo D).

Con respecto al análisis de la resolución de las distintas preguntas del Problema 2 podemos concluir que a la hora de describir lo que ocurre con el cuerpo luego de haberle aplicado una Fuerza igual a 300N (inciso a), el 86% de los estudiantes utilizó el concepto de Fuerza para explicar el movimiento ascendente (61%) del cuerpo por la rampa y coincide en que cuando el cuerpo llega al punto máximo sobre el plano inclinado comienza a descender, haciendo alusión a un cambio de posición (18%). Sin embargo, difieren en las justificaciones que dan a este hecho, ya que por ejemplo un 32% explicó que como el cuerpo está ascendiendo por la rampa experimentó una desaceleración, mientras que un 7% indicó que su velocidad disminuyó por acción de la gravedad. Y finalmente, un 11% indicó que el cuerpo comienza a descender ya que se encontraba posicionado sobre una superficie que no presentaba rozamiento (Gráfico 18).

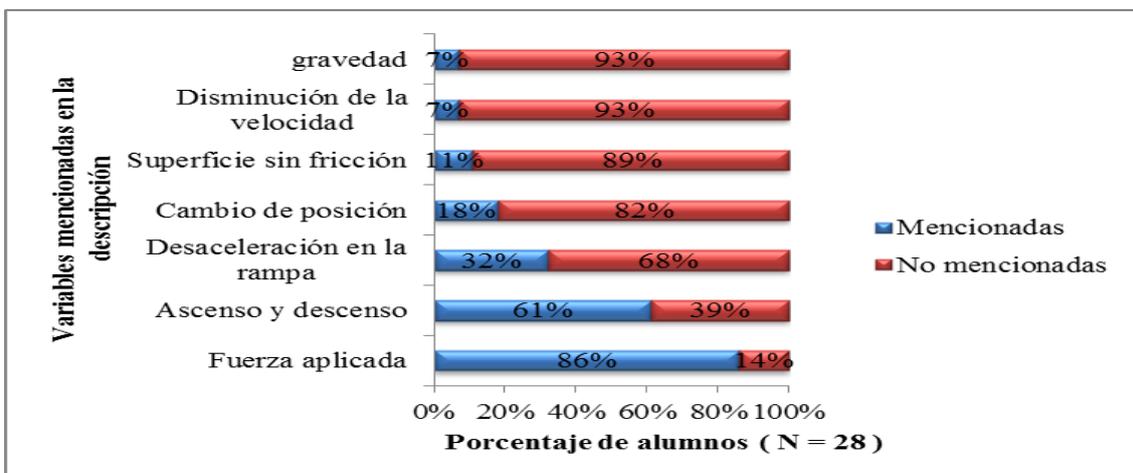


Gráfico 18: Variables mencionadas en la descripción por parte de los estudiantes a partir del Problema 2 a) correspondiente a la Actividad 2, (Anexo D).

Luego, al tener que identificar las fuerzas que intervienen en la situación (inciso b) la totalidad del curso reconoció la Fuerza Gravitatoria y la Fuerza Aplicada por el hombre, mientras que un 86% identifica la Fuerza Normal generada por la superficie de apoyo.

Siguiendo con las preguntas correspondientes al Problema 2, analizaremos los resultados considerando por un lado, la situación planteada en el plano horizontal y por otro, la situación planteada en el plano inclinado.

Primero, cuando el cuerpo se encontraba en el plano horizontal un 93% de los estudiantes identificó correctamente que en la coordenada vertical el sistema de fuerzas, formado por la F_g y la F_N es colineal y concurrente. Además establecieron que el valor de la resultante en dicha coordenada es cero (32%). En lo que respecta a la coordenada horizontal los estudiantes establecieron que la resultante del sistema es igual a la fuerza aplicada por el hombre (50%) e indicaron que su módulo era igual a 300N coincidente con el de la Fuerza aplicada (F_a). También definieron de manera correcta los sentidos de los vectores (79%) norte, sur y este para las fuerzas normal, gravitatoria y la aplicada por el hombre respectivamente (Gráfico 19).

Segundo, cuando el cuerpo se encontraba en el plano inclinado, un 79% de los estudiantes identificó que sobre el cuerpo actuaba un sistema de fuerza concurrente, estableciendo un 50% de manera correcta el sentido sur, noroeste y noreste de las fuerzas gravitatoria, normal y la aplicada por el hombre respectivamente. Sin embargo, un 46% de los estudiantes estableció de manera incorrecta el sentido de las fuerzas anteriormente mencionadas (Gráfico 20).

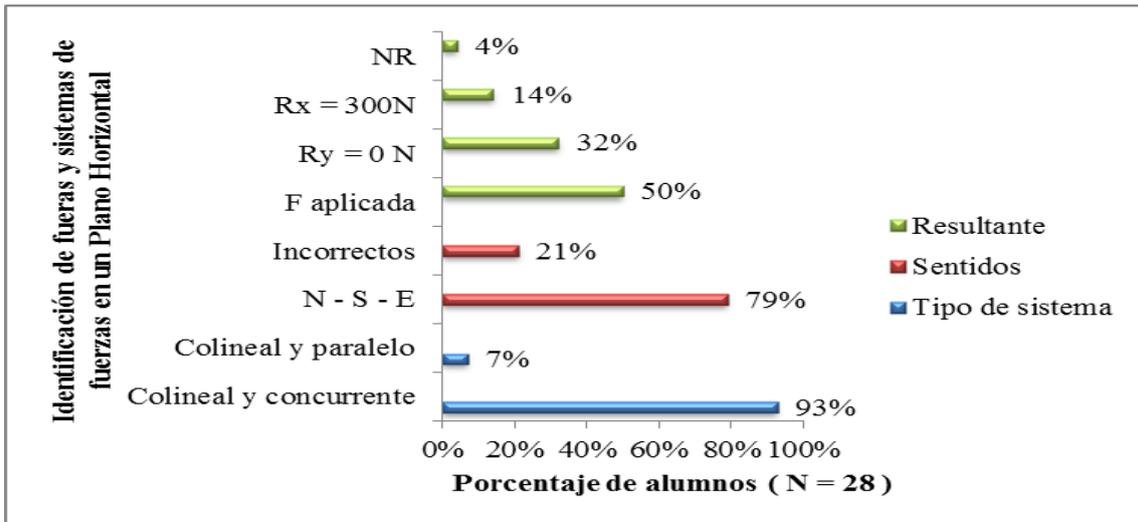


Gráfico 19: Identificación en un plano horizontal del sentido de las fuerzas, del tipo de sistema de fuerza, y de la resultante por parte de los estudiantes a partir del Problema 2 c), d), e) correspondiente a la Actividad 2 (Anexo D).

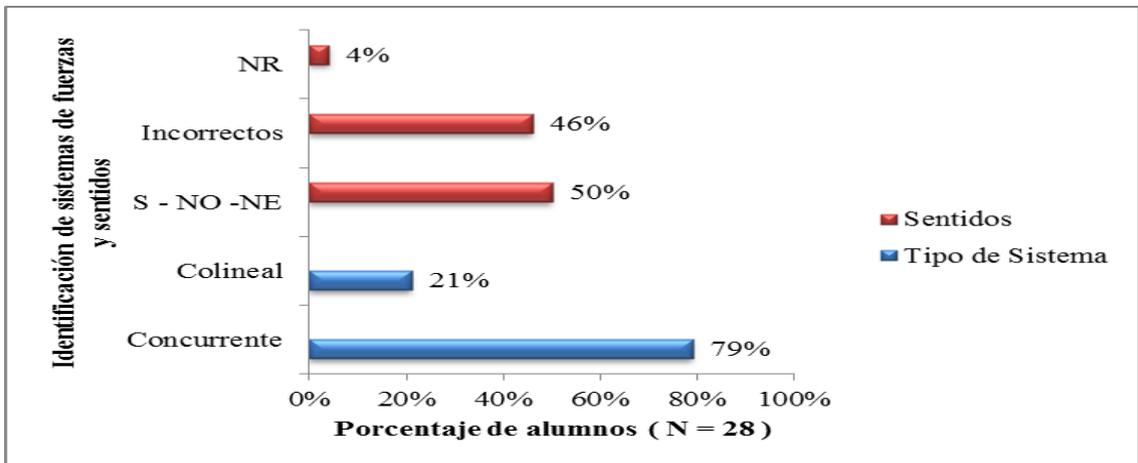


Gráfico 20: Identificación en un plano inclinado del sentido de las fuerzas y del tipo de sistema por parte de los estudiantes a partir del Problema 2 f), g) correspondiente a la Actividad 2 (Anexo D).

A continuación presentamos el análisis de la capacidad de los estudiantes para modificar variables y plantear hipótesis referidas a la segunda Ley de Newton, y para ello desarrollamos los resultados provenientes de las situaciones planteadas en los Problemas 3, 4, 5 y 6 correspondientes al instrumento Actividad 2 (Anexo D).

A partir de dicho análisis podemos concluir que los estudiantes en su totalidad fueron capaces de modificar, manipulando la simulación, la fuerza aplicada sobre el objeto, la masa del cuerpo, la posición en la que se ubicaba, el coeficiente de fricción y el ángulo de inclinación de la rampa.

Para ello los estudiantes ubicaron el cuerpo con masa de 100Kg en la posición $x = -8\text{m}$, le aplicaron una Fuerza de 300N y en un punto de su trayectoria anularon el valor de la fuerza. A la hora de describir el movimiento del cuerpo e indicar la posición final, el 46% de los estudiantes describió el avance del cuerpo sin especificar las variables identificadas. Mientras que los que explicaron el desplazamiento luego de que el valor de la fuerza cambió a cero, lo atribuyeron a la aceleración que adquirió el cuerpo anteriormente por la fuerza aplicada (14%), a la inercia (18%), a la acción de la fuerza gravitatoria (18%) que frenó el cuerpo en la rampa y luego retrocedió o bien se frenó por que no tenía la suficiente velocidad (4%) para recorrer toda la rampa.

En cuanto a la justificación que dan los estudiantes en relación a por qué el cuerpo no sigue ascendiendo por la rampa, casi la mitad del curso consideró que se debió al hecho de que el hombre dejó de aplicar la fuerza sobre el cuerpo (47%). Mientras que un 29% sostuvo que el cuerpo se fue frenando por que a medida que subía por la rampa, la velocidad disminuía hasta hacerse cero y otros manifestaron que fue la aceleración la que fue disminuyendo hasta hacerse cero (21%). Apareció la idea de que los cuerpos poseen fuerzas, esto quedó en evidencia cuando el 14% de los estudiantes expuso que el cuerpo comenzaba a deslizarse por la rampa debido a que “*se queda sin fuerza*”.

A continuación los estudiantes debían exponer una o más variables a modificar con el fin de lograr que el cuerpo llegara a una posición final de 10m. Para resolver esta situación, propusieron, comprobaron y explicaron sus hipótesis. En función de estos resultados observamos que la totalidad de los estudiantes propuso aumentar la fuerza aplicada para que el cuerpo describa un mayor desplazamiento. Sin embargo, algunos estudiantes presentaron además de la fuerza aplicada otras variables posibles de modificar, como por ejemplo la posición inicial (14%) desde la cual se impulsaba el cuerpo acercándolo hacia la rampa, disminuyendo la masa del cuerpo (14%) o bien el ángulo de inclinación (4%) de la rampa (Gráfico 21).

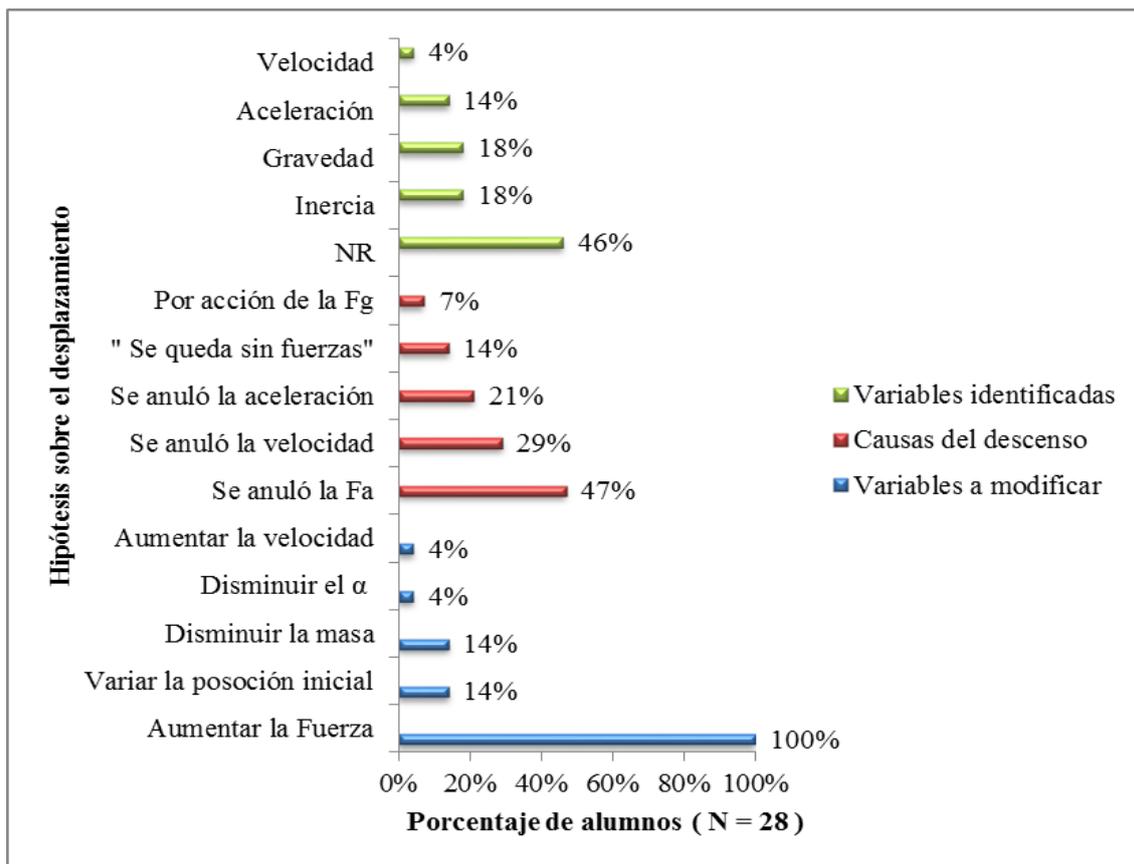


Gráfico 21: Descripción realizada por los estudiantes a partir del movimiento del cuerpo en plano horizontal e inclinado, correspondiente al Problema 3 de la Actividad 2 (Anexo D).

Con el objetivo que los estudiantes comiencen relacionar las magnitudes intervinientes en la segunda Ley de Newton, resolvieron las situaciones presentadas en los Problema 4 y 5 de la Actividad 2 (Anexo D).

En una primera instancia los estudiantes debían mantener constante el ángulo de la rampa, la posición inicial y la masa de cuerpo, pero debían aumentar el valor del módulo de la fuerza aplicada de 600N a 900N para luego en una cierta posición anular dicha fuerza e indicar el valor de la posición alcanzada por el objeto. En este aspecto un 76% de los estudiantes indicó que al aplicarle mayor fuerza al cuerpo, éste se desplazaba una distancia mayor. Un 75% de los estudiantes logró advertir que al aplicarle al cuerpo una fuerza mayor, se obtiene una aceleración mayor y en consecuencia al aplicar sobre el cuerpo una fuerza menor obtenían una aceleración menor. Lo que les permitió a un 93% de los estudiantes llegar a la conclusión de que existe una relación directamente proporcional entre la fuerza aplicada a un cuerpo y la aceleración que éste adquiere (Gráfico 22).

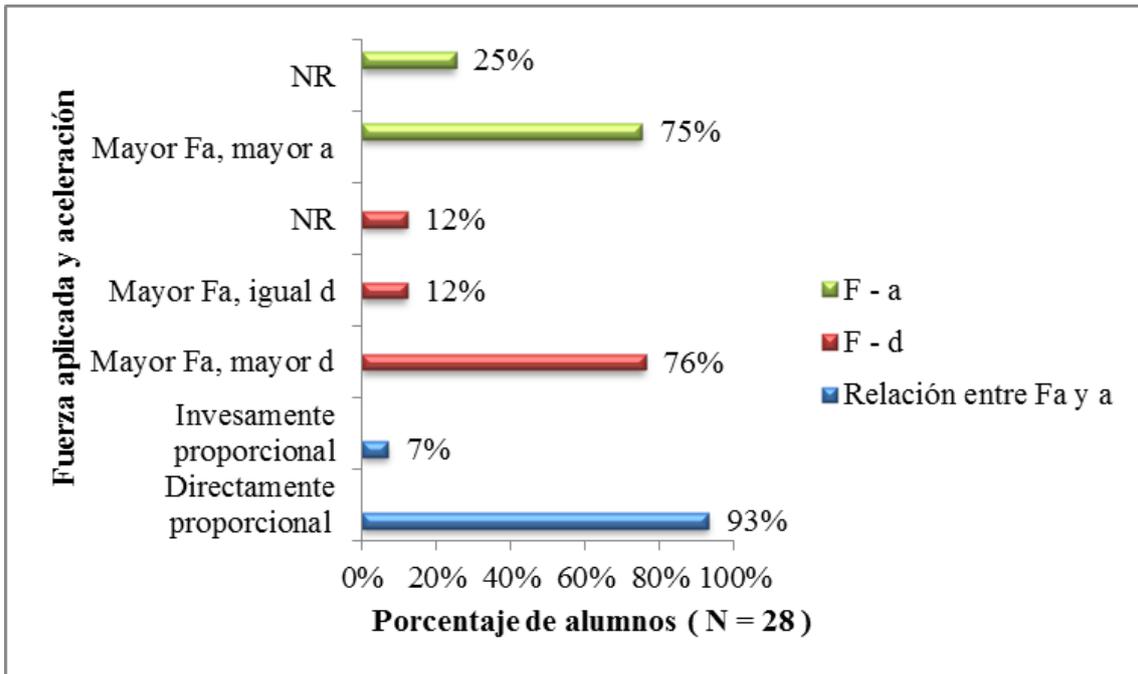


Gráfico 22: Relación entre la fuerza aplicada a un cuerpo y la aceleración realizada por los estudiantes a partir de la resolución del Problema 4 de la Actividad 2 (Anexo D).

En una segunda instancia los estudiantes debían mantener constante el ángulo de la rampa, la posición inicial del cuerpo y la fuerza aplicada al mismo, pero debían aumentar el valor de la masa del cuerpo de 50Kg a 200Kg para luego en una cierta posición anular la fuerza aplicada e indicar el valor de la posición alcanzada por el objeto. En relación a esta situación un 89% de los estudiantes indicó que al aplicarle un mismo valor de fuerza a dos cuerpos que presentan distinta cantidad de materia, recorrería mayor distancia aquel que tuviera menor masa y viceversa. A partir de este análisis, la totalidad de los estudiantes logró advertir que si a un cuerpo de cierta masa se le aplica la misma fuerza que a uno de mayor masa, el primero va a adquirir una aceleración mayor que el segundo. Esto le permitió a un 89% de los estudiantes llegar a la conclusión de que existe una relación inversamente proporcional entre la masa de un cuerpo y la aceleración que éste adquiere por acción de una fuerza (Gráfico 23).

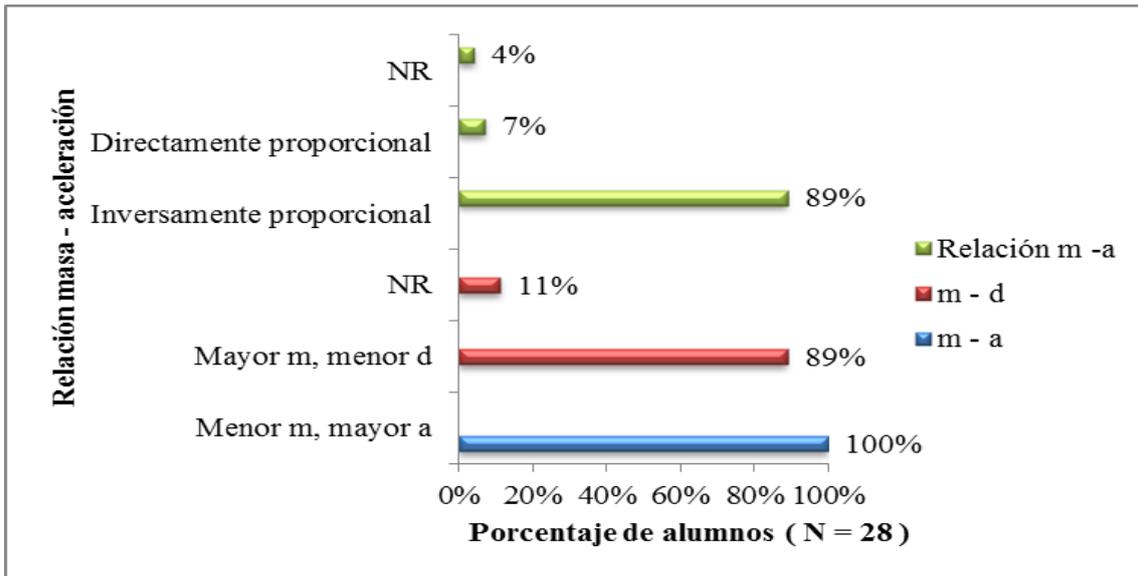


Gráfico 23: Relación entre la masa de un cuerpo y la aceleración realizada por los estudiantes a partir de la resolución del Problema 5 de la Actividad 2 (Anexo D).

Como resultado de la resolución de estas actividades un 64% de los estudiantes logró enunciar correctamente la segunda Ley de Newton, estableciendo que “Si a un cuerpo de cierta **masa** se le aplica una **fuerza** éste adquiere una **aceleración** que es **directamente proporcional** a la fuerza aplicada e **inversamente proporcional** a la masa del mismo”.

4.3.4 Aplicación de la Segunda Ley de Newton

A continuación, los estudiantes trabajaron en la resolución de ejercicios aplicando la segunda Ley de Newton. Para ello se elaboró junto con el docente el instrumento denominado **Actividad 3** (Anexo E). Este instrumento presentaba ejercicios que debían resolverse a partir de la simulación <http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-and-motion-basics> y la aplicación de la ecuación $a = F/m$ correspondiente a la segunda Ley de Newton.

Los estudiantes a través de la resolución de estos ejercicios pusieron en juego sus competencias a la hora de remplazar valores, realizar los despejes en las ecuaciones, manejar la calculadora y el uso del Sistema Internacional de unidades (S.I), entre otras.

A continuación analizaremos los resultados correspondientes a la resolución de los ejercicios de aplicación de la segunda Ley de Newton: Principio de masa.

Para comenzar a trabajar, los estudiantes armaron los mismos grupos que las clases anteriores, ingresaron a la carpeta “*Simulaciones Física de 5°*” que figuraba en el escritorio de cada una de las computadoras y eligieron <http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-and-motion-basics>. Al hacer clic en la solapa Movimiento, figuraba en pantalla (Imagen 8) la siguiente simulación:

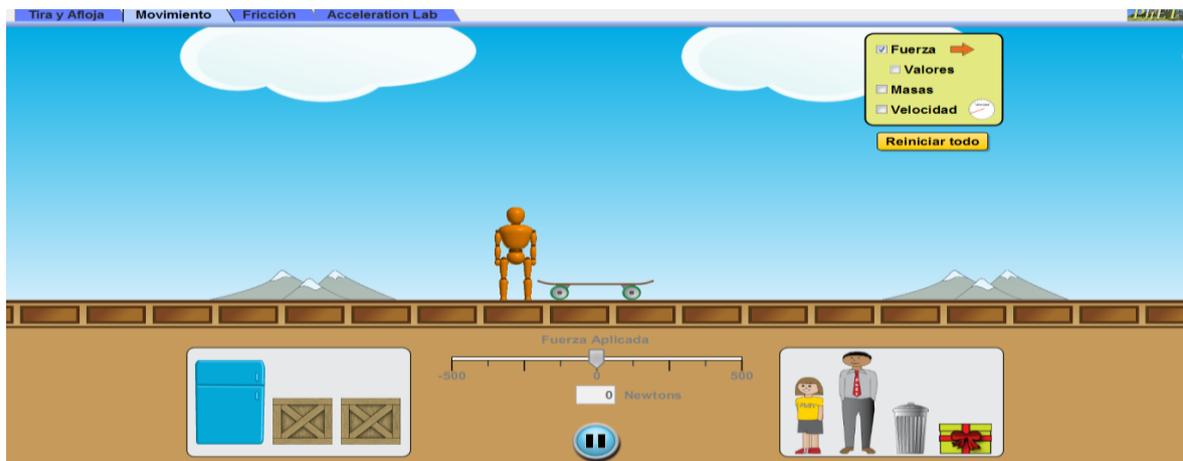


Imagen 8: Pantalla correspondiente a la simulación <http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-and-motion-basics> en Actividad 3 (Anexo E).

Luego, los estudiantes debían tildar las opciones de Fuerzas, valores y masa con el fin de poder visualizar en la pantalla a posteriori el módulo, dirección y sentido de las fuerzas aplicadas y la cantidad de materia que posee cada uno de los cuerpos. La simulación figuraba con la siguiente representación (Imagen 9):



Imagen 9: Pantalla correspondiente a la simulación <http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-and-motion-basics> en Actividad 3 (Anexo E).

Para la resolución de los primeros ejercicios los estudiantes debían calcular la aceleración que adquirirían los distintos cuerpos a partir de la aplicación de una fuerza constante igual a 250N. Luego, para la resolución de los ejercicios siguientes los estudiantes debían calcular el módulo de la fuerza aplicada a un cuerpo a partir del valor de su masa y su aceleración.

A partir del análisis de los resultados podemos concluir que para el cálculo de la aceleración un 72% de los estudiantes fue capaz de remplazar los valores correspondientes a la fuerza y a la masa, resolver correctamente las ecuaciones con un buen manejo de la calculadora. Sin embargo, un 14% presentaba errores en el manejo de unidades del Sistema Internacional (S.I.).

Con respecto al cálculo de la fuerza aplicada un 93% de los estudiantes fue capaz de remplazar los valores correspondientes a la masa y a la aceleración del cuerpo, despejar correctamente las ecuaciones y llegar al resultado correcto con un buen manejo de la calculadora y del sistema de unidades (Gráfico 24).

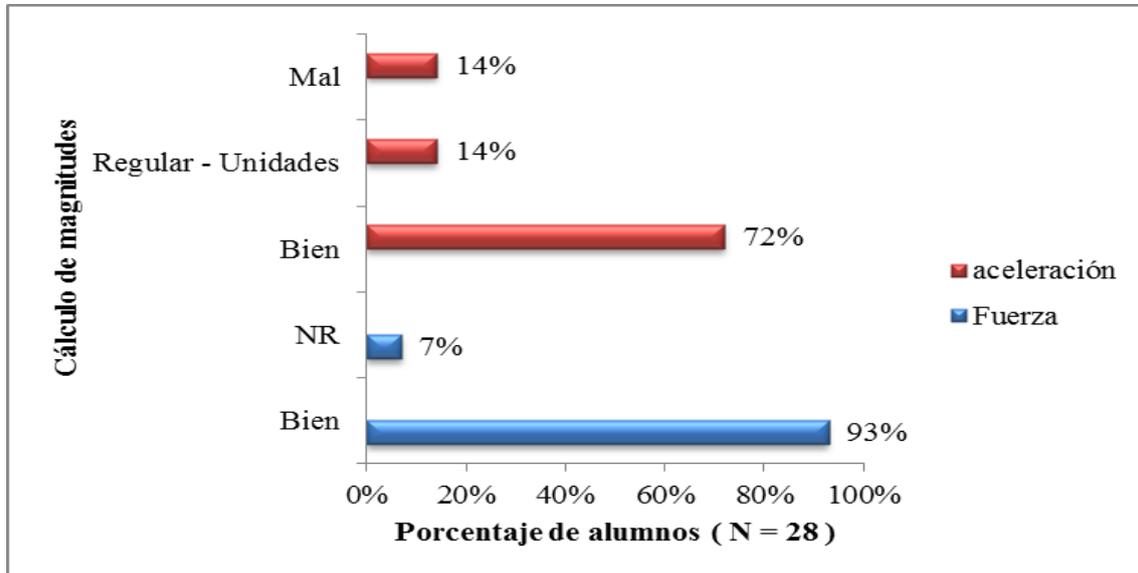


Gráfico 24: Cálculo de las magnitudes aceleración y fuerza realizada por los estudiantes a partir de la resolución de los Problema 1 y 2 de la Actividad 3 (Anexo E).

Terminada la Actividad 2, los estudiantes pasaron a resolver el Cuestionario 2 (Anexo G). El mismo presenta tres situaciones similares a las trabajadas en la simulación, con el objetivo de que realizaran la transferencia de los conceptos aprendidos y pudieran resolver actividades que relacionan fuerzas, masas y aceleración.

El análisis de los resultados nos indica que la totalidad de los estudiantes pudo establecer correctamente una relación directamente proporcional entre la fuerza aplicada a un cuerpo y la aceleración que adquiere. Como así también el 100% de los estudiantes logró establecer de forma correcta la relación inversamente proporcional que existe entre la masa de un cuerpo y la aceleración que adquiere por acción de una fuerza exterior.

Por último, al considerar la situación en la que un cuerpo es empujado hacia arriba por un plano inclinado, el 50% de los estudiantes indicó que sobre él actuaban la Fuerza Gravitatoria generada por la tierra, la Fuerza Normal generada por el plano y la Fuerza aplicada por el hombre. Además pudieron escribir la notación correspondiente a cada una de ellas (Gráfico 25).

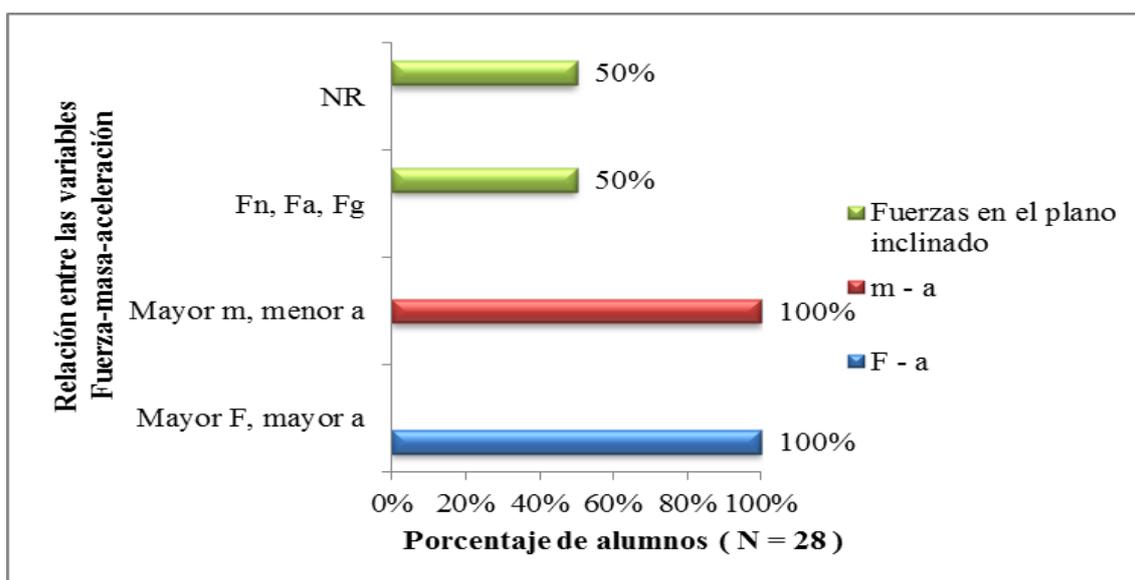


Gráfico 25: Resolución de situaciones referidas al Principio de masa, realizada por los estudiantes a partir del Cuestionario 2 (Anexo G).

En la clase siguiente, desarrollada una semana después, los estudiantes debieron resolver tres ejercicios del instrumento Cuestionario 3 (Anexo H) a partir de la aplicación de la segunda Ley de Newton.

En esta oportunidad se presentó una situación en la que se pretendía que los estudiantes analizaran la relación entre la masa de un cuerpo y la velocidad, con el objetivo de trabajar esta idea alternativa que permanece en los estudiantes (Mc Dermott,

1993 a, b) y establecieran nuevamente la relación entre la masa y la aceleración a partir de recordar el Principio de masa previamente trabajado.

Sin embargo, esto no ocurrió, ya que el 57% de los estudiantes afirmó que un cuerpo de cierta masa que se desplaza a una velocidad de 6m/s adquiere mayor fuerza, que otro de mayor masa que se desplaza a una velocidad menor. En relación a esta preconcepción el 68% de los estudiantes indicó que las fuerzas son la causa del movimiento de los cuerpos.

Solamente el 14% fue capaz de recuperar los conceptos desarrollados la clase anterior y afirmar que la relación correcta se establecía entre la masa de un cuerpo y la aceleración que éste adquiriría por acción de una fuerza externa. Además escribieron la ecuación $F = m \cdot a$ correspondiente a la segunda Ley de Newton. De acuerdo con estos conceptos, un 18% de los estudiantes indicó que las fuerzas son la causa de la aceleración de los cuerpos.

Ante una situación en la que se aplicaba una fuerza a dos bloques A y B contiguos, el 82% de los estudiantes indicó de manera correcta que la fuerza que actuaba sobre ambos cuerpos sería igual ya que *“al estar juntos, es como si fuera el mismo objeto”* (Luz). Mientras que un 18% indicó que la fuerza que actuó sobre el cuerpo B fue menor que la aplicada sobre A, ya que *“se aplicó más fuerza en el A”* (José).

La clase siguiente, luego de las correcciones realizadas por el docente sobre la Actividad 2 (Anexo D), los dos primeros ejercicios de la Actividad 3 (Anexo E), el Cuestionario 2 (Anexo G) y los tres primeros ejercicios del Cuestionario 3 (Anexo H), se decidió reforzar algunos de los contenidos trabajados correspondientes a la segunda Ley de Newton. Para ello, los estudiantes armaron los mismos grupos, ingresaron a la carpeta *“Simulaciones Física de 5°”* que figuraba en el escritorio de cada una de las computadoras y eligieron la simulación applet java <http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-and-motion-basics>., en la solapa *“Tira y afloja”*. Luego, tildaron las opciones suma de fuerzas y valores con el fin de poder visualizar los módulos, las direcciones, los sentidos y los puntos de aplicación de cada una de las fuerzas. En pantalla aparecía la siguiente simulación (Imagen 10):



Imagen 10: Pantalla correspondiente a la simulación <http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-and-motion-basics> en Actividad 3 (Anexo E).

En esta oportunidad los estudiantes resolvieron situaciones en las cuales tuvieron que identificar fuerzas, sistemas de fuerzas y calcular resultantes en la dirección horizontal y vertical. También tuvieron la posibilidad de modificar la fuerza aplicada a un cuerpo, con el fin de lograr un equilibrio estático. La resolución de estas actividades tenía por objetivo aclarar algunos conceptos, trabajados en las clases anteriores, en los cuales los estudiantes presentaban un cierto grado de confusión, como por ejemplo vectores, elementos de un vector, fuerza, resultante de un sistema de fuerzas, entre otros.

A continuación analizaremos los resultados correspondientes a la resolución de los ejercicios tres y cuatro de la Actividad 3 (Anexo E) a partir de las cuales se pretendía reforzar los conceptos trabajados sobre la segunda Ley de Newton en clases anteriores. A partir de la situación ejemplificada en la Pantalla 10, los estudiantes debían ubicar un solo hombrecito en una de las sogas y describir lo ocurrido. En este punto la totalidad de los estudiantes del curso manifestó que el cuerpo se desplaza, el 7% no lo asoció a ninguna causa, el 68% sostuvo que el movimiento se genera en el mismo sentido de la fuerza aplicada y un 21% en la dirección de la misma, mientras que el 4% restante presenta confusión entre la dirección y el sentido del movimiento.

A la hora de identificar las fuerzas presentes en la situación, el 82% de los estudiantes del curso fue capaz de identificar de manera correcta las tres fuerzas que actuaban sobre el carro la F_N , F_g y F_a a pesar de que las dos primeras no se visualizaban en la pantalla, mientras que un 10% solamente identificó a la F_N y la F_g y un 4% solo

pudo señalar la Fa visible en pantalla. Los resultados nos indican que a pesar de haber sido la tercera clase en la que se trabajó con simulaciones los estudiantes presentan confusión entre los conceptos de dirección y sentido de un vector. Lo cual se evidencia en el 68% de los estudiantes que no resolvió la actividad referida a dirección de las fuerzas y el 25% que la resolvió lo hizo de manera incorrecta. Con respecto al sentido de las fuerzas actuantes la mitad de los estudiantes del curso estableció que a la fuerza normal le corresponde sentido norte, a la gravitatoria sur y a la fuerza aplicada por el hombre sentido este.

Por último, los resultados nos indican que los estudiantes pudieron identificar la resultante del sistema de fuerzas en ambas direcciones. Estableciendo un 86% que para la coordenada vertical el cuerpo se encontraba en condición de equilibrio estático, mientras que un 79% estableció que para la coordenada horizontal la fuerza resultante era igual a la fuerza aplicada por el hombre (Gráfico 26).

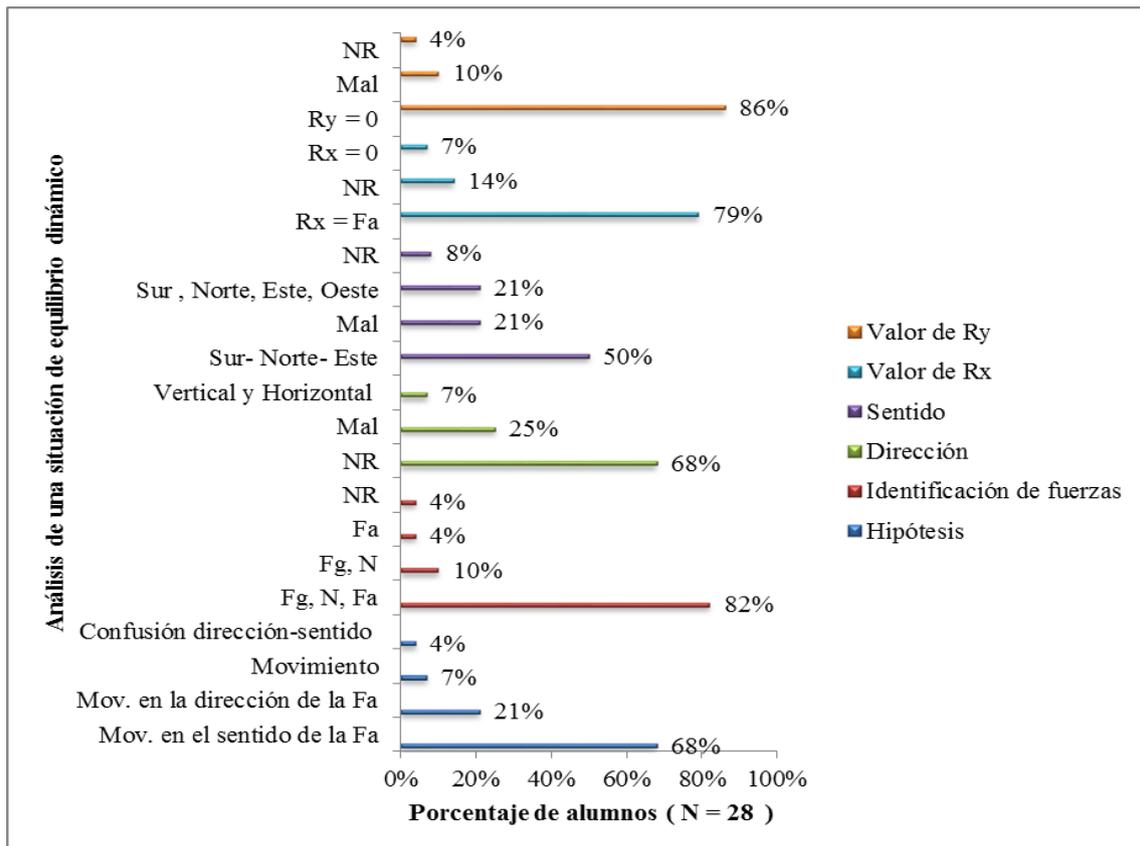


Gráfico 26: Análisis del equilibrio dinámico, realizado por los estudiantes a partir del Problema 3 en Actividad 3 (Anexo E).

Luego, se les planteó a los estudiantes una situación en la cual debían lograr un equilibrio estático. En este caso el 92% de los estudiantes estableció que un cuerpo

se encuentra en equilibrio estático cuando cumple con la condición de que la sumatoria de fuerzas actuante sobre el cuerpo es igual a cero. Para que esto ocurra, propusieron diversas hipótesis por ejemplo “Poner la misma cantidad de hombrecitos de los mismos tamaños de los dos lados” (Morena), “Poner diferentes hombrecitos pero que sumen las mismas fuerzas” (Lucas), “Poner el mismo valor de fuerza que generan de un lado y del otro” (Francisco), “Aplicando la misma fuerza de ambos lados” (Mario), entre otras. En la verificación de dichas hipótesis el 71% de los estudiantes advirtió que sobre el cuerpo actuaban cuatro fuerzas, la fuerza normal, la gravitatoria y cada una de las fuerzas aplicadas por las distintas personas ubicadas a ambos lados del cuerpo. Al igual que en la situación anterior, los estudiantes no lograron establecer de manera correcta la dirección de las fuerzas. Sin embargo, el 68% pudo identificar correctamente los sentidos de cada una de ellas.

Con respecto al cálculo de la resultante, al tratarse de una situación de equilibrio estático, la mayoría de los estudiantes determinó que la resultante en la dirección horizontal (93%) y en la dirección vertical (82%) era cero (Gráfico 27).

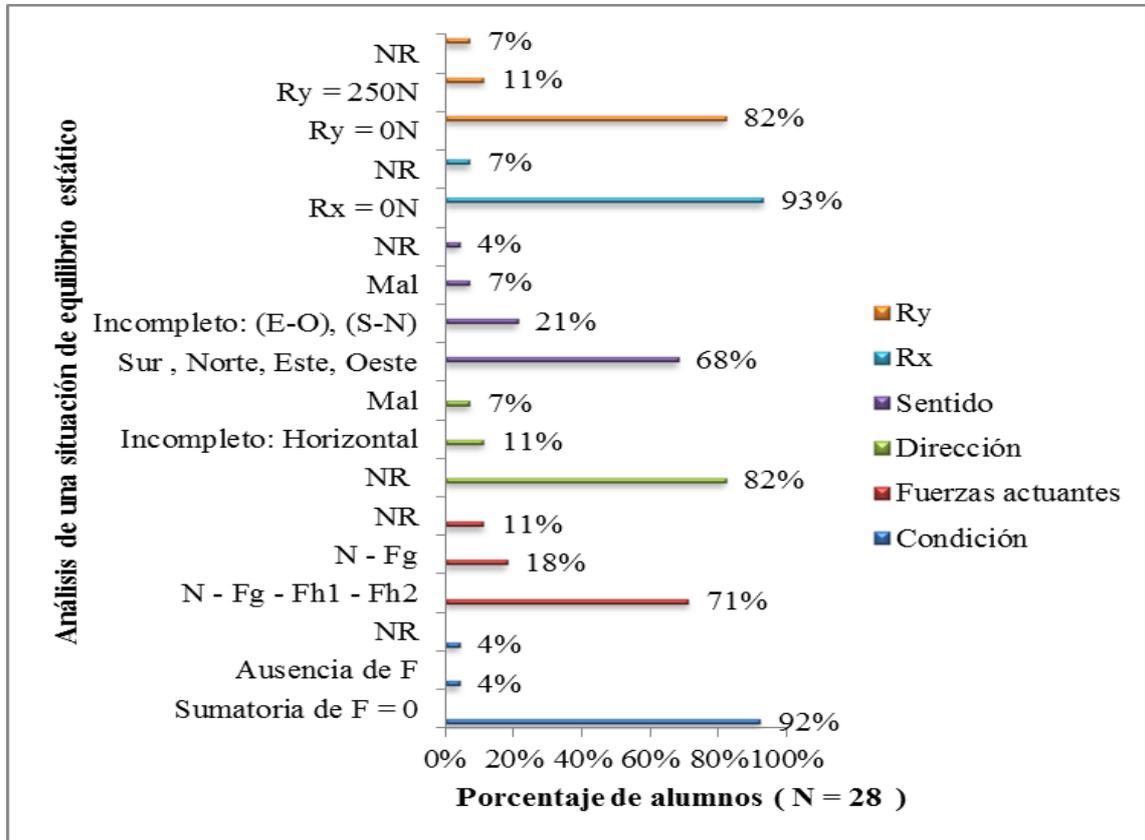


Gráfico 27: Análisis del equilibrio estático, realizado por los estudiantes a partir del Problema 4 en Actividad 3 (Anexo E).

4.3.5 Síntesis del desarrollo de la Segunda Ley de Newton.

En síntesis para el desarrollo del Principio de masa, se propuso a los estudiantes actividades que referían a modificación de variables, formulación de hipótesis, relaciones entre magnitudes y resolución de ejercicios en los cuales se ponían en juego el remplazo de valores, despeje de ecuaciones, manejo de calculadora y de sistemas de unidades.

Durante el desarrollo de las actividades los estudiantes resolvieron situaciones en las cuales pudieron modificar el coeficiente de fricción, la fuerza aplicada, la masa del cuerpo, la posición inicial y el ángulo de plano. Como así también identificar variables como la fuerza normal, gravitatoria y la aplicada a un cuerpo de cierta masa, la aceleración que este adquiriría y la posición final a la cual llegaba. Sin embargo, un alto porcentaje de estudiantes mantiene la idea alternativa en la que relacionan la fuerza aplicada a un cuerpo con la velocidad que éste adquiere, coincidiendo con los estudios realizados por Carrascosa (1985), Carrascosa y Gil (1992) y Mc Dermott (1993 a, b). También pudieron describir situaciones de movimiento ascendente y descendente, en las cuales formularon hipótesis referidas a la fuerza aplicada para el caso en el que el cuerpo asciende y relacionadas por un lado a la disminución de la velocidad por acción de la gravedad y por otro a la ausencia de fricción para el descenso del cuerpo.

Coincidiendo con los resultados encontrados por Gil Pérez y Valdés (1996), los estudiantes fundamentan la primera hipótesis expresando que los cuerpos que poseen mayor masa caen con más velocidad, en un tiempo menor y viceversa. Lo cual ocurre ya que los cuerpos más pesados son atraídos con mayor fuerza y los más ligeros caen lentamente. Este modo de pensamiento refiere que los estudiantes tienen internalizado el “modelo aristotélico” en el cual el movimiento horizontal desaparece al iniciarse el descenso del cuerpo o bien al modelo del ímpetu en el cual la velocidad en la coordenada horizontal va disminuyendo hasta desaparecer, lo cual concuerda con los estudios realizados por Sánchez Velázquez et al. (1993).

Con respecto a la segunda hipótesis, Driver (1986) nos dice que los estudiantes presentan gran resistencia a pensar una mecánica donde no actúe el

rozamiento. Lo cual puede atribuirse entre otras cosas al contexto en el que se desarrolla el fenómeno o bien a que el contexto fenomenológico es muy familiar (Sánchez Velázquez et al., 1993), lo que hace que las preconcepciones se arraiguen y se hagan muy difíciles de modificar.

En situaciones sobre un plano horizontal, los estudiantes fueron capaces de identificar en la coordenada vertical el sistema de fuerzas colineal y concurrente conformado por las fuerzas normal y gravitatoria, estableciendo correctamente sus sentidos y el valor de la resultante en eje “y”. En tanto que sobre la coordenada horizontal identificaron como resultante del sistema a la fuerza aplicada, estableciendo correctamente su dirección y sentido.

Por otra parte, para lograr una situación de equilibrio estático sobre un plano horizontal los estudiantes fueron capaces de modificar las fuerzas aplicadas y establecer que en ambas direcciones la resultante debía ser nula. Resultado que coincide con los estudios de Sebastiá (1984), los cuales establecen que desde la perspectiva de los estudiantes un cuerpo no cambia de posición al pasar el tiempo, por que las fuerzas que actúan sobre el cuerpo están equilibradas.

En situaciones sobre un plano inclinado, los estudiantes identificaron correctamente el sistema de fuerzas concurrentes, sin embargo luego de varias clases algunos estudiantes del curso no logran identificar correctamente los sentidos correspondientes a los vectores F_N , F_g y F_a . Estos resultados coinciden con los encontrados por Ferraris (2006), quien atribuye la confusión entre dirección y sentido a la no internalización por parte de los estudiantes del concepto de vector y sus elementos (módulo, dirección, sentido y punto de aplicación).

También fueron capaces de modificar variables como la fuerza aplicada, la masa del cuerpo, la posición final, el coeficiente de rozamiento y el ángulo del plano. Mientras que a la hora de describir el movimiento, plantearon hipótesis referidas a la fuerza aplicada a un cuerpo y a la inercia. Ya que los estudiantes consideran, según los estudios realizados por Sebastiá (1984), que si un cuerpo está en movimiento existe una fuerza en la dirección del movimiento. Sin embargo, algunos estudiantes sostienen que

un cuerpo comienza a frenarse por “*perder su velocidad*” (Lucas), por “*ausencia de fuerza aplicada*” (Martín), por “*quedarse sin fuerzas*” (Milena).

En lo que respecta a la resolución de ejercicios en los cuales se relacionaban las magnitudes de masa, fuerza y aceleración, los estudiantes pudieron establecer correctamente la relación directamente proporcional existente entre la aceleración de un cuerpo y la fuerza aplicada. Como así también la relación inversamente proporcional que existe entre la masa del cuerpo y la aceleración.

A la hora de resolver problemas en los cuales los estudiantes debían aplicar la ecuación correspondiente a la segunda Ley de Newton, fueron capaces de remplazar valores, despejar correctamente la ecuación, hacer un buen uso de la calculadora, lo que les permitió llegar a los resultados correctos con sus correspondientes unidades.

Por su parte en la resolución del Cuestionario 2 (Anexo G), nuevamente pudieron establecer la relación directamente proporcional existente entre la fuerza y la aceleración y la relación inversamente proporcional existente entre la masa del cuerpo y su aceleración. Mientras que en una situación de plano inclinado identificaron de manera correcta las fuerzas F_g , F_N , y F_a actuantes sobre el cuerpo.

Sin embargo, a la hora de resolver ejercicios del Cuestionario 3 (Anexo H), una semana después, un alto porcentaje de los estudiantes mantenía la idea alternativa en la cual relacionaban la fuerza con la velocidad que adquiría el cuerpo, estableciendo las fuerzas como causa del movimiento. De hecho, solamente algunos estudiantes pudieron volver a reafirmar la relación que se establece en el Principio de masa. Esto sucede en parte según Sebastía (1984) por que los estudiantes poseen estructuras cognoscitivas similares, de interpretaciones generales, intuitivas y compartidas. Son estructuras de pensamiento de tipo causal, es por ello que las fuerzas explican “las causas” del movimiento. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Gunstone y Watts (1999), quienes sostienen que las interpretaciones que realizan los estudiantes sobre el mundo no concuerdan con las leyes de la mecánica clásica ya que ellos se basan en reglas intuitivas, siendo una de ellas la que establece la perspectiva de movimiento a través de la presencia de al menos una fuerza. Además, el hecho de que inicialmente los estudiantes hayan resuelto de manera correcta los ejercicios propuestos, aplicando la

segunda Ley de Newton y una semana después manifestaran nuevamente su idea alternativa que relaciona la fuerza con la velocidad, nos muestra que los estudiantes aprenden la perspectiva de la física y la aplican correctamente a “ejercicios de Física”, sin embargo siguen interpretando el mundo real de otra manera (Gunstone y Watts, 1999).

4.4 Análisis de las competencias científico-tecnológicas y las dificultades en la resolución de problemas luego de la intervención didáctica

Con el propósito de cumplir con el Objetivo 5: “*Evaluar la interacción entre el desarrollo de las competencias científico-tecnológicas y la secuencia didáctica que incorpora simulaciones applet java para las Leyes de Newton*”, finalizada la intervención, cada uno de los estudiantes resolvió el Cuestionario Final (Anexo I) y respondieron por grupos de trabajo a las Entrevistas Focales (Anexo J). A continuación se presenta el análisis de los instrumentos mencionados, como así también el análisis de la información obtenida a través de la Entrevista Final (Anexo K) realizada al docente.

4.4.1 Percepción de los estudiantes en relación a la propuesta didáctica

A partir del análisis de dichos instrumentos podemos concluir que antes de la intervención, si bien un 36% de los estudiantes tenían una idea de las Leyes de Newton, un 43% no las entendía. Luego de la intervención, el 79% de los estudiantes consideró que entendió Leyes de Newton, y un 17% que tenía una idea sobre las mismas (Gráfico 29).

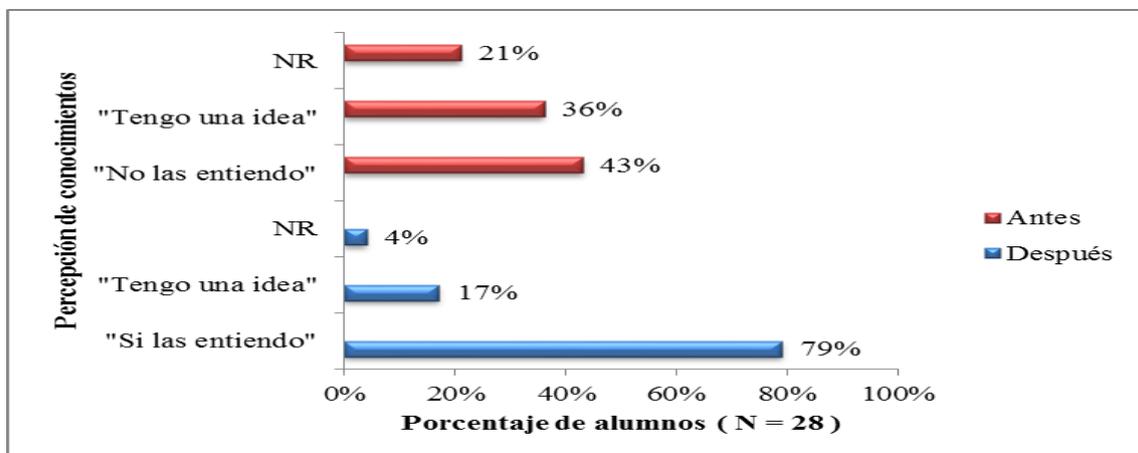


Gráfico 29: Percepción de conocimientos sobre las Leyes de Newton antes y después de participar de la experiencia, Cuestionario Final (Anexo I).

Según los estudiantes, este entendimiento se produjo a partir de la resolución de los ejercicios (21%), las actividades propuestas (25%) y en base a las distintas simulaciones (54%). Los estudiantes indicaron que este aprendizaje se vio potenciado por la representación gráfica y dinámica (21%) que ofrecen las simulaciones y por el hecho de haber trabajado en grupo (58%), lo que favoreció las discusiones entre pares y también con el docente. Además el 21% de los estudiantes, indicó que el trabajo con simulaciones les ayudó a reforzar otros contenidos desarrollados antes de la intervención, como por ejemplo el concepto de fuerza, sistemas de fuerzas e interacción entre las fuerzas, entre otros (Gráfico 30).

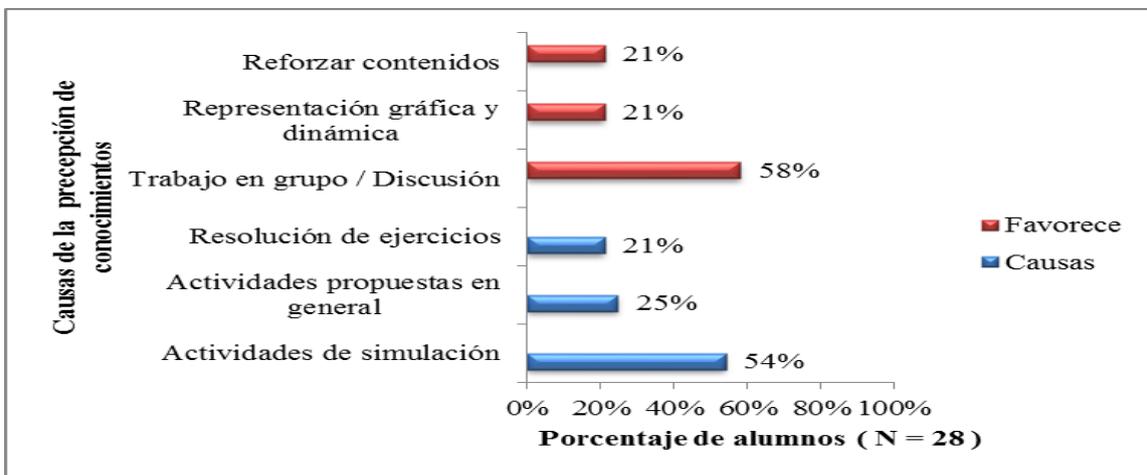


Gráfico 30: Causas de la percepción de conocimientos sobre las Leyes de Newton antes y después de participar de la experiencia, Cuestionario Final (Anexo I).

En lo que respecta a las *competencias científicas*, los estudiantes expresaron que a través de las actividades propuestas mediadas por el uso de las simulaciones pudieron desarrollar las competencias referidas a la explicación (36%), la reflexión (21%), el planteo de hipótesis (18%), la argumentación (14%) y en menor medida (7%) la formulación de preguntas, el desarrollo de un pensamiento crítico y el diseño de experiencias (Gráfico 31).

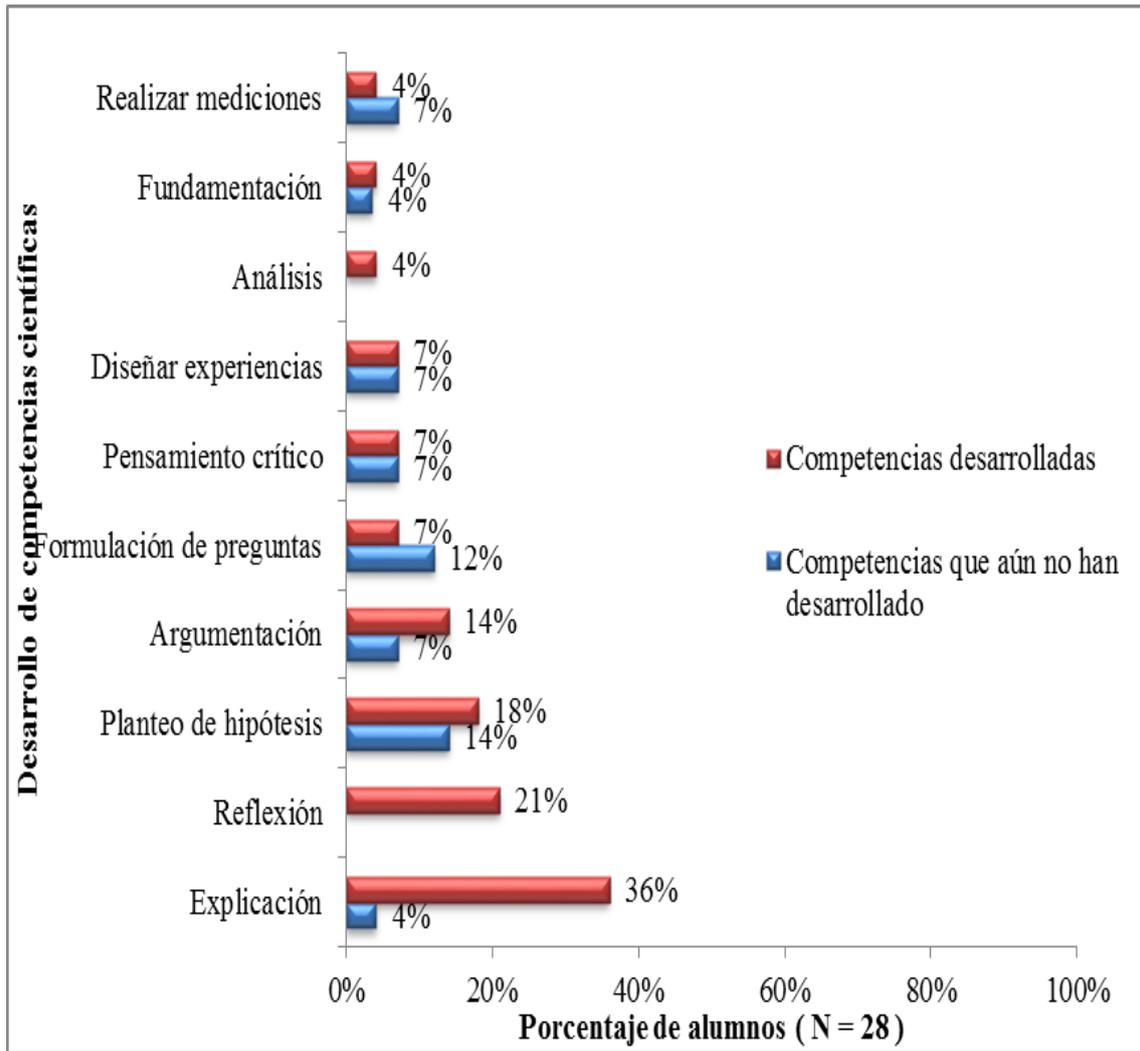


Gráfico 31: Percepción de los estudiantes acerca de las competencias científicas desarrolladas a partir de la propuesta, expresadas por los alumnos en las Entrevistas Focales (Anexo J).

Con respecto a las *competencias tecnológicas*, los estudiantes expresaron que a través de las actividades propuestas pudieron desarrollar las competencias referidas al uso de software de simulación (50%), a la lectura, interpretación y elaboración de tablas y gráficos (43%), como también el uso de pantallas interactivas (36%) y el manejo de sistemas de información (54%). Luego, cuando los estudiantes presentaron sus producciones correspondientes a la resolución de las actividades al docente, un 68% trabajó distintos formatos de edición y presentación, por ejemplo: Word, Excel, Power Point y Prezi (Gráfico 32).

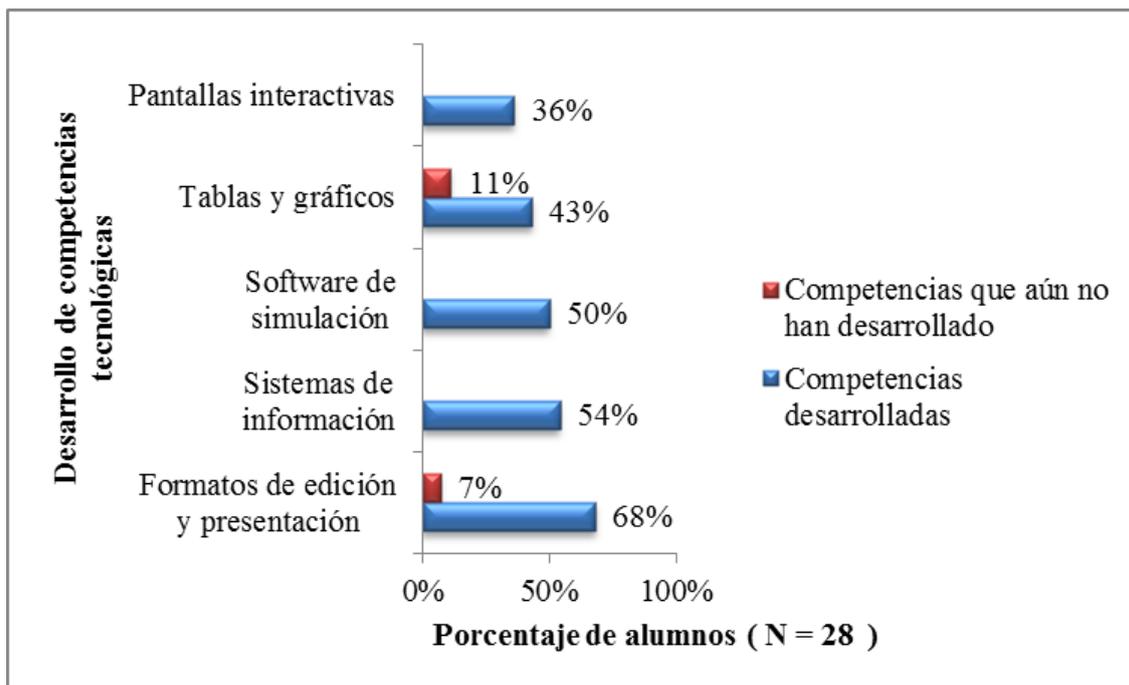


Gráfico 32: Percepción de los estudiantes acerca de las competencias tecnológicas desarrolladas a partir de la propuesta, expresadas por los alumnos en las Entrevistas Focales (Anexo J).

Por último, en lo que respecta a las *dificultades* que se les presentan a los estudiantes a la hora de *resolver problemas* de forma tradicional, ellos hacen referencia por un lado a la falta de estudio y/ o práctica (25%) y por otro al componente matemático que está presente. En particular, se les dificulta el tener que recordar y emplear las fórmulas (29%), se complica el cálculo si deben utilizar números fraccionarios (4%) y les resulta difícil manejar los distintos sistemas de unidades (21%). Además algunos estudiantes hacen referencia a la complejidad de las consignas (11%), en particular por el lenguaje técnico específico que utiliza la asignatura (11%). Sin embargo, a la hora de resolver problemas basados en las Leyes de Newton utilizando las simulaciones, estas dificultades se reducen notablemente siendo solo un 4% de los estudiantes los que continúan teniendo dificultades para trabajar con las fórmulas y poder despejar correctamente las ecuaciones. Solamente un grupo tuvo dificultades para resolver los cálculos mentalmente (7%), ya que no advirtieron el uso de la calculadora desde la computadora (Gráfico 33).

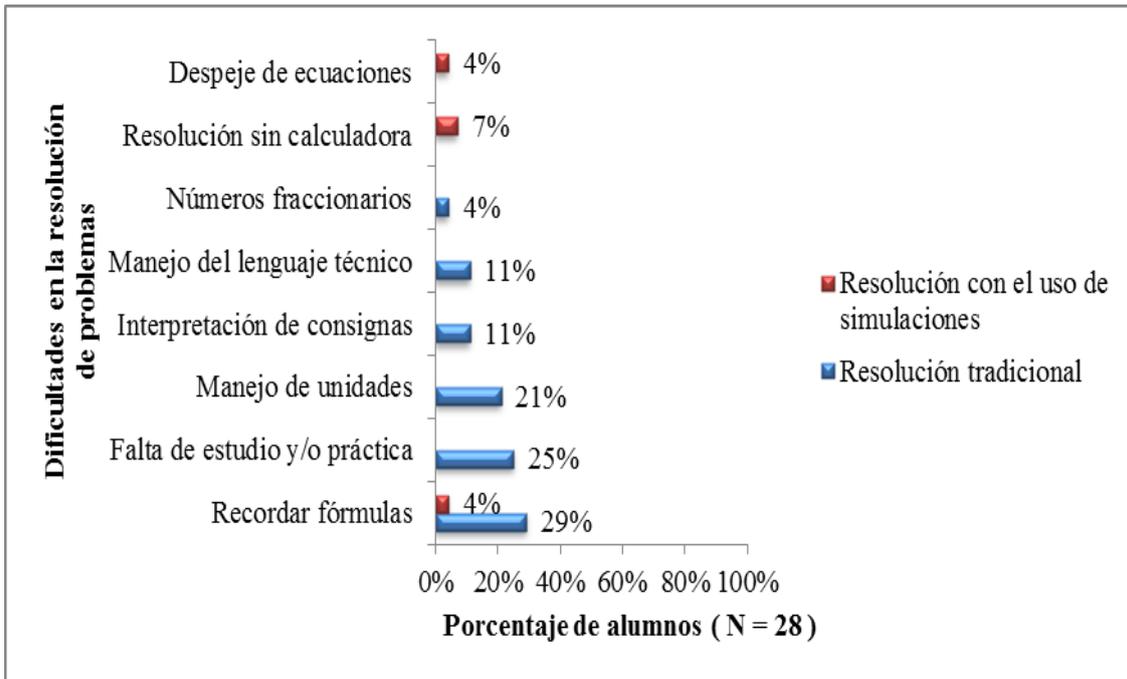


Gráfico 33: Dificultades en la resolución de problemas, expresadas por los alumnos a partir de las respuestas a las Entrevistas Focales (Anexo J).

Los estudiantes indican que con el uso de las simulaciones las dificultades a la hora de resolver problemas se reducen debido a la presentación gráfica y dinámica de las situaciones (53%), lo que las hace prácticas y divertidas (7%) y el hecho de trabajar en grupo (14%) lo cual favorece el diálogo, la discusión y el intercambio de ideas (Gráfico 34).

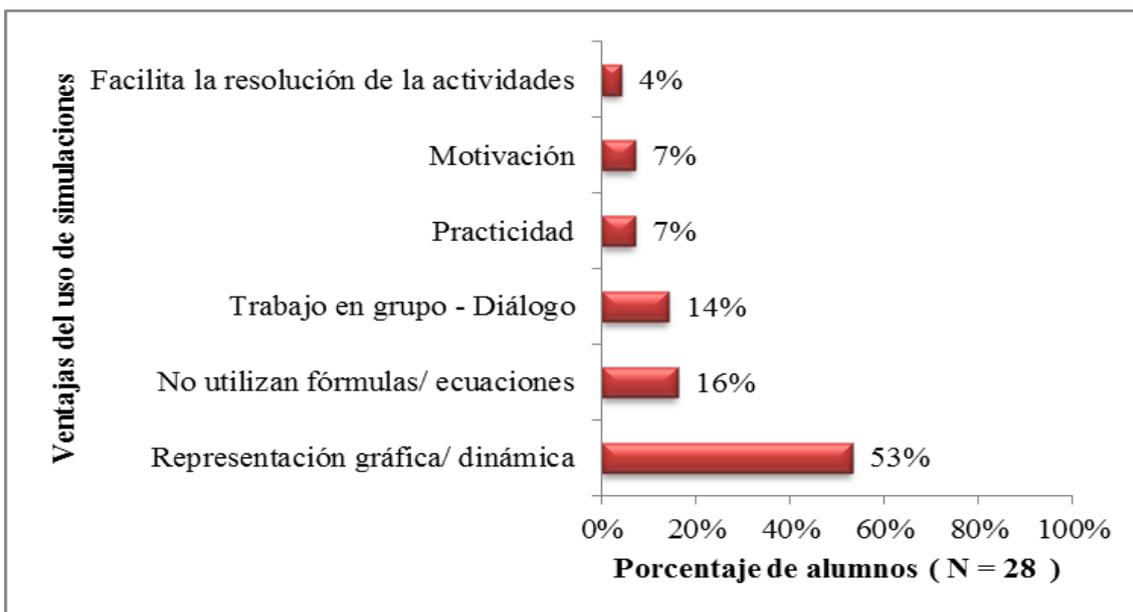


Gráfico 34: Ventajas del uso de simulaciones, expresadas por los alumnos a partir de las respuestas a las Entrevistas Focales (Anexo J).

4.4.2 Percepción del docente en relación a la propuesta didáctica

Para evaluar esta propuesta se tuvieron en cuenta tres aspectos: la fortaleza de haber trabajado con simulaciones; las ventajas y desventajas que se presentaron en la resolución de problemas y ejercicios relacionados con la Dinámica Newtoniana y el cumplimiento de los distintos objetivos.

En lo que respecta a las fortalezas de haber trabajado con simulaciones, el docente señala en la Entrevista Final (Anexo K) que *“es interesante la implementación de las simulaciones en la enseñanza de las ciencias naturales, sobre todo por que tenemos el fenómeno ahí, no tenemos que estar corriendo la caja, sino que los alumnos pueden ver cómo se aplica una fuerza y cómo se va desplazando la caja. Otro punto a favor es que se puede repetir varias veces el fenómeno, y el tiempo más corto en el que esto ocurre”*. Añade el hecho de que a lo mejor se invierte *“tiempo en que los chicos aprendan el uso de la simulación, pero una vez que ya está instituido en cada uno, sale mucho más rápido”*. Por último señala que el trabajar con simulaciones, *“le da carácter dinámico a los fenómenos, cuando uno explica algo, por lo general hace un dibujo en la pizarra, pero el dibujo es estático. Entonces cuando vos le presentas la simulación el alumno ve cómo realmente el cuerpo está rotando, se está desplazando o cambia su forma.”*

En cuanto a las ventajas y dificultades que se presentaron en la resolución de problemas y ejercicios relacionados con la Dinámica Newtoniana, el docente indica como ventaja *“el poder aplicar la fuerza y el poder ver que el cuerpo se sigue desplazando, poder cambiar la fuerza de roce entre las superficies actuantes, no tener que traer hielo y desplazar la caja sobre el hielo, lo tengo ahí en la simulación...que nos muestra ese fenómeno”*.

Como dificultades señala que en la resolución de ejercicios *“cuesta que los alumnos tengan una caja de herramientas matemáticas útiles, (...) que apliquen la matemática para poder modelizar los fenómenos”*. En este sentido, *“se dificulta despejar alguna variable, trabajar con ecuaciones matemáticas, poder jugar con las variables y que ellos lo puedan hacer de manera fluida”*. Otro aspecto a tener en cuenta

es el “*manejo del sistema de unidades*” y el “*proceso de abstracción*” necesario para abordar la Dinámica Newtoniana.

Por último, luego de haber implementado en su totalidad la secuencia didáctica, se evaluó cuáles de los objetivos didácticos propuestos se cumplieron y en qué medida. En relación a este punto, el docente indica que se cumplieron en un 80% y ejemplificó algunos como “*la familiarización con la simulación, la identificación de las fuerza actuantes, el análisis de los fenómenos, el planteo de hipótesis, la identificación de fuerzas y la interpretación de gráficas, serían alguno de los objetivos alcanzados*”.

Habiendo realizado el correspondiente análisis de los resultados, en el siguiente capítulo se presentan las conclusiones que derivaron de este trabajo de tesis.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Capítulo 5. CONCLUSIONES

En esta tesis se realizó un estudio con el fin de “caracterizar el desarrollo de las competencias científico-tecnológicas a partir del uso de simulaciones de Física en la escuela secundaria para el contenido Leyes de Newton”. Si bien la investigación se realizó en un contexto particular, ya que se trató de un estudio de caso, consideramos que la información resultante aporta conocimiento al campo de la enseñanza de las ciencias.

A continuación expondremos las conclusiones de esta tesis en función de los interrogantes que le dieron lugar y de los resultados obtenidos. También se expresan posibles líneas de investigación e innovación que se derivan de estos resultados.

Para el primer interrogante planteado: “*¿Cuáles son las competencias científico-tecnológicas y las dificultades que presentan los estudiantes al resolver problemas aplicando las Leyes de Newton?*” se analizaron en primera instancia las competencias referidas a la Mecánica y luego a la resolución de problemas.

Con respecto a las competencias científico-tecnológicas hicimos foco específicamente en las capacidades de: formular preguntas, plantear hipótesis, identificar variables, elegir y justificar entre ciertos enunciados, todas ellas a partir de la presentación de distintas situaciones.

Ante situaciones problemáticas referidas a la Dinámica Newtoniana, se esperaba que los estudiantes pudieran formular preguntas referidas a la inercia de los cuerpos, a la relación entre una fuerza aplicada a un cuerpo y la aceleración que este adquiere o bien a la idea de pares de fuerzas acción y reacción. Sin embargo, a partir de los resultados obtenidos se observa que los alumnos formulan preguntas referidas en su mayoría al concepto de velocidad, de tiempo, de distancia y del tipo de movimiento, conceptos que se relacionan más con la Cinemática que con la Dinámica. Lo que sitúa a los estudiantes en un nivel básico de competencias, las cuales comprenden las capacidades de intuición y generalización.

En lo que respecta a los conceptos involucrados en las Leyes de Newton, los estudiantes expresan el concepto de inercia y de fuerza pero no son capaces de formular preguntas referidas a la relación entre la fuerza aplicada a un cuerpo con cierta masa y la aceleración que éste adquiere.

Con respecto al planteo de hipótesis, las mismas se relacionan con las preguntas formuladas por los estudiantes. Aparecen entre ellas en su mayoría los conceptos de velocidad, tipo de movimiento y tiempo. Los estudiantes refieren también en sus hipótesis, a los conceptos de fuerza e inercia y en menor medida a los conceptos de peso, masa y aceleración. Sin embargo, ante situaciones de Dinámica, algunos estudiantes formulan hipótesis utilizando el concepto de energía.

A partir de las situaciones presentadas, la mayoría de los estudiantes identifican variables como la velocidad y la posición asociadas ambas a la Cinemática. También logran establecer como variables la masa, el peso y la aceleración presente en cada uno de los cuerpos. Sin embargo, lo hacen presentando cierto grado de confusión entre los conceptos de cantidad de materia y peso de un cuerpo, como así también entre la fuerza peso y la gravedad. En menor medida identifican la fuerza de fricción, la cantidad de movimiento, la fuerza tensión y la fuerza normal como variables de las situaciones. Sin embargo, es para destacar el hecho de que algunos estudiantes establecen una relación entre la fuerza, la energía cinética y la cantidad de movimiento.

Para realizar la elección y justificación de enunciados, los estudiantes ponen en juego sus competencias científicas específicas para la física, reflexionando y fundamentando. En relación a este aspecto, podemos afirmar que algunos estudiantes sostienen erróneamente que existe una relación directamente proporcional entre la fuerza aplicada a un cuerpo y la velocidad que éste adquiere. De la misma manera, establecen una relación directamente proporcional entre la masa del cuerpo y la aceleración, como así también, afirman que el sentido de la fuerza de fricción que actúa entre un cuerpo y una superficie coincide con el sentido del movimiento.

Asimismo, los estudiantes relacionan la situación de velocidad cero de un cuerpo con la ausencia de fuerzas aplicadas, de la misma manera que relacionan la resultante de un sistema de fuerzas igual a cero con el estado de reposo del cuerpo. Así,

interpretan que si existe movimiento, éste se da siempre en la dirección y sentido de la fuerza aplicada.

En cuanto a los enunciados elegidos de manera correcta, la mayoría de los estudiantes encuentran una relación directamente proporcional entre la fuerza aplicada a un cuerpo y la aceleración que éste adquiere y la relación inversamente proporcional que existe entre la masa de un cuerpo y su aceleración, establecidas ambas a partir de la segunda Ley de Newton. En menor medida, los estudiantes justifican haciendo uso del concepto de inercia. Por último, podemos inferir que ante una situación de equilibrio estático sólo algunos estudiantes reconocen la fuerza peso.

Con respecto a la identificación de las dificultades que presentaban los estudiantes al resolver problemas sencillos aplicando las Leyes de Newton antes de la intervención didáctica, se aprecia que en cada una de las situaciones planteadas es muy alto el porcentaje de estudiantes que directamente no resuelven los problemas.

En síntesis como respuesta a nuestro primer interrogante: “*¿Cuáles son las competencias científico-tecnológicas y las dificultades que presentan los estudiantes al resolver problemas aplicando las Leyes de Newton?*” podemos afirmar que los estudiantes antes de la intervención didáctica fueron capaces de demostrar un cierto dominio de las competencias científico-tecnológicas, en lo que refiere a formulación de preguntas, planteo de hipótesis, identificación de variables, elección y justificación de enunciados.

Con respecto a las dificultades encontradas, podríamos resumir a todas ellas en la relación que los estudiantes realizan entre el concepto de fuerza y el de velocidad, lo cual concuerda con varios de los antecedentes citados en el cuerpo de esta tesis.

Con respecto a la necesidad de “*Generar una propuesta didáctica que incluya una simulación applet java para el contenido Leyes de Newton*” se elaboró junto con el docente del curso una propuesta que contempla los fundamentos, las negociaciones y decisiones tomadas, las actividades que los alumnos resolvieron a partir de la manipulación de distintas simulaciones y la evaluación.

Los fundamentos expuestos son del orden epistemológico, psicológico, metodológico y didáctico desde la didáctica de las ciencias en general y desde la física en particular. En tanto que las negociaciones y decisiones, se abordaron teniendo en cuenta una entrevista realizada al docente (en donde expone las competencias y dificultades que a su criterio poseen los estudiantes), el marco teórico y las prescripciones curriculares.

En base a ello, se negociaron y se seleccionaron las estrategias metodológicas en las cuales se incluyen actividades que haciendo uso del recurso de las simulaciones, desarrollan las Leyes de Newton.

Por último, en la evaluación de la propuesta el docente consideró los criterios de evaluación propios de la asignatura.

El análisis de los resultados permite asegurar que tanto el marco teórico como el desarrollo de la propuesta didáctica, permitieron alcanzar los objetivos propuestos para esta investigación. Situación que se pone de manifiesto, al concluir que las actividades realizadas por los alumnos les permitió mejorar su entendimiento sobre las Leyes de Newton a partir de la construcción de aprendizajes colaborativos y desarrollar competencias científico-tecnológicas.

En resumen, la organización y la estructura de la metodología de la propuesta didáctica no sólo les permitió a los estudiantes comprender las Leyes de Newton sino que además fueron capaces de desarrollar o potenciar un conjunto de habilidades, entre las cuales podemos mencionar: la formulación de preguntas, el planteo de hipótesis, la modificación de variables, la realización de medidas y el análisis de resultados a través del uso de la simulación.

Con respecto al segundo y tercer interrogante: “*¿Cuáles son las dificultades tanto conceptuales como tecnológicas que se les plantean a los estudiantes durante el uso de una simulación?*” y, “*¿Cómo desarrollan los estudiantes habilidades para formular preguntas, plantear hipótesis, modificar variables, realizar medidas y analizar resultados a través del uso de la simulación?*” se analizaron las producciones escritas de los estudiantes a partir de la resolución de las actividades propuestas y de los

correspondientes cuestionarios que se aplicaron al finalizar cada clase. Como así también, se analizaron las transcripciones de los audios, para luego realizar la triangulación de la información obtenida con el fin de identificar las dificultades conceptuales y tecnológicas que se les plantean a los estudiantes durante el uso de una simulación y poder caracterizar el desarrollo de las competencias científico-tecnológicas por parte de los estudiantes al trabajar con simulaciones.

Durante el desarrollo de las actividades de simulación, correspondiente a la Primera Ley de Newton: Principio de inercia, los estudiantes modifican en situaciones de equilibrio estático en un plano horizontal, el coeficiente de rozamiento, la fuerza aplicada, la masa del cuerpo y la posición inicial del mismo. Como así también, identifican variables como el peso de un cuerpo, la fuerza normal y aprenden sus notaciones. También logran establecer que dichas fuerzas comparten el módulo y la dirección, pero tienen sentidos opuestos y representan un sistema de fuerzas colineal y concurrente.

En situaciones de equilibrio dinámico, los estudiantes modifican variables como la fuerza aplicada a un cuerpo y la posición inicial. Como así también, formulan hipótesis y realizan descripciones correspondientes al desplazamiento del cuerpo. En ellas la mayoría de los estudiantes hace referencia a la relación entre la fuerza aplicada a un cuerpo y la velocidad que éste adquiere, y en menor medida a la relación entre la fuerza y la aceleración, utilizando el concepto de inercia. Sin embargo, logran identificar correctamente la fuerza de rozamiento como una fuerza que actúa en sentido contrario al movimiento.

En lo que respecta a la interpretación de gráficas, los estudiantes establecen que al aplicar sobre un cuerpo una fuerza constante, éste adquiere una aceleración constante, lo cual produce un aumento en la velocidad y un cambio en su posición.

Por lo tanto, los resultados sugieren que la implementación de actividades que incluyen simulaciones applet java para el aprendizaje de las Leyes de Newton es pertinente para propiciar un aprendizaje colaborativo, potenciando el desarrollo de competencias científico-tecnológicas. De la misma manera, que favorece en los

estudiantes la apropiación de visiones actualizadas en relación con la ciencia y el proceso de modelación científica.

Durante el desarrollo de las actividades de simulación, correspondiente a la segunda Ley de Newton: Principio de masa, los estudiantes resuelven situaciones en las cuales modifican el coeficiente de fricción, la fuerza aplicada, la masa del cuerpo, la posición inicial y el ángulo de plano. Como así también, identifican variables como la fuerza normal, gravitatoria y la aplicada a un cuerpo de cierta masa, la aceleración que este adquiere y la posición final a la cual llega. Sin embargo, un alto porcentaje de estudiantes mantiene la idea alternativa en la que relacionan la fuerza aplicada a un cuerpo con la velocidad que éste adquiere. También describen situaciones de movimiento ascendente y descendente, en las cuales formulan hipótesis referidas a la fuerza aplicada para el caso en el que el cuerpo asciende y relacionadas a la disminución de la velocidad por acción de la gravedad o la ausencia de fricción para el descenso del cuerpo.

En un plano horizontal, los estudiantes identifican en la coordenada vertical el sistema de fuerzas colineal y concurrente conformado por las fuerzas normal y gravitatoria, establecen correctamente sus sentidos y el valor de la resultante en el eje “y”. En tanto que sobre la coordenada horizontal identifican como resultante del sistema a la fuerza aplicada, logrando establecer correctamente su dirección y sentido.

En un plano inclinado, los estudiantes identifican el sistema de fuerzas concurrentes, sin embargo solo la mitad del curso identifica correctamente los sentidos correspondientes a los vectores F_N , F_g y F_a . También modifican variables como la fuerza aplicada, la masa del cuerpo, la posición final, el coeficiente de rozamiento y el ángulo del plano. Mientras que a la hora de describir el movimiento, plantean hipótesis referidas a la fuerza aplicada a un cuerpo y a la inercia. Sin embargo, algunos estudiantes sostienen que un cuerpo se frena porque pierde velocidad, porque no hay fuerzas aplicadas o bien porque pierde fuerza.

En la resolución de ejercicios, los estudiantes relacionan las magnitudes de masa, fuerza y aceleración, logrando establecer correctamente la relación directamente proporcional existente entre la aceleración de un cuerpo y la fuerza aplicada. Como así

también la relación inversamente proporcional que existe entre la masa del cuerpo y la aceleración. En la resolución de problemas, los estudiantes aplican la ecuación correspondiente a la segunda Ley de Newton, remplazan valores, despejan correctamente la ecuación y hacen un buen uso de la calculadora, lo que les permite llegar a los resultados correctos con sus correspondientes unidades.

En la resolución de actividades en donde se ponen en juego los conceptos del principio de masa, los estudiantes establecen la relación directamente proporcional existente entre la fuerza y la aceleración y la relación inversamente proporcional existente entre la masa del cuerpo y su aceleración. Mientras que en una situación de plano inclinado identifican de manera correcta las fuerzas F_g , F_N , y F_a actuantes sobre el cuerpo.

Lo expuesto anteriormente sugiere que las actividades que incluyen simulaciones applet java son valiosas para promover aprendizajes colaborativos en clases de Física, permitiéndole a los estudiantes no solo una mayor apropiación de los conceptos estudiados a partir de ellas y el establecimiento de relaciones importantes entre dichos conceptos, sino además, posibilitan el desarrollo de competencias científico-tecnológicas y promueven actitudes positivas y una mayor predisposición para el aprendizaje. Además, los estudiantes valoraron la propuesta didáctica ya que manifestaron que les servían para repasar conceptos desarrollados con anterioridad. En este sentido, el proceso de metacognición reforzó en ellos su capacidad para relacionar los conceptos nuevos en cada una de las actividades.

Sin embargo, una semana después de trabajar con la simulación, un alto porcentaje de los estudiantes mantiene la idea alternativa en la cual relacionan la fuerza con la velocidad que adquiere un cuerpo, relacionando a las fuerzas como causas del movimiento. Solamente algunos estudiantes reafirman la relación que se establece en el principio de masa. Lo cual demuestra que este tipo de ideas alternativas que presentan coherencia interna, se fundamentan principalmente en las experiencias de la vida cotidiana y se construyen a partir de la interacción con el medio, son muy persistentes y no se modifican fácilmente y pueden ser un obstáculo, en la comprensión del conocimiento.

Recapitulando, como respuestas al segundo interrogante de esta tesis: “¿*Cuáles son las dificultades tanto conceptuales como tecnológicas que se les plantean a los estudiantes durante el uso de una simulación?*”, podemos inferir que no se evidenciaron mayores dificultades tecnológicas, sin embargo no podemos decir lo mismo con respecto a las conceptuales, siendo las más recurrentes el hecho de asociar la fuerza aplicada a un cuerpo con su velocidad, o bien con la causa del movimiento. En menor medida, aparecen nociones erróneas que corresponden al hecho de atribuir la velocidad y la fuerza como propiedades inherentes de cada cuerpo, como así también confusiones entre los componentes de un vector (dirección y sentido) y la idea de que la fuerza de rozamiento actúa cuando un cuerpo asciende por un plano inclinado pero no lo hace cuando el cuerpo desciende.

En síntesis como respuestas al tercer interrogante de esta tesis: “¿*Cómo desarrollan los estudiantes habilidades para formular preguntas, plantear hipótesis, modificar variables, realizar medidas y analizar resultados a través del uso de la simulación?*”, se aprecia con respecto al Principio de inercia que a partir del uso de la simulación los estudiantes logran identificar y modificar variables tanto en situaciones de equilibrio estático como dinámico, cómo así también pueden realizar la lectura e interpretaciones de gráficas. Con respecto al Principio de masa, los estudiantes logran identificar y modificar variables tanto en situaciones de plano horizontal, como en situaciones de plano inclinado, como así también formular preguntas y plantear hipótesis. Por último, podemos afirmar también, que los estudiantes logran resolver ejercicios y problemas aplicando la segunda Ley de Newton haciendo uso de la simulación.

En este sentido, a la luz de los resultados obtenidos, podemos afirmar que las simulaciones applet java favorecen en los estudiantes la habilidad para formular preguntas de interés en relación con las situaciones físicas propuestas, plantear hipótesis, modificar variables, realizar medidas y analizar resultados a través del uso de la simulación. Además, permiten la comprensión de los conceptos involucrados en la Dinámica Newtoniana presentes en el desarrollo de la secuencia didáctica. Por lo tanto, las simulaciones applet java constituyen herramientas que pueden actuar como facilitadoras de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Física.

Con respecto al último interrogante: “¿*Cuáles son las interacciones entre el desarrollo de competencias científico-tecnológicas y la secuencia didáctica que incorpora simulaciones applet java para las Leyes de Newton?*” se analizaron los cuestionarios que se aplicaron al finalizar cada clase, las entrevistas realizadas a los grupos de trabajo y al docente al finalizar la intervención.

Antes de la intervención, los estudiantes percibían que tenían una idea de las Leyes de Newton pero no las entendían. Luego de la intervención, los estudiantes indicaron que comprendieron las Leyes de Newton. De acuerdo a los resultados obtenidos, podemos afirmar que este entendimiento se produjo a partir de la resolución de los ejercicios y las actividades propuestas en base al uso de simulaciones. Desde el punto de vista de los estudiantes esta comprensión se debe a la representación gráfica y dinámica que proveen las simulaciones y al hecho de poder trabajar en grupo. Además agregan que la resolución de las distintas actividades propicia el refuerzo de otros contenidos desarrollados antes de la intervención.

A través del uso de las simulaciones los estudiantes desarrollan competencias científicas como explicar, reflexionar, plantear hipótesis, argumentar, formular preguntas y desarrollar un pensamiento crítico.

En cuanto a las competencias tecnológicas los estudiantes expresan que les permitió desarrollar aquellas referidas al uso de software de simulación y pantallas interactivas, a la lectura, interpretación y elaboración de tablas y gráficos y al manejo de sistemas de información.

Por último, con respecto a las dificultades en la resolución de problemas los estudiantes exponen diversas causas: falta de estudio y/o práctica, el componente matemático, en particular al tener que trabajar con ecuaciones, realizar cálculos y manejar las distintas unidades, la interpretación de consignas y el lenguaje técnico.

A la hora de resolver problemas basados en las Leyes de Newton utilizando las simulaciones, estas dificultades se reducen notablemente debido a tres razones fundamentales: a) la presentación gráfica y dinámica de las situaciones, lo cual sugiere la importancia de abordar aspectos relacionados con la modelización científica en los

procesos de enseñanza-aprendizaje, ya que los libros de textos muestran a los modelos como simples representaciones estáticas y simplificadas de los fenómenos naturales analizados. b) La predisposición y motivación que generan en los estudiantes las actividades de simulación para el aprendizaje de los conceptos físicos. c) El hecho de poder trabajar en grupo. Por ello, consideramos importante destacar la contribución de las actividades grupales en el fortalecimiento de los procesos de negociación de significados y de conceptualización que logran los estudiantes en relación con el campo de conocimiento abordado.

En síntesis, como respuestas al último interrogante de esta tesis: *¿cuáles son las interacciones entre el desarrollo de competencias científico-tecnológicas y la secuencia didáctica que incorpora simulaciones applet java para las Leyes de Newton?* podemos afirmar que los estudiantes luego de la intervención didáctica han logrado comprender las Leyes de Newton, desarrollando competencias tanto científicas como tecnológicas. Y si bien la resolución de ejercicios y problemas que se incluyen en la Dinámica Newtoniana presentan dificultades para los estudiantes, éstas se reducen notablemente a través del uso de la simulación.

Por lo tanto, en relación a nuestra pregunta central que guió el desarrollo de esta tesis consideramos que la utilización de simulaciones applets java en clases de Física, favorece el desarrollo de competencias científico-tecnológicas cuando se presentan en diseños didácticos que involucran las Leyes de Newton, adecuados al contexto de la escuela secundaria.

Para finalizar, expresamos que llevar a cabo esta propuesta en la escuela secundaria representa un pequeño aporte al enriquecimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje para las ciencias en general y para la Física en particular. Ya que, estamos convencidos de que la implementación de actividades que incorporan recursos TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje, guiadas por marcos teóricos y metodológicos contribuye al aprendizaje de conceptos, al entendimiento de fenómenos naturales y a desarrollar o potenciar competencias en los estudiantes.

Líneas de investigación e innovación que se derivan de esta tesis

Durante el desarrollo de esta tesis fueron surgiendo nuevos interrogantes que podrían constituirse en futuras líneas de investigación. A continuación expondremos algunas de ellas.

Durante la resolución de las actividades, los estudiantes discutieron sus opiniones, lo cual quedó registrado en las grabaciones que fueron utilizadas para el proceso de triangulación. La dinámica de las discusiones que tuvieron lugar no fueron estudiadas por no ser objeto de investigación de esta tesis, sin embargo a partir de su análisis se podría contribuir al conocimiento sobre las potencialidades que presentan las actividades mediadas por recursos TIC en clases de Física, para el desarrollo de competencias, respondiendo a la siguiente pregunta *¿Cómo construyen los estudiantes el conocimiento a partir de la discusión?*

De igual manera, los datos obtenidos permitirían responder *¿Cuáles son las visiones que poseen los estudiantes entre modelos y realidad antes y después de la intervención?*, comparando la visión que tenían los estudiantes sobre la relación existente entre modelo y realidad, antes de trabajar con la simulación y después de la intervención didáctica.

Otro aspecto que podría analizarse luego del trabajo con las simulaciones son las opiniones relativas a la valoración del conocimiento científico, la relación con el entorno y tal vez con un cambio de actitud. Podría ser útil para recabar información sobre el empleo de software de simulación en entornos interactivos y el desarrollo de competencias, respondiendo a la siguiente pregunta *¿Por qué las simulaciones representan para los estudiantes una herramienta válida para el desarrollo de otras competencias?*

Por otra parte, desde el punto de vista de los docentes, la inclusión de las TIC en las actividades aúlicas ofrece la oportunidad de apropiarse de nuevos enfoques y metodologías, como el aprendizaje colaborativo. Esto nos brinda la posibilidad de pensar en *¿Qué otras estrategias didácticas podrían facilitar el aprendizaje colaborativo?*

En reiteradas oportunidades se mencionó en esta tesis, que resulta interesante la elaboración de recursos propios, adaptados al contexto y a las estrategias didácticas del docente, que fomenten las investigaciones educativas con el fin de desarrollar nuevas estrategias didácticas acordes a los desafíos planteados. En este marco se detectan necesidades que pueden ser resueltas a través de innovaciones como por ejemplo: ***La generación de propuestas didácticas que incluyan recursos TIC en clases de física dentro de un contexto de resolución de problemas o en el proceso de una investigación.*** Como así también ***La elaboración de nuevos trabajos destinados a crear innovaciones educativas que contribuyan al mejoramiento de la educación científica y tecnológica.***

Por último, como se destacó varias veces, es necesario un cambio de enfoque desde el profesorado en lo que respecta al proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales. Un aporte a esta necesidad podría darse con ***La adaptación de la implementación de esta propuesta didáctica, en cursos de formación inicial y continua de profesores de Física,*** con el fin de potenciar las estrategias de enseñanza, a través del diseño de actividades que les permita interesarse más en aspectos relacionados con la enseñanza de esta disciplina. Es decir, con aspectos didácticos, considerando las actividades de simulación como una estrategia valiosa para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física. Así, tal vez con el tiempo se transforme en una reforma relativa a las nuevas metodologías de enseñanza y al manejo de los recursos TIC con los cuales nuestros estudiantes están tan familiarizados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1 (3), 130- 140.
- Aguilera, J. (2006). Estrategia áulica para el estudio de la dinámica newtoniana de la partícula. *Revista Enseñanza de la Física*, 19 (1), 61-69.
- Alfonzo Salgado, Z. (2012). Didáctica de las funciones lineales y cuadráticas asistida con computadora. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 3(3), 39-48.
- Alonso Sánchez, M. (1996). La enseñanza del concepto de masa a partir de un modelo de enseñanza por investigación. *Alambique*, 9, 109-119.
- Alonso Sánchez, M. (2007). Animaciones Modellus y videos de experiencias de laboratorio para dar un nuevo impulso a la enseñanza de la mecánica newtoniana. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 729-745.
- Álvarez Méndez, J. (2008). Evaluar el aprendizaje en una enseñanza centrada en competencias. En J. Gimeno Sacristán (Comp.), *Educación por competencias, ¿qué hay de nuevo?* (pp. 206-234). Madrid: Morata.
- Andramunio, (2004). Desarrollar competencias con las TIC. *Al Tablero*, 29, 8-9.
- Araujo, I. (2002). *Un estudio sobre el desempeño de alumnos de Física, usuarios de la herramienta computacional Modellus en la interpretación de gráficos en Cinemática*. Tesis de Magister, Universidad Federal de Río Grande del Sur , Porto Alegre, Brasil.
- Arce, M. y Ortega, T. (2013). Deficiencias en el trazado de gráficas de funciones en estudiantes de bachillerato. *PNA: Revista de Investigación en Didáctica de la Matemática*, 8(2), 61-73.
- Baéz Pérez, E., Mendoza González, D. & Ramírez García, H. (2006, abril). *Desarrollo de competencias tic (tecnologías de la información y comunicación)*. "Pensar el modelo académico en los niveles de educación superior y media superior". Ponencia presentada en el Sexto Congreso Internacional Retos y Expectativas de la Universidad, México D.F, México.
- Barnett R. (2001). *Los límites de la competencia. El conocimiento, la educación superior y la sociedad*. Barcelona: Gedisa.

- Bartolomé, A. (1997). Preparando para un nuevo modo de conocer. En M. R. Gorreta (Coord.), *Desenvolupament de capacitats: Noves Estraègies* (pp. 69-86). Hospitalet de Llobregat: Centre cultural Pineda.
- Bisquerra Alzina, R., Dorio Alcaraz, I., Gómez Alonso, J., Latorre Beltrán, A., Martínez Olmo, F., Massot Lafon, I., Mateo Andrés, J., Sabariego Puig, M., Sans Martin, A., Torrado Fonseca, M. & Vila Baños, R. (2009). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: La Muralla.
- Bohigas, X. Jaén, X. y Novell, M. (2003). Innovaciones didácticas. Applets en la enseñanza de la física. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 463-472.
- Bouciguez, M. y Santos G. (2010). Applets en la enseñanza de la física: un análisis de las características tecnológicas y disciplinares. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 56-74.
- Bravo, S. y Pesa, M. (2005). La construcción de representaciones sobre movimiento ondulatorio. *Revista Enseñanza de la Física*, 18 (2), 25-42.
- Brown, G. (1960). Gravitational and inertial mass. *American Journal of Physics*, 53, 475-483.
- Cabero Almenara, J. (2005). Las TICs y las Universidades: retos, posibilidades y preocupaciones. *Revista de la Educación Superior*, 3, 77-100.
- Campanario, J. M. y Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 155-169.
- Capuano, V. (2011). El uso de las TIC en la enseñanza de las ciencias naturales. *VEsC*, 2 (2), 79-88.
- Capuano, V. y González, M., (2008). Sobre cómo se incorporan las NTICS a la práctica docente en general y a la práctica experimental en Física, en particular. Memorias en CD del VI CAEDI. Sección "Impacto en las (NTICs)". Trabajo N° 355. Páginas 8.
- Carrascosa, J. (1985). Errores conceptuales en la enseñanza de las ciencias: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 3(3), 230-234.
- Carrascosa, J. y Gil, D. (1992). Concepciones alternativas en mecánica. *Enseñanza de las ciencias*, 10 (3), 314-328.
- Cataldi, Z., Chiarenza, D., Dominighini, C., Donnamaría, C. & Lage, F. (2012). TICs en la enseñanza de la química. Propuesta para selección del Laboratorio Virtual de Química (LVQ). *Revista Iberoamericana de Educación Tecnológica y Tecnología en Educación*, 7, 50-59.

- Christian, W. (2001, mayo). *Physlets. Java Tools for a Web-Based Physics Curriculum*. Paper presented at the ERK Conference, Portoroz, Slovenia.
- Christian, W., Belloni, M., Esquembre, F. & Martín, E. (2003, julio). *Enseñando Física con Fislets*. Ponencia presentada en la VIII Conferencia Inter-Americana sobre Educación en Física, La Habana, Cuba.
- Coll, C. (2007, noviembre). *TIC y prácticas educativas: realidades y expectativas*. Paper presentado en la XXII Semana Monográfica de Educación, Madrid, España.
- Crisólogo, D. e Ithandehuil C. (2007). Lectura e interpretación de gráficas socialmente compartidas. *Relime, 10(1)*, 69-96.
- de Freitas, S. y Griffiths, M.(2008). The convergence of gaming practices with other media forms: what potential for learning? A review of the literature. *Learning, Media and Technology, 33 (1)*, 11-20.
- Denny, T. (1978, mayo). *Story-telling and educational understanding*. Paper presented at the National Meeting of the International Reading Association, Houston, Estados Unidos.
- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias, 14(1)*, 3-15.
- Fejes, M., Infante-Malachias, M., Navas, A. y Nunes, C. (2008). Proceso de autoría/ creación de simulaciones realizados por profesores de química: una experiencia de capacitación en servicio. *Revista Enseñanza de las Ciencias. Innovaciones Didácticas, 26(2)*, 281-290.
- Ferraris, I. (2006). Estrategia áulica para el estudio de la dinámica newtoniana de la partícula. *Revista Enseñanza de la Física, 19(1)*, 61-69.
- Ferro Soto, C., Martínez Senra, A. & Otero Neira, M. (2009). Ventajas del uso de las TICs en el proceso de enseñanza-aprendizaje desde la óptica de los docentes univertarios españoles. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 29*, 1-12.
- Gallego Torres, A. & Gallego Badillo, R. (2006). Acerca del carácter tecnológico de la nueva Didáctica de las Ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 5(1)*, 99-113.
- García Barneto, A. & Bolívar Raya, J. (2005). Uso de simulaciones informáticas en la enseñanza de la física: movimiento armónico simple y ondulatorio. *Revista Enseñanza de las Ciencias, Publicación Especial*.
- García Barneto, A. & Bolívar Raya, J. (2008). Efecto de las simulaciones interactivas sobre las concepciones de los alumnos en relación con el movimiento armónico simple. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 7(3)*, 681-703.

- García Barneto, A. y Gil Martín, M. (2006). Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), 304-322.
- García Jimenez, E. (1991). *Una teoría práctica sobre la evaluación. Un estudio etnográfico*. Sevilla: MIDO.
- García Valcárcel, A. & González, A. (2011). Integración de las TIC en la práctica escolar y selección de recursos en dos áreas clave: Lengua y Matemática. En R. Roig, & C. Laneve (Eds.), *La práctica educativa en la Sociedad de la Información. Innovación a través de la investigación* (pp. 129-144). Alcoy: Marfil.
- García, M. & Benítez, A. (2011). Competencias matemáticas desarrolladas en ambientes virtuales de aprendizaje: el Caso de MOODLE. *Formación Universitaria*, 4(3), 31-42.
- García-Mayo, P. & García-Lecumberri, M. (2004). *Age and acquisition of English as a third language*. Clevedon: Multilingual Matters.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furio, C. & Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- Gil Pérez, D. & Valdés Castro, P. (1996). La orientación de la práctica de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de la Ciencias*, 14(2), 155-163.
- Gimeno Sacristán, J. (2008). Diez tesis sobre la aparente utilidad de las competencias en educación. En J. Gimeno Sacristán (Comp.), *Educación por competencias, ¿qué hay de nuevo?* (pp. 15-58). Madrid: Morata.
- Giorgi, S., Concari, S. y Pozzo, R. (2005). Un estudio sobre las investigaciones acerca de las ideas de los estudiantes en fuerza y movimiento. *Revista Ciencia y Educación*, 11(1), 83-95.
- González, J., & Wagenaar, R. (2003). *Tuning Educational Structures in Europe. Informe Final. Fase Uno*. Bilbao: Universidad de Deusto.
- Gros Salvat, B. y Garrido Miranda, J. (2008). “Con el dedo en la pantalla”: el uso de un videojuego de estrategia. En la mediación de aprendizajes curriculares. *Revista Electrónica Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 9(3), 108-129.
- Gros, B. (2008). *Videojuegos y aprendizaje*. Madrid: Grao.
- Guba, E. & Lincoln, Y. (1981). *Effective evaluation: improving the usefulness of evaluation results through responsive and naturalistic approaches*. San Francisco: Jossey-Bass.

- Gunstone, R. & Watts, M. (1999). Fuerza y movimiento. En R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds), *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia* (4ª Ed, pp. 137-167). Madrid: Morata.
- Hargreaves, A. (1995). La modificación de las culturas de trabajo de la enseñanza. *Kikiriki Cooperación Educativa*, 35, 49-61.
- Hernández, C. (2005). *¿Qué son las “competencias científicas”?*. Foro Educativo Nacional para comprender y transformar el mundo (1-30). Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Hernández Escamilla, Y. (2008, octubre). *Propuesta hacia la noción de función desde su interpretación y representación gráfica*. Comunicación presentada en el Noveno Encuentro Colombiano de Matemática Educativa, Valledupar, Colombia.
- Janesick, V.J. (1994) The dance of qualitative research design: Metaphor, methodolatry, and meaning. En N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research*, (pp. 209-219). Newbury Park, CA: Sage Publications.
- Jiménez-Chaves, V. (2012). El estudio de caso y su implementación en la investigación. *Revista Internacional de Investigación en Ciencias Sociales*, 8 (1), 141-150.
- Johnson, D.; Johnson, R. y Smith, K. (2007). The State of Cooperative Learning in Postsecondary and Professional Settings. *Educational Psychology Review* 19, 15-29.
- Jonassen, D. (2000). El diseño de entornos constructivistas de Aprendizaje. En C. Reigeluth (Ed.). *Diseño de la Instrucción. Teorías y modelos*. Madrid: Santillana.
- Kofman, H. (2004). Integración de las funciones constructivistas y comunicativas de las NTICs en la enseñanza de la física universitaria y capacitación docente. *Revista Enseñanza de la Física*, 17(1), 51-62.
- Lacasa, P. (2011). *Los videojuegos. Aprender en mundos reales y virtuales*. Madrid: Morata.
- Levis, D. (2005). *Videojuegos y alfabetización digital, en “aula de innovación educativa”*. Barcelona: Grao.
- Linn, M. C. (2002). Promover la educación científica a través de las tecnologías de la información y comunicación. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 347-355.
- López García, J. (2004). *La integración de las TIC en las ciencias naturales*. Disponible en: Google: <http://www.eduteka.org/Editorial19.php>.
- López García, M. y Morcillo Ortega, J. (2007). Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 562-576.

- López, J. (2006). Las competencias básicas del currículo en la LOE. En A. Jiménez & M. Lou (Eds.), *Actas del V Congreso Internacional Educación y Sociedad. La educación: retos del siglo XXI*. Ilustre Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Ciencias y en Letras de Granada, Almería y Jaén.
- Macdonald, B y Walker, R. (1975). Case Study and the Social Philosophy of Educational Research. *Cambridge Journal of Education*, 5, 2 -11.
- Manso, M., Pérez, P., Libedinsky, M., Light, D. & Garzón, M. (2011). *Las TIC en las aulas. Experiencias latinoamericanas*. Buenos Aires: Paidós.
- Marzocchi, V.; Vilchez, A.; D'Amato, M.; Marino, L.; Vanzetti, N. (2012). Incorporación de TICs de modelado molecular en la enseñanza universitaria de la Química. *Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación* 8, 9-15.
- Martínez Rodríguez, J. (2008). La ciudadanía se convierte en competencia: Avances y retrocesos. En J. Gimeno Sacristán (Comp.), *Educación por competencias, ¿qué hay de nuevo?* (pp. 103-142). Madrid: Morata.
- Martínez, S., Tarazona, A. & Hervás, A. (2003, octubre). *La calidad en el proceso de formación vía Internet: el planteamiento de la Universidad Politécnica de Valencia*. Ponencia presentada en el III Congreso de Aplicación de las Nuevas Tecnologías en la Docencia Presencial y e-learning, Valencia, España.
- Martinho, T. y Pombo, L. (2009). Potencialidades das TIC no ensino das Ciências Naturais – um estudo de caso. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8 (2), 527-538.
- Mata, F. (2002, junio). Universidad y TIC. Implicaciones prácticas. Poster presentado en el II Congreso Europeo de Aplicación de las nuevas Tecnologías a la Enseñanza, Barcelona, España.
- McDermott, L.C. (1993a). Cómo enseñamos y cómo aprenden los estudiantes. ¿Un desajuste? (Primera parte). *Revista de enseñanza de la física*, 6(1), 19-32.
- McDermott, L.C. (1993b). Cómo enseñamos y cómo aprenden los estudiantes. ¿Un desajuste? (Segunda parte). *Revista de enseñanza de la física*, 6(2), 19-28.
- Méndez, A. & Roegiers, X. (2005, mes). *Terminología pedagógica específica al enfoque por competencias: El concepto de competencia*". Memoria presentada al DEA en Ciencias de la Educación Facultad de Educación Universidad Católica, Lovaina, Bélgica.
- Merriam, S. (1998). *Qualitative Research and Case Study Applications in Education* (2ª Ed.) San Francisco: Jossey-Bass.
- Mertens, D. (2005). *Research and evaluation in Education and Psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods*. Thousand Oaks: Sage.

- Moreno, T. (2010). El currículo por competencias en la universidad: más ruido que nueces. *Revista de la Educación Superior*, 39 (2), 77-90.
- Moreno Olivos, T. (2010). Competencias en educación. Una mirada crítica. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 15(44), 289-297.
- Murillo, J. y Marcos, G. (2005). *Un modelo de análisis de competencias matemáticas en un entorno interactivo*. Disponible en: Google: <http://funes.uniandes.edu.co/1315/>, Directory: http://funes.uniandes.edu.co/1315/1/Murillo2005Un_SEIEM_215, File: pdf.
- Murillo, J.; Arnal, P. y Marcos, G. (2010). Competencias en matemáticas y entornos interactivos. *Contribuciones Científicas*. Servicios de Publicaciones: Universidad de la Rioja, 375-401.
- Palacino Rodríguez, F. (2007). Competencias comunicativas, aprendizaje y enseñanza de las Ciencias Naturales: un enfoque lúdico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 275-298.
- Pérez Gómez, A. (2008). ¿Competencias o pensamiento práctico? La construcción de los significados de representación y de acción. En J. Gimeno Sacristán (Comp.), *Educación por competencias, ¿qué hay de nuevo?* (pp. 59-102). Madrid: Morata.
- Pontes, A. (2005). Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 2(1), 330-343.
- Pozo, J. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a donde van. y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique*, 7, 18-26.
- Pozo, J. & Gómez, M. (2001). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. & Monereo, C. (2007). Carta abierta a quien compete. *Cuadernos de Pedagogía*, 370, 87-90.
- Raviolo, A., Alvarez, M. y Aguilar, A. (2011). La hoja de cálculo en la enseñanza de la Física: recreando simulaciones. *Revista Enseñanza de la Física*, 24 (1), 97-107.
- Regalado-Méndez, A., Peralta-Reyes, E. y Báez-González, J. (2011), Aprendizaje Basado en Competencias Aplicado a una Asignatura de Transferencia de Calor. *Formación Universitaria*, 4(1), 13-18.
- Reigosa, C. (2010). Un estudio de caso sobre la influencia del uso de una herramienta informática sobre las destrezas de comunicación científico-técnicas y el aprendizaje conceptual. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 186-198.
- Rockwell, E. (1987). *Para observar la escuela, caminos y nociones*. Informe final del Proyecto La práctica docente y sus contextos institucional y social. México:

Departamento de Investigaciones Educativas, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados.

- Rodríguez Gómez, G., Gil Flores, J. & García Jiménez, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Málaga: Aljibe.
- Rodríguez, M., Mena, D. y Rubio, C. (2011). Competencias que pueden desarrollarse en la asignatura de Mecánica en el currículo de Ingeniería. *Formación Universitaria*, 4(4), 3-12.
- Roegiers, X. (2007). *Competencias para la integración*. Bruselas: De Boeck.
- Rosado, L. & Herreros, J. (2009, abril). *Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física*. Trabajo presentado en la Conferencia Internacional sobre Multimedia y TIC en Educación, Lisboa, Portugal.
- Rychen, D. (2004). Una visión holística de las competencias claves en la sociedad del conocimiento. Proyecto DeSeCo.
- Sánchez Velázquez, J., Oliva Martínez, J., Barbero Rosado, L. & Cruz González, M. (1993). Detección de las ideas previas en cinemática utilizando la composición de movimientos. *Investigación en la Escuela*, 19, 105-116.
- Sanmartí, N. e Izquierdo, M. (2001). Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las TIC. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 8(29), 71-83.
- Sauquillo Mateo, P., Ros Ros, C. y Bellver Moreno, M. (2008). El rol de género en los videojuegos. *Revista Electrónica Teoría de la Educación. Educación y Cultura en La Sociedad de la Información*, 9 (3), 130-149.
- Sebastiá, J. (1984). Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes. *Enseñanza de la Ciencia*, 2(3), 161-169.
- Silva-Córdova, R. (2011). *La enseñanza de la física mediante un aprendizaje significativo y cooperativo en Blended Learning*. Tesis Doctoral, Universidad de Burgos, Burgos, España.
- Solbes, J. y Sincaras, V. (2010). Una propuesta para la enseñanza aprendizaje de la física cuántica basada en la investigación didáctica. *Revista Enseñanza de la Física*, 23(1), 57-84.
- Stake, R. (1994). Case Studies. En N. Denzwhytein e Y. Lincoln (Eds.), *Hand book of Qualitative Research* (pp. 236-245). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Stake, R. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata.

- Stenhouse, L. (1990). Conducción, análisis y presentación del estudio de casos en la investigación educacional y la evaluación. En J. Martínez Rodríguez, *Hacia un enfoque interpretativo de la enseñanza* (pp. 69-82). Granada: Universidad de Granada.
- Suárez, L. (2009, junio). *Uso de las TICs como herramienta didáctica en la enseñanza de las ciencias naturales*. Ponencia presentada en el Primer Congreso Nacional de Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología, Bogotá, Colombia.
- Suaza Correa, O. (2011). *Los diagramas de fuerza como elemento fundamental en la enseñanza aprendizaje de las Leyes de Newton bajo un enfoque constructivista*. Informe de Práctica Docente como modalidad de Trabajo Final como requisito parcial para optar al Grado de Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Torres Santomé, J. (2008). Obviando el debate sobre la cultura en el sistema educativo: Cómo ser competente sin conocimientos. En J. Gimeno Sacristán (Comp.), *Educación por competencias, ¿qué hay de nuevo?* (pp. 143-175). Madrid: Morata.
- Vázquez Alonso, A. y Manassero-Mas, M. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(3), 274-292.
- Vicario, J. (2013). Las TIC y el aprendizaje de la física. Interacción, argumentación y rendimiento académico. En A. Chiecher, D. Donolo & J. Córca (Comp.), *Entornos virtuales y aprendizajes. Nuevas perspectivas de estudio e investigaciones* (pp.293-312) La Pampa: Virtual Argentina.
- Vivancos, J. (2008). *Tratamiento de la Información y Competencia Digital*. Madrid: Alianza.
- Williams, M., Unrau, Y. & Grinnell, R. (2005). The qualitative research approach. En R. Grinnell & Y. Unrau (Eds.), *Social work: Research and evaluation. Quantitative and qualitative approaches* (7ª Ed. pp. 75-87). Nueva York: Oxford University Press.
- Wolcott, H.F. (1992). Posturing in qualitative inquiry. In MD Le Compte, WL Millroy & J Preissle, (Eds.) *The Handbook of Qualitative Research in Education* (pp.3-52). New York: Academic Press.
- Yin, R. (1984). *Case study research. Design and methods*, Beverly Hills, Sage Publications.
- Zamarro, J., Martín, E., Esquembre, F. & Härtel, H. (1998, octubre). *Unidades didácticas en Física utilizando simulaciones interactivas controladas desde ficheros HTML*. Comunicación presentada en el IV Congreso RIBIE, Brasilia, Brasil.