

**SISTEMATIZACIÓN DE UNA EXPERIENCIA PARA LA ENSEÑANZA EN EL AULA DE CLASE DE LA
EXPANSIÓN ADIABÁTICA DE UN GAS: UNA VÍA PARA FORTALECER EL PENSAMIENTO
CIENTÍFICO EN LOS ESTUDIANTES DE FÍSICA FUNDAMENTAL II DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE**

CRISTIAN ENRIQUE ARBOLEDA MARTINEZ
JESUS ANDREY BOLAÑOS TORRES
JHON FLEIDER MOTATO JIMENEZ

Trabajo de grado para optar al título de
Licenciado en Matemáticas y Física.

Director
CARLOS JULIO URIBE GARTNER



UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA
SANTIAGO DE CALI
2015



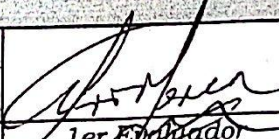
UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
ÁREA DE EDUCACIÓN MATEMÁTICA

ACTA DE EVALUACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

Tenga en cuenta: 1. Marque con una X la opción escogida.
2. diligencie el formato con una letra legible.

TÍTULO DEL TRABAJO:	SISTEMATIZACIÓN DE UNA EXPERIENCIA PARA LA ENSEÑANZA EN EL AULA DE CLASE DE LA EXPANSIÓN ADIABÁTICA DE UN GAS: UNA VÍA PARA FORTALECER EL PENSAMIENTO CIENTÍFICO EN LOS ESTUDIANTES DE FÍSICA FUNDAMENTAL II DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE		
Se trata de:	Proyecto ☐	Informe Final ☒	
Director:	CARLOS JULIO URIBE GARTNER		
1er Evaluador:	ÁLVARO PEREA		
2do Evaluador:			
Fecha y Hora	Año: 2015	Mes: Febrero	Día: 12 Hora: 3:00 pm
Estudiantes			
Nombres y Apellidos completos	Código	Programa Académico	
CRISTIAN ENRIQUE ARBOLEDA MARTÍNEZ	200633448	3487 - LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA	
JESÚS ANDREY BOLAÑOS TORRES	200644812	3487 - LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA	
JHON FLEIDER MOTATO JIMÉNEZ	200932031	3487 - LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA	

EVALUACIÓN			
Aprobado ☐	Meritorio ☒	Laureado ☐	
Aprobado con recomendaciones ☐	No Aprobado ☐	Incompleto ☐	
En el caso de ser Aprobado con recomendaciones (diligenciar la página siguiente), éstas deben presentarse en un plazo de _____ (máximo un mes) ante:			
Director del Trabajo ☐	1er Evaluador ☐	2do Evaluador ☐	
En el caso que el Informe Final se considere Incompleto , se da un plazo de máximo de _____ semestre(s) para realizar una nueva reunión de evaluación el:			
Año:	Mes:	Día:	Hora:
En el caso que no se pueda emitir una evaluación por falta de conciliación de argumentos entre Director, Evaluadores y Estudiantes; expresar la razón del desacuerdo y las alternativas de solución que proponen (diligenciar la página siguiente).			

FIRMAS:		
		
Director del Trabajo de Grado	1er Evaluador	2do Evaluador



PARTE 1. Términos de la licencia general para publicación digital de obras en el repositorio institucional de Acuerdo a la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad del Valle

Actuando en nombre propio los AUTORES o TITULARES del derecho de autor confieren a la UNIVERSIDAD DEL VALLE una Licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integra en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha en que se incluye en el Repositorio, por un plazo de cinco (5) años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del AUTOR o AUTORES. El AUTOR o AUTORES podrán dar por terminada la licencia solicitando por escrito a la UNIVERSIDAD DEL VALLE con una antelación de dos (2) meses antes de la correspondiente prórroga.
- b) El AUTOR o AUTORES autorizan a la UNIVERSIDAD DEL VALLE para que en los términos establecidos en el Acuerdo 023 de 2003 emanado del Consejo Superior de la Universidad del Valle, la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993 y demás normas generales sobre la materia, publique la obra en el formato que el Repositorio lo requiera (impreso, digital, electrónico, óptico, usos en red o cualquier otro conocido o por conocer) y conocen que dado que se publica en Internet por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) El AUTOR o AUTORES aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto renuncian a recibir emolumento alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente Licencia y de la **Licencia Creative Commons** con que se publica.
- d) El AUTOR o AUTORES manifiestan que se trata de una obra original y la realizó o realizaron sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, obra sobre la que tiene (n) los derechos que autoriza (n) y que es él o ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante la UNIVERSIDAD DEL VALLE y ante terceros. En todo caso la UNIVERSIDAD DEL VALLE se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del AUTOR o AUTORES y la fecha de publicación. Para todos los efectos la UNIVERSIDAD DEL VALLE actúa como un tercero de buena fé.
- e) El AUTOR o AUTORES autorizan a la UNIVERSIDAD DEL VALLE para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión. El AUTOR o AUTORES aceptan que la UNIVERSIDAD DEL VALLE pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE, LOS AUTORES GARANTIZAN QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.



PARTE 2. Autorización para publicar y permitir la consulta y uso de obras en el Repositorio Institucional.

Con base en este documento, Usted autoriza la publicación electrónica, consulta y uso de su obra por la UNIVERSIDAD DEL VALLE y sus usuarios de la siguiente manera;

a. Usted otorga una (1) licencia especial para publicación de obras en el repositorio institucional de la UNIVERSIDAD DEL VALLE (Parte 1) que forma parte integral del presente documento y de la que ha recibido una (1) copia.

Si autorizo ☒ No autorizo ☐

b. Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados por Usted en los literales a), y b), con la **Licencia Creative Commons Reconocimiento - No comercial - Sin obras derivadas 2.5 Colombia** cuyo texto completo se puede consultar en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/> y que admite conocer.

Si autorizo ☒ No autorizo ☐

Si Usted no autoriza para que la obra sea licenciada en los términos del literal b) y opta por una opción legal diferente descríbala¹:

En constancia de lo anterior,

Título de la obra:

Sistematización de una experiencia para la enseñanza en el aula de clase de la expansión adiabática de un gas: Una vía para fortalecer el Pensamiento Científico en los estudiantes de Física Fundamental II de la Universidad del Valle.

Autores:

Nombre: Cristian Enrique Arboleda Martínez

Firma: Cristian E. Arboleda M.
C.C.

Nombre: Jhon Fleider Motato Jimenez

Firma: Jhon Fleider Motato J.
C.C.

Nombre: Jesús Andrey Bolaños Torres

Firma: JESÚS Bolaños
C.C.

Fecha: 23-02-2015

(Si desea una versión digital del formulario, una vez esté diligenciado utilice los programas "pdfcreator" o "Dopdf", los cuales le permitirán convertir el archivo a pdf y así podrá guardarlo)

¹ Los detalles serán expuestos de ser necesario en documento adjunto

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1	7
1. RESUMEN	7
1.1. PALABRAS CLAVES	7
2. INTRODUCCIÓN	7
3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	9
3.1. PROBLEMÁTICA	12
4. ANTECEDENTES.....	12
4.1. DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO.....	13
4.2. CÓMO SURGE LA PROPUESTA	15
5. OBJETIVOS	17
5.1. GENERAL.....	17
5.2. ESPECÍFICOS.....	18
CAPÍTULO 2	19
6. MARCO CONCEPTUAL	19
6.1. EL RETO DE FORMAR UN CIUDADANO CRÍTICO Y CON CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE LAS CIENCIAS	19
6.2. FORTALECER LAS COMPETENCIAS EN CIENCIAS: UN RETO PARA LOS DOCENTES	22
6.3. FORTALECER EL PENSAMIENTO CIENTÍFICO	25
6.4. INCENTIVAR EL APRENDIZAJE MEDIANTE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y LA EXPERIMENTACIÓN	26
6.5. SISTEMATIZAR LA EXPERIENCIA.....	28
6.6. MARCO CONCEPTUAL EN FÍSICA	30
6.6.1. TIRO PARABÓLICO.....	30
6.6.2. FLUIDOS.....	31
6.6.3. PRESIÓN	34
6.6.4. TEMPERATURA.....	35
6.6.5. EXPANSIÓN ADIABÁTICA DE UN GAS Y MODELO MATEMÁTICO QUE EXPLICA EL FENÓMENO EN ESTUDIO	35

7. METODOLOGÍA.....	44
7.1. PRUEBA PILOTO	47
7.2. PRUEBA EXPLORATORIA	49
7.3. ACTIVIDAD EXPERIMENTAL	51
7.4. PRESUPUESTO.....	54
8. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS DIFERENTES ACTIVIDADES DEL PROYECTO Y SU RESPECTIVO ANÁLISIS.....	55
8.1. ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA PRUEBA PILOTO	55
8.2. ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA PRUEBA EXPLORATORIA	59
8.3. ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL	64
8.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL 2012 Y LOS OBTENIDOS EN EL 2014	68
9. CONCLUSIONES.....	69
10. BIBLIOGRAFÍA.....	72
11. ANEXOS.....	74
11.1. ANEXO A.....	74
11.2. ANEXO B.....	78
11.3. ANEXO C.....	85
11.4. ANEXO D.....	87

SISTEMATIZACIÓN DE UNA EXPERIENCIA PARA LA ENSEÑANZA EN EL AULA DE CLASE DE LA EXPANSIÓN ADIABÁTICA DE UN GAS: UNA VÍA PARA FORTALECER EL PENSAMIENTO CIENTÍFICO EN LOS ESTUDIANTES DE FÍSICA FUNDAMENTAL II DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE

CAPÍTULO 1

1. RESUMEN

En este proyecto se presenta una sistematización de una experiencia vivida en el curso de Física Fundamental II, vista en el periodo febrero-junio de 2012, con la cual se diseñó una actividad de aula (para el estudio de la expansión adiabática de un gas) puesta en práctica con los estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas y Física del curso de Física Fundamental II del periodo Febrero-Junio de 2014, y con la que se espera que logren relacionar los conceptos de la termodinámica tales como: variables de estado, trabajo, energía interna, procesos termodinámicos, y los conceptos de tiro parabólico tales como: velocidad, energía cinética, tiempo y distancia, entre otros. Con esta actividad se pretende que los estudiantes desarrollen una mejor comprensión de los tópicos pertinentes y fortalezcan su pensamiento científico, al tiempo que sirve de recurso para que los docentes reflexionen sobre la forma tradicional de enseñanza y evaluación.

1.1. PALABRAS CLAVES

Expansión adiabática, competencia, energía, experimentación, aprendizaje significativo, enseñanza, resolución de problemas.

2. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta una sistematización de una experiencia con la cual se elaboraron unas actividades con las que se espera fortalecer el pensamiento científico en los estudiantes de la Universidad del Valle, pertenecientes al programa de Licenciatura en Matemáticas y Física (3487) que cursan Física Fundamental II (106008M), a partir de una situación problema-experimental que propone estudiar un fenómeno de la vida cotidiana, como es el movimiento de proyectiles y el aumento de temperatura en los objetos, mediante algunos conceptos de termodinámica y utilizando como eje articulador el principio de conservación de la energía.

Para ello se utiliza un dispositivo que fue diseñado y que permite establecer una relación entre estos dos tópicos de la física, gracias al trabajo realizado por un gas en expansión adiabática. La situación propuesta centra su atención en que los estudiantes manifiesten sus ideas intuitivas¹ y conocimientos (ver prueba exploratoria), con el objetivo de que los utilicen de manera eficiente y empiecen a construir relaciones significativas, para ello se formularán preguntas en las que deben manifestar hipótesis, dar sugerencias, exponer críticas, tomar diferentes medidas, elaborar tablas y registros numéricos, con el fin de modelar una situación experimental que les permita encontrar patrones para comprender un fenómeno físico (ver actividad experimental).

En este sentido, se propuso para el desarrollo de la actividad experimental, el uso del dispositivo (que más adelante se describe), un cronómetro y un hectómetro, con lo cual se quiere mostrar que el horizonte de los recursos didácticos en la física, va mucho más allá de una actividad de laboratorio, puesto que muestra otra perspectiva de dichas actividades, en la que el estudiante se plantea hipótesis sin tener necesariamente que llegar a resultados preestablecidos. Además, se decidió realizar una prueba exploratoria con los estudiantes de Física Fundamental II del periodo (Febrero-Junio de 2014), antes de realizar las actividades con el dispositivo, en donde se pretendía explorar las ideas previas de los estudiantes sobre algunos conceptos de la termodinámica.

En la actividad experimental propuesta se esperaba que los estudiantes aportaran argumentos, justificaciones y explicaciones en los cambios de temperatura que le ocurrieron al dispositivo durante la experimentación (inyección de aire en la botella), con lo cual es posible percatarse que durante la expansión diabática de un gas, éste realiza un trabajo sobre su entorno y es lo que permite lanzar un dardo con el dispositivo diseñado. Mostrando así que la experimentación y resolución de problemas es un punto de partida para el desarrollo de actividades posteriores, también para proponer ante la comunidad académica una reflexión en torno al fortalecimiento de las competencias científicas en la enseñanza de la física y en un campo de investigación como es el de las ciencias naturales.

Este trabajo tendrá como punto de partida la identificación de la problemática, acompañada de una justificación que está basada en la experiencia y en los resultados de investigaciones² (por ejemplo las realizadas por Bain (2007), Martínez et al. (2005) y Bonilla (2013)), luego se

1 Según Osborne (1998), "antes de saber lo que es una clase de ciencias, los niños y niñas ya han ido desarrollando sus propias ideas acerca de cómo y por qué las cosas son como son; ideas que pueden ir ligadas a términos particulares y formas de lenguaje, pero a las que se suele llegar con independencia de ellos. Estas ideas intuitivas pueden ejercer una potente influencia sobre el aprendizaje". p.75 Es importante aclarar que en este documento se consideran con el mismo sentido los términos: ideas previas, concepciones alternativas y conocimientos previos.

2 Como la realizada por Halloun y Hestenes, dos físicos que quisieron averiguar si una asignatura típica de introducción a la física cambiaba la manera de pensar de los estudiantes sobre el movimiento. Citada por Bain (2007)

presentan los objetivos, en donde se reúnen las expectativas y se indican los antecedentes que llevaron a la elaboración de esta propuesta.

También se muestra el marco conceptual que soporta esta sistematización, para ello se tiene en cuenta tres ejes articuladores, el primero se basa en la importancia de formar un ciudadano con pensamiento crítico y con conocimientos básicos de las ciencias, luego se considera el reto de promover las competencias en ciencias con el fin de fortalecer el pensamiento científico, utilizando para ello la resolución de problemas y la experimentación. Por último se plantean los principales conceptos teóricos involucrados. Después del marco conceptual se presenta el diseño metodológico, con las actividades que se trabajaron en este proyecto, luego se presentan los resultados obtenidos de la sistematización y que fueron de ayuda en la construcción de esta propuesta. Finalmente se presenta un análisis de los resultados de las diferentes pruebas y actividades que se realizaron.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La física es una forma de entender y comprender la naturaleza, sin embargo en muchas ocasiones no se logra transmitir esa increíble sensación, dada la forma tradicional en que se trabaja en las escuelas y universidades, donde se centra la atención en fórmulas y procedimientos más que en la comprensión y análisis conceptual de un fenómeno. Esta incompreensión, se demuestra en que cada vez que se cambian las situaciones de estudio, el estudiante, al parecer, pierde el contacto con los hechos, pues su atención se centra en cómo operar mecánicamente para resolver problemas, reduciendo al simple reemplazo en una ecuación o expresión matemática, más que en identificar sus características y su respectivo análisis.

Además se presentan dificultades cuando los estudiantes llegan a la universidad, donde se identifican inconvenientes en su aprendizaje. Se nota preocupación en ellos, por aprenderse unas fórmulas, sin entender bien los fenómenos de los cuales dan cuenta dichas expresiones matemáticas. Lo anterior se basa, entre otras, en la siguiente afirmación:

Los alumnos no sólo terminaban sus estudios sin saber resolver problemas novedosos y sin una imagen adecuada del trabajo científico..., sino que la inmensa mayoría de los estudiantes no había logrado comprender el significado de los conceptos científicos más básicos, a pesar de una enseñanza reiterada..., y no sólo aquellos que suspendían sino los que obtenían calificaciones elevadas. (Martínez et al., 2005, p. 21)

Hoy en día se sigue conservando esta forma de enseñanza, donde se propicia un aprendizaje mecánico-procedimental, más no como lo sugieren los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales, que plantean la necesidad de favorecer la formación de un ciudadano competente (MEN, 2006b), con habilidades que le permitan comprender la realidad social en la que vive, tomar una postura crítica y ser consciente de que su actuar influye en el mundo al cual pertenece, así como tomar responsabilidad de sus actos.

Por lo anterior, es importante que en las instituciones educativas, los profesores reflexionen sobre la forma cómo se enseñan las ciencias, pues dependiendo del tipo de enseñanza que se propicie, se puede fortalecer un aprendizaje significativo³ y que será de gran ayuda cuando el estudiante entre al ciclo de educación universitaria, ya que lo que se busca es desarrollar en el ciudadano un pensamiento y una "cultura científica" que contribuya al establecimiento de una mejor sociedad.

Para propiciar en el estudiante un pensamiento científico es importante tener en cuenta que “en una situación determinada, los seres humanos construyen sus propios significados a partir de sus conocimientos previos” (Martínez et al., 2005, p.28), y por lo tanto las actividades que se pretenden desarrollar en el aula deben tener en cuenta las ideas previas de los estudiantes y enfocarse en “cómo hacer que las personas vean más fructíferas, atractivas y funcionales las ideas científicas que las espontáneas. (...) Que las ideas científicas pasen a formar parte de la manera de pensar de las personas” (Martínez et al., 2005, p.35).

Por lo anterior en este trabajo se pretende abordar el estudio de la expansión adiabática de un gas, pues constituye un tema fundamental a partir del cual se estudian otros conceptos y fenómenos físicos. Sin embargo representa un reto en su enseñanza, porque en ocasiones el estudiante trae consigo ideas previas que pueden generar una falsa interpretación o ir en contra de las explicaciones dadas en la Física, por ejemplo se piensa que el aumento de temperatura se debe siempre al incremento de presión o por la existencia de fricción como se pudo constatar en la prueba piloto y exploratoria que se detallan más adelante. Al respecto, Hashweh (1986) (citado por Martínez et al., 2005) señala que:

La tendencia de las personas al verificacionismo sesgado, es decir, a prestar una atención preferente a aquello que apoya las ideas propias iniciales y a ignorar otros aspectos que podrían

3 Aquí retomamos la teoría del Aprendizaje Significativo propuesta por el psicólogo y pedagogo David Ausubel, que entre otras cosas plantea la comprensión, como la extensión de lo aprendido, a otro tipo de prácticas con sentido y significado. Es decir, lograr relacionar los nuevos conocimientos, con los que ya se poseen para complementarlos. Por ejemplo en el estudio de ciertos fenómenos naturales, en que los estudiantes pueden relacionar experiencias previas con la construcción de un nuevo conocimiento.

contradecirlas, refuerza continuamente la utilidad de las ideas espontáneas, que suelen ser generalizadas y utilizadas automáticamente en contextos variados sin una mínima reflexión sobre la validez de las mismas. (p.36)

Lo anterior, se manifiesta como dificultades en el aula, pues el estudiante se resiste a cambiar sus concepciones, aun cuando se le presentan situaciones experimentales que muestran la falencia de sus ideas, y esto es algo con lo que constantemente se encontrará el docente y que debe manejar con cuidado.

Además como se busca estimular la construcción de un conocimiento en el estudiante, y dado que el estudiante trae consigo unos conocimientos con los que intenta "comprender el mundo", se hace necesario tener en cuenta dichas ideas previas, pues de acuerdo a Martínez, et al. (2005) se ha encontrado que:

1. Los estudiantes llegan a las clases de ciencias con un conjunto variado de concepciones alternativas sobre objetos y hechos de la naturaleza.
2. Son persistentes y resistentes a la desaparición mediante estrategias de enseñanza convencionales.
3. Las concepciones alternativas son semejantes, con frecuencia, a las explicaciones de los fenómenos naturales sostenidas por generaciones previas de científicos y filósofos.
4. Las concepciones alternativas tienen sus orígenes en un conjunto variado de experiencias personales, incluyendo la observación y percepción directa, la cultura y lenguaje del entorno próximo, y también las explicaciones de los profesores y los materiales de instrucción.
5. Los profesores, a menudo, tienen las mismas concepciones alternativas que sus estudiantes.
6. Los conocimientos previos de los alumnos interaccionan con los conocimientos presentados en la instrucción formal, dando lugar a un conjunto variado de resultados de aprendizajes no pretendidos. (pp. 25-26)

En esta misma línea, Martínez, et al. (2005) señala que en muchos docentes existe la tendencia a creer que basta transmitir los conocimientos de la ciencia "tal como son" para que el estudiante los pueda comprender, sin embargo se ha encontrado que además de permanecer las concepciones alternativas en los estudiantes, se presentan fracasos cuando se pretende que se enfrenten a problemas un tanto diferentes a los trabajados en el aula de clase, por lo cual, diferentes estudios han llegado a "concebir el aprendizaje de las ciencias como un proceso de construcción de conocimientos, en el que los conocimientos previos de los alumnos tienen un papel esencial y activo" (Martínez et al., 2005, p.28).

3.1. PROBLEMÁTICA

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, este trabajo es un intento de abordar el siguiente problema: ¿Cómo fortalecer el pensamiento científico en los estudiantes de Licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad del Valle, que cursan Física Fundamental II, en cuanto a la comprensión contextualizada del principio de conservación de la energía, relacionando la velocidad inicial de un dardo lanzado en movimiento parabólico con la expansión adiabática de un gas?

4. ANTECEDENTES

Siempre ha sido problemática la forma de evaluación en la universidad, pues los docentes están muy ceñidos a la evaluación tradicional, en donde se enfocan a enseñar unos contenidos que luego evaluarán con un examen y que involucra aprender de memoria ecuaciones, procedimientos y definiciones que se ven en clase; además proponen un aprendizaje por repetición de los problemas planteados en clase, confiando que con esta metodología se está evaluando el aprendizaje del estudiante (Bain, 2007).

Por otra parte, como lo muestran algunas pruebas (Bain, 2007), por lo general el estudiante se enfoca en identificar (y casi se puede decir que adivinar) lo que aparecerá en la evaluación, utilizando toda su capacidad para memorizar lo que ha visto en clase sin preocuparse por comprenderlo y ocultando al máximo posible sus dudas y falencias, lo cual se debe en gran medida a la forma tradicional de evaluación. En su investigación, Bain (2007) también menciona que lo que se aprendió de memoria se olvida con facilidad debido a que no se consolidó un aprendizaje significativo, además indica que un estudiante que gana una materia no implica que tenga una adecuada aprehensión de los conceptos estudiados.

Por lo anterior, es necesario hacer modificaciones en la metodología de la evaluación (y por tanto de enseñanza), de tal forma que el estudiante no se preocupe por tratar de adivinar lo que va a salir en la examen o prueba, sino que se preocupe por entender los modelos que intentan explicar cómo funciona el mundo, las expresiones matemáticas para modelarlo y cómo esto se relaciona con fenómenos de la vida cotidiana, para ello es conveniente incentivar el estudio de las ciencias mediante el uso de diferentes herramientas y situaciones experimentales que promuevan un ambiente científico, de exploración, participación y en especial que promueva la construcción de los conceptos estudiados.

Teniendo en cuenta el panorama anterior, cuando estuvimos (los tres autores de este trabajo) matriculados en el curso de Física Fundamental II, en el periodo académico Febrero-

Junio de 2012, dictado por el Profesor Carlos Julio Uribe Gartner, nos encontramos con una metodología de evaluación un tanto distinta a la tradicional, pues aunque se utilizaron los parciales como parte de la evaluación, también se incluyó un proyecto de investigación con temática libre (enmarcadas en la física) y que contaba también como parte de la evaluación del curso. La escogencia de este proyecto era libre para los estudiantes que decidieran hacerlo, también contábamos con casi toda la duración de semestre para llevarlo a cabo, además del apoyo que brindó el profesor, con el objetivo de que al final del semestre se presentaran los resultados del proyecto.

El proyecto realizado en el curso de física mencionado sirvió para elaborar nuestro trabajo de grado, pues nos parecieron importantes los resultados obtenidos. En este sentido, este trabajo intenta mejorar y adaptar la propuesta que se abordó en el curso de Física Fundamental II, para ello en esta sección se presenta una breve descripción de cómo surgió la propuesta y el uso del dispositivo diseñado. En una sección del marco teórico, se presenta la importancia de sistematizar la experiencia y cómo puede contribuir en la formación de los docentes. Finalmente en la sección de análisis de resultados se presentan en primer lugar los resultados obtenidos en el proyecto realizado en el curso de Física Fundamental II, vista en el periodo Febrero-Junio de 2012, en segundo lugar, la forma cómo se utilizaron estos resultados para el diseño de nuestro trabajo de grado y finalmente, una breve comparación de los avances logrados en este último.

Antes de iniciar el proyecto realizado en el 2012, la pregunta de partida fue: ¿qué vamos a hacer?, a raíz de esto surgieron varias ideas que se empezaron a analizar para determinar la que parecía más interesante. Todas estas ideas surgieron con base en un dispositivo que fue diseñado para disparar objetos mediante chorros de aire. Cabe aclarar que este dispositivo fue diseñado por uno de los hermanos de uno de los integrantes del grupo (quien es un estudiante que en ese entonces se encontraba en octavo grado de la educación secundaria). Se describirá a continuación cómo surgió la idea de dicho dispositivo (de acuerdo a una entrevista informal realizada a su diseñador), las partes que lo conforman y cómo funciona.

4.1. DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO

Como se indicó antes, el dispositivo fue diseñado por un estudiante de octavo grado, lo cual llama la atención sobre el objetivo que tenía en mente dicho estudiante al momento de diseñarlo y cómo le surgió la idea, por ello uno de los integrantes del grupo lo entrevistó al respecto y en donde identifiqué que la idea le surgió luego de ver el funcionamiento de las cerbatanas (instrumentos empleados generalmente por las tribus indígenas para lanzar flechas), y también de la necesidad de lanzar objetos lo más lejos posible.

Como lo indicó el estudiante, en un principio lanzaba los objetos mediante un tubo, expulsándolos con el aire que almacenaba en sus pulmones, sin embargo, su hermano mayor lo hacía de la misma forma y obtenía un alcance mayor, así que, impulsado por el instinto de competencia, decidió idear una forma que le permitiera obtener un mayor alcance, de ahí fue que decidió independizar el lanzamiento de un objeto del impulso que le pudiera proporcionar el aire almacenado en sus pulmones, y se dio a la tarea de establecer un sistema de almacenamiento de aire que luego pudiera ser liberado.

Basándose en el funcionamiento de las pistolas de paintball, decidió conectar una botella con un sistema que permitiera la entrada de aire y otro que lo dejara salir a través de un cañón, de esta forma ingresando aire con una bomba de inflar neumáticos de bicicletas pudo almacenar aire en la botella, con la suficiente presión, de tal forma que obtuvo alcances (del objeto lanzado) superiores a las que obtenía su hermano mediante el aire almacenado en sus pulmones. El diseño del dispositivo que obtuvo al final, y que se utilizará en este proyecto es el siguiente:

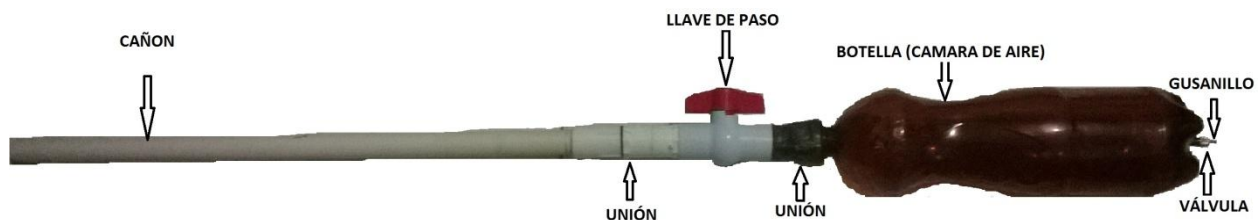


Figura 1. Dispositivo lanza-dardos

Para diseñar este dispositivo utilizó una botella plástica de aproximadamente 1500 cm^3 de volumen, un tubo de pvc de 1/2 pulgada de diámetro, una llave de paso que conecta la boca de la botella con el tubo mediante dos uniones, pegamento de pvc, empaques y una válvula de neumático de bicicleta con su gusanillo (la cual se incrustó en la base de la botella).

Como se puede apreciar su diseño es simple, al igual que su funcionamiento, pues basta con cerrar la llave de paso, ingresar aire por el gusanillo a la botella mediante una bomba de inflar neumáticos de bicicleta (o cualquier otra herramienta utilizada para inflar neumáticos), conectar el cañón al otro extremo de la botella con el objeto a lanzar en su interior (puede ser un dardo, por ejemplo el que se muestra en la figura 2.), y luego de apuntar a un blanco o colocar el dispositivo en determinada ubicación (como por ejemplo la base que se muestra en la figura 3), abrir la llave de paso que permite salir el aire de la botella y lanza el dardo fuera del cañón hasta cierta distancia.

Para diseñar el dardo que se lanza con el dispositivo de la figura 1, se utilizó una hoja de block, la cual se enrosca en forma de cono, una puntilla de 2 pulgadas de largo, que se incrusta en la punta del cono y aproximadamente 10 cm de alambre galvanizado, con el cual se ajusta la puntilla con la hoja de block. El dardo se diseñó de esta forma pues tiene un mejor desplazamiento aerodinámico y, gracias a la puntilla que se coloca en la punta, se logra que el dardo quede clavado en el suelo una vez ha caído. Se aconseja pintar el dardo de color rojo, con el fin de ubicarlo fácilmente una vez sea lanzado. En la siguiente figura se muestra el dardo que se utilizó en la actividad:

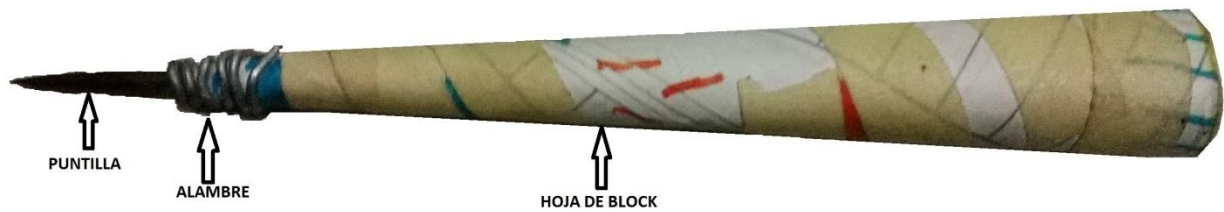


Figura 2. Dardo

La base del dispositivo lanza-dardos también fue diseñada con tubos de PVC de 1/2 pulgada de diámetro, los cuales forman un rectángulo de 75x40 centímetros aproximadamente, que reposa en otro par de tubos en paralelo que se anclan al suelo, para brindar mayor estabilidad a la hora de realizar los disparos. La altura de la base es tal, que hace que la línea del dispositivo forme un ángulo muy cercano a los 45° , con respecto a la superficie del suelo, para lograr con ello el máximo alcance horizontal del dardo. En la figura 3 se muestra la base junto con el dispositivo, ubicado en la posición de lanzamiento.



Figura 3. Base del dispositivo

4.2. CÓMO SURGE LA PROPUESTA

Con el anterior dispositivo empezó la lluvia de ideas respecto a lo que se trabajaría con él, donde primero se decidió trabajar el movimiento parabólico, lanzando dardos a medida que se variaba el número de inyecciones de aire. Luego se propuso estudiar el principio de Bernoulli al lanzar chorros de aire entre dos esferas de icopor suspendidas por un hilo, tal como se muestra en la figura 4.

Se desistió en ambas ideas puesto que se buscaba una actividad que fuera más enriquecedora, que permitiera experimentar, la cual relacionara varios conceptos físicos y que al ser llevada al aula de clase resultara motivante para los estudiantes, por ello también se probó lanzando dardos para



Figura 4. Esferas de icopor

diferentes diámetros del cañón del dispositivo, pero se descartó esta posibilidad puesto que eran evidentes las diferencias de alcance obtenido por el dardo al variar los diámetros (conservando la misma cantidad de inyecciones de aire).

Finalmente la idea que se decidió trabajar en proyecto que realizamos en el curso de Física Fundamental II, durante el periodo febrero-junio de 2012, consistió en estudiar el movimiento parabólico para determinar la velocidad inicial con la que salía el dardo, y se estudió la dependencia de la velocidad inicial según el número de inyecciones de aire, para ello se tenían en cuenta los alcances horizontales máximos obtenidos y los tiempos de vuelo del dardo lanzado. Durante el proceso de inyectar aire en el dispositivo nos dimos cuenta que éste aumentaba su temperatura y al expulsar el dardo, la botella del dispositivo disminuía su temperatura.

De estas observaciones surgió la duda del porqué se daba este fenómeno y nos llamó la atención explicar dicho comportamiento, además esta indagación se constituyó en un problema, en el cual se quería encontrar explicaciones al comportamiento del fenómeno observado, y que en ultimas fue lo que permitió comprender su funcionamiento y al mismo tiempo articular varios de los conceptos que se habían trabajado en clase.

En un principio de la actividad, el interés giraba en torno al problema de encontrar la velocidad inicial aproximada de dardo lanzado con el dispositivo, lo cual se logró realizando ciertas experimentaciones y empleando las ecuaciones establecidas teóricamente para modelar el movimiento parabólico, luego el problema se dirigió a comprender las diferencias de temperatura que experimentaba el dispositivo, según las diferentes cantidades de aire en la botella, para lo cual se utilizó el modelo teórico que explica la expansión adiabática de un gas.

Finalmente analizando los resultados obtenidos se identificó cierta relación que también nos podía dar cuenta de la velocidad inicial de salida del dardo, lo cual estaba ligado con el trabajo realizado al comprimir el aire dentro de la botella y de esta forma se podía explicar las diferencias de temperatura y el lanzamiento del dardo, es decir a medida que se inyecta mayor cantidad de aire en la botella se requiere más trabajo y por tanto hay un incremento en la energía interna almacenada, que luego al liberar el aire se trasfiere al dardo lo que le permite obtener cada vez mayor alcance.

Con esta experiencia se logró relacionar conceptos de cinemática (movimiento parabólico) con conceptos de termodinámica (expansión adiabática de un gas ideal), tal como se presenta con más detalle en la sección del marco conceptual en física, mostrando así que el principio de conservación de la energía es un concepto articulador de muchos fenómenos físicos. De esta experiencia también se observa que la experimentación es un fuerte motivante en los estudiantes, que les permite aproximarse a un cocimiento científico si se les brinda una

adecuada orientación y gracias a ello, cuando estuvimos matriculados en el curso de Física Fundamental II (periodo febrero-junio de 2012), logramos (como estudiantes) superar esa tendencia de los cursos de física en la universidad, donde generalmente los contenidos se ven aislados entre si y descontextualizados de situaciones reales, pues lo que se busca es que la actividad del aula sea más significativa.

De esta experiencia también nos encontramos con una actividad gratificante, que nos permite explorar libremente algunos conceptos estudiados en clase, profundizar en ellos, al mismo tiempo que se constituía en una forma de evaluación del curso de Física Fundamental II. Es por ello que estamos agradecidos al profesor Carlos Uribe, pues su metodología de evaluación propicia un ambiente de trabajo diferente al convencional, en donde el estudiante se interesa por su propio aprendizaje, con la posibilidad de profundizar en tópicos de su interés sin estar ligados a ciertas exigencias de evaluación tradicional, pero siempre con la guía u orientación brindada por el profesor.

Además con esta metodología se propicia un ambiente de investigación, en donde el estudiante asume el rol de un científico, por cuanto lleva a cabo experimentos de los cuales no sabe exactamente a qué resultados va a llegar, pero que le permiten contrastar y poner a prueba ciertos resultados teóricos. De esta forma se aproxima a la manera de proceder científicamente, lo que le permite dar significado a los conceptos estudiados en clase y desarrollar su capacidad de razonar sobre ellos, permitiendo que sea más competente personal como cognitivamente.

5. OBJETIVOS

A través del diseño y desarrollo en el aula de las actividades propuestas se pretende:

5.1. GENERAL

- Favorecer el desarrollo de algunos conceptos físicos en los estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas y Física que cursan Física Fundamental II, a partir de la relación entre los modelos físicos idealizados⁴, la experimentación y los conocimientos previos del estudiante, para promover el desarrollo de competencias científicas.

⁴ Por modelo físico idealizado se entiende aquella representación que intenta explicar un fenómeno real, simplificando muchas de las variables que lo afectan, y por lo tanto obteniendo una aproximación de su comportamiento real.

5.2. ESPECÍFICOS

- Sistematizar una experiencia de trabajo en el aula, para identificar aspectos valiosos que pueden contribuir en el diseño de una actividad de aula, basada en la experimentación.
- Recrear un ambiente científico, exploratorio y de aprendizaje, que fomente el desarrollo de competencias científicas en el estudiante, le faciliten la interpretación y el análisis de diferentes conceptos físicos (velocidad, presión, temperatura, trabajo, energía, etc.) a través de una experimentación propuesta.
- Establecer situaciones experimentales, mediante las cuales el estudiante pueda identificar cómo la variación de la cantidad de gas dentro de la botella genera cambios de temperatura, cuando hay una expansión adiabática, modificando la velocidad inicial y el alcance horizontal de un objeto en movimiento parabólico.
- Identificar el principio de conservación de la energía a través del trabajo realizado por un gas en expansión adiabática.

CAPÍTULO 2

6. MARCO CONCEPTUAL

Este trabajo está basado en la teoría del conocimiento constructivista⁵, apoyado en la resolución de problemas y la experimentación, la cual busca que los estudiantes lleguen a un aprendizaje significativo. Para ello, se tienen en cuenta sus conocimientos previos y se les brinda una ayuda con ciertas herramientas de apoyo (por ejemplo ver dispositivo de la figura 1) para guiar su aprendizaje. En primer lugar, se indican algunas ideas que destacan la importancia de formar en ciencias, luego se plantea el reto de fortalecer el desarrollo de competencias, principalmente utilizando la resolución de problemas (de carácter experimental). Luego, se presenta de manera breve porqué es importante sistematizar una experiencia y finalmente, se presenta el marco teórico en física, en donde se explican los principales conceptos que se trabajan en este proyecto.

Por lo anterior, este proyecto se apoya en una postura constructivista, en la que la atención se presta sobre el estudiante, desarrollando actividades que le permitan responsabilizarse de su aprendizaje y que lo estimulen a construir su conocimiento. De acuerdo con Martínez, et al. (2005), sus principales características, son:

1. Lo que hay en el cerebro del que va a aprender tiene importancia.
2. Encontrar sentido supone establecer relaciones.
3. Quien aprende construye activamente significados.
4. Los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje. (p.31)

6.1. EL RETO DE FORMAR UN CIUDADANO CRÍTICO Y CON CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE LAS CIENCIAS

Para iniciar, se debe tener en cuenta que en un mundo sujetos a tantos cambios es indispensable contar con las herramientas y los conocimientos adecuados con que enfrentarlos, y para nadie es un secreto que el conocimiento de la ciencia ha contribuido a grandes desarrollos tecnológicos y científicos que han ayudado a mejorar la calidad de vida de los seres humanos, aunque también es lamentable reconocer que de su uso inadecuado se han

⁵ La postura constructivista plantea que "cada alumno estructura su conocimiento del mundo a través de un patrón único, conectando cada nuevo hecho, experiencia o entendimiento en una estructura que crece de manera subjetiva y que lleva al aprendiz a establecer relaciones racionales y significativas con el mundo" (Abbott 1999).

presentado perjuicios hacia el planeta y los seres que lo habitan, lo cual nos hace reflexionar sobre nuestra responsabilidad como una de las especies que más influye sobre tales cambios, y sobre el tipo de calidad de vida que queremos tener y que esperamos que tengan las generaciones futuras.

Por lo anterior se hace necesario dotar a todas las personas de unas “formas” básicas de comprender el mundo y que les permitan razonar y actuar de manera consciente y crítica frente a la realidad que tenemos y la que queremos, además se debe tener presente que estas “formas” de comprender el mundo no son únicas, ni verdades absolutas, sino que como producto de la creación humana se encuentran sometidas a falencias o limitaciones, y esto bien lo señala el MEN (2006b) cuando dice:

... la verdad no está dada, que está en permanente construcción y resignificación: los paradigmas, las teorías y los métodos de comprensión de la realidad (natural o social) son aproximaciones que corresponden a determinados momentos histórico-culturales que se transforman con el desarrollo mismo de las sociedades. (p.97)

Por lo anterior se planteó este proyecto, diseñado para estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas y Física que cursan Física Fundamental II, con la que se pretende desarrollar una serie de actividades en las cuales el estudiante sea consciente que el conocimiento que el profesor presenta en el aula de clase no es una verdad absoluta y ya finalizada, sino que como producto de la construcción humana se encuentra en constante evolución y sólo constituye una forma de entender el mundo. También se utilizan algunas actividades exploratorias mediante las cuales se quiere contribuir al fortalecimiento de un conocimiento significativo, flexible y útil.

De acuerdo a lo que se ha dicho hasta el momento, se hace necesario presentar unos conocimientos y formas de comprender el mundo que sean adecuadas a las necesidades actuales, y por ello es necesario rebasar una postura en la que se pretende enseñar unos contenidos de forma mecánica, hacia una en la cual el estudiante pueda comprender qué significa “hacer ciencia” y se comprometa en su formación, para ello se propone que:

Formar en Ciencias... significa contribuir a la consolidación de ciudadanos y ciudadanas capaces de asombrarse, observar y analizar lo que acontece a su alrededor y en su propio ser; formularse preguntas, buscar explicaciones y recoger información; detenerse en sus hallazgos, analizarlos, establecer relaciones, hacerse nuevas preguntas y aventurar nuevas comprensiones; compartir y debatir con otros sus inquietudes, sus maneras de proceder, sus nuevas visiones del mundo; buscar soluciones a problemas determinados y hacer uso ético de los conocimientos científicos... (MEN, 2006b, p.96).

Con esta propuesta se espera entonces dar una alternativa para trabajar de manera diferente a la enseñanza tradicional en la cual se presenta una serie de conocimientos ya consolidados, en la que el estudiante se da cuenta que para pasar el curso es suficiente aprenderse de memoria unas cuantas fórmulas y definiciones, sin preocuparse por entender lo que ellas significan, generando una mecanización de procesos que al poco tiempo son olvidados, tal como lo señala (Martínez et al., 2005). Lo que se busca es que el estudiante pueda interaccionar con los demás compañeros del curso, dado que el aprendizaje “necesita de la participación activa de las y los estudiantes en la construcción de sus conocimientos, no siendo suficiente la simple reconstrucción personal de conocimientos previamente elaborados por otros y proporcionados por el maestro o el libro de texto” (MEN, 2006b, p.111).

Así mismo se espera que mediante la ejecución de unas situaciones experimentales, el estudiante pueda acercarse a la manera de proceder científicamente, pues de acuerdo a Hodson (1992) (citado por Martínez et al., 2005) “los estudiantes desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más sobre la naturaleza de las ciencias cuando participan en investigaciones científicas, con suficientes oportunidades y apoyo para la reflexión” (p.41), y para ello la experimentación toma un papel principal en la actividad del estudiante, pues le permite sacar sus propias conclusiones, establecer conjeturas, someterlas a juicio e ir construyendo un conocimiento más sólido.

Además es importante que los estudiantes se interesen por una situación problemática, que establezcan hipótesis y las sometan a prueba para verificar su validez, que estén dispuestos a defender sus ideas o acceder a las de sus compañeros según sean más adecuadas. Por su parte el docente estará guiando la actividad, acercando las ideas de los estudiantes a un conocimiento aceptado científicamente. Así mismo se quiere que los estudiantes construyan su propio conocimiento, pero que éste se aproxime al conocimiento aceptado científicamente, a partir de reconocer que constituye una forma adecuada de comprender el mundo, aunque no sea la única. Lo anterior además se apoya en la siguiente sugerencia:

...el estudio de las ciencias debe dejar de ser el espacio en el que se acumulan datos en forma mecánica, para abrirse a la posibilidad de engancharse en un diálogo que permita la construcción de nuevos significados. Por esta razón es importante invitar a los y las estudiantes a realizar análisis críticos del contexto en el que se realizan las investigaciones, así como de sus procedimientos y resultados. (MEN, 2006b, p.98)

6.2. FORTALECER LAS COMPETENCIAS EN CIENCIAS: UN RETO PARA LOS DOCENTES

Al ser esta una propuesta para estudiantes del curso de Física Fundamental II, se encuentra enmarcada en un currículo fijado para la Licenciatura en Matemáticas y Física, y se ampara en la noción de competencia planteada en el texto de Martínez et al. (2005), complementada por la utilizada en los Estándares Básicos de Competencias (2006), los Lineamientos Curriculares (1998) propuestos por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia y la propuesta de lineamientos para la formación por competencias en educación superior (2010).

Se busca fomentar el desarrollo de competencias de acuerdo a la noción manejada por María Cristina Torrado (citado por Martínez, et al. 2005), en la cual se considera que más que un saber hacer “es un hacer sabiendo soportado en múltiples conocimientos que vamos adquiriendo en el transcurso de la vida; es la utilización flexible e inteligente de los conocimientos que poseemos lo que nos hace competentes frente a tareas específicas” (p.13). Además el MEN (2010) en sus propuestas de competencias para la educación superior propone que:

El desarrollo de la vida académica y profesional implica que el conocimiento construido durante la formación en la educación superior se convierta en algo progresivamente autónomo y flexible; es decir, que la persona pueda aprender por su cuenta y adaptar lo aprendido a las situaciones cambiantes de la vida contemporánea. (P. 18)

En nuestro caso para incentivar el desarrollo de competencias en el estudiante, se le pide que utilice instrumentos de medición, interpretar adecuadamente las medidas tomadas, que pueda dar explicaciones, tomar registros de los datos medidos, sacar conclusiones y reflexionar sobre ciertos fenómenos que observa en su experimentación, para ello se debe hacer-diseñar experiencias y no experimentos, de tal manera que no se obtenga un resultado ya predestinado, es decir que no se trate de seguir una serie de pasos con los cuales el estudiante sepa de ante mano los resultados teóricos que debe presentar al profesor, dado que se pierde en cierta forma el interés y la motivación por comprender el fenómeno (entendido este como algo que sucede), puesto que lo que se pretende es construir un concepto, a partir de sus propias observaciones con el fin de encontrar regularidades (Perea, A. 2013), además de acuerdo a Martínez, et al. (2005):

... solamente si son puestos, de modo reiterado en situación de poner en práctica formas de razonamiento, de producción de conocimientos, típicas de la nueva metodología (es decir, en situación de construir hipótesis, de diseñar experimentos, realizarlos y analizar cuidadosamente los resultados, con una atención particular a la coherencia global, etc.) será posible que superen la metodología del sentido común, y, por tanto, que perciban las concepciones científicas como más útiles y fructíferas que las cotidianas. (p.38)

Para este fin, se decidió que en las actividades se realizaría una prueba piloto antes de una prueba exploratoria, con el fin de identificar posibles ambigüedades en las respuestas de los estudiantes, y procurando que fueran más rigurosas, es decir que sus explicaciones no se

basarán solo en su sentido común, sino que indagaran más a fondo en los pequeños detalles del fenómeno estudiado, para descubrir explicaciones que a simple vista no son visibles, pero que con modelos mentales⁶ se pueden comprender.

Complementando la noción de competencia anterior, en los Estándares se propone incentivar el desarrollo de competencias en los estudiantes, en donde éste concepto se entiende como:

...un saber hacer flexible que puede actualizarse en distintos contextos, es decir, como la capacidad de usar los conocimientos en situaciones distintas de aquellas en las que se aprendieron. Implica la comprensión del sentido de cada actividad y sus implicaciones éticas, sociales, económicas y políticas. Se espera que sean transferidas a distintos ámbitos de la vida académica, social o laboral. (MEN, 2006, p.12)

En correspondencia con la noción de competencia anterior, nuestras expectativas con esta propuesta se enfocan en diseñar un ambiente de aprendizaje en el cual el estudiante pueda interactuar con unos instrumentos, el medio que lo rodea y con sus compañeros, a partir del desarrollo de unas actividades experimentales y reflexivas. Se espera que el estudiante utilice su conocimiento intuitivo, para aproximarse a un conocimiento científico, pues se busca que su conocimiento intuitivo sea riguroso y esté “enmarcado dentro de un cuerpo de conocimientos y maneras de proceder en cuya validez hay consenso en un momento dado” (MEN, 2006b, p. 103).

El conocimiento que el estudiante construye a partir del desarrollo de la actividad se convierte en un saber útil para comprender ciertos fenómenos del mundo (el movimiento de objetos, la interacción entre un objeto y su entorno, la transferencia de energía de un cuerpo a otro, etc.), que puede trasponer a otras situaciones de su vida, es decir se espera que construya un conocimiento “eficaz⁷” que pueda usar en otros contextos, para lo cual necesita conocer cuándo aplicarlos, cómo aplicarlos y porqué aplicarlos, para lo cual según el MEN (2010) se deben conjugar pensamiento, conocimiento y habilidades. Además, es importante aclarar que en este proyecto se trabaja principalmente el desarrollo de las competencias conceptuales, es decir se espera que el estudiante mejore su comprensión de ciertos conceptos físicos y esté en capacidad de utilizar situaciones experimentales para analizar un fenómeno, extraer información de él y en definitiva que obtenga un aprendizaje significativo.

6 Johnson-Laird (1983) define modelos mentales como análogos estructurales de estados de cosas del mundo. Estos modelos sirven como instrumentos de comprensión e inferencia. Cuando un individuo se enfrenta a una situación nueva, construye un modelo mental para entenderla, describirla y tratar de prever lo que va a suceder. Puede que el modelo funcione o no, puede ser vago, confuso, incompleto, pero puede ser funcional para el individuo quien, además, puede ser modificado hasta que le sea completamente funcional.

7 Se entiende “eficaz” en un sentido amplio. Más adecuado, práctico, eficiente, útil, comprensible y significativo en comparación con otros tipos de conocimiento de acuerdo al contexto social.

Otro aspecto que se debe señalar de los Estándares y con base a resultados obtenidos en la pedagogía, por ejemplo la tesis de Viennot (1976), es la importancia de tener en cuenta los conocimientos previos del estudiante, para que éste se pueda apropiarse de un nuevo conocimiento, pues lo que menos se espera es someterlo a la imposición de ciertos conocimientos que pueden ir en contra de lo que sabe (y que podrían generar su rechazo), “La idea es enfrentar a los estudiantes a situaciones en las que el conocimiento previo o ingenuo no les sea útil, es decir, que no les provea explicaciones; así entonces, surgen nuevas preguntas que conducen a construcciones conceptuales más complejas” (MEN, 2006b, p.109).

En esta propuesta se presentan una serie de actividades, en las que el estudiante pueda manifestar sus ideas previas (ver la actividad exploratoria que se presenta más adelante), darse cuenta que estas ideas no le permiten comprender toda la complejidad de la realidad estudiada⁸, y luego las someta a prueba con las observaciones de la práctica experimental, en donde pueda encontrar patrones que le permitan dar explicaciones sobre el comportamiento de un fenómeno (en este caso se refiere al movimiento parabólico debido a transferencias de energía), y que le posibiliten argumentar sobre un comportamiento en general que se presenta en la naturaleza, y posibles razones del porqué se da tal comportamiento, siempre buscando que “el aprendizaje resulte significativo⁹, es decir, que los nuevos conocimientos adquiridos por un individuo se vinculen a lo conocido y transformen de una manera clara y estable los conocimientos previos” (MEN, 2006b, p.109). Lo anterior se apoya en las siguientes sugerencias dadas por el MEN (2006b):

No se trata de transmitir una ciencia “verdadera” y absoluta, sino asumirla como una práctica humana, fruto del esfuerzo innovador de las personas y sus colectividades...

No es gratuito que hoy en pedagogía se insista permanentemente en partir de los conocimientos previos que tienen los y las estudiantes para generar procesos de aprendizaje con sentido y significado...

Proporcionar en las clases de ciencias... el espacio para que los estudiantes tengan la oportunidad de poner a prueba sus construcciones de significado es vital. A partir de allí lograrán refinarlas, transformarlas o reemplazarlas para entender el mundo que los rodea con una mayor profundidad...

Se trata, entonces, de “desmitificar” las ciencias y llevarlas al lugar donde tienen su verdadero significado, llevarlas a la vida diaria, a explicar el mundo en el que vivimos. (P. 99-106)

De acuerdo a lo anterior, se encuentra que es deseable que se brinde la oportunidad a los estudiantes de participar en la construcción de su conocimiento, y por ello en la actividad experimental que se presenta en esta propuesta, se les brinda unas sugerencias para que puedan trabajar con un dispositivo y se les formulan unas preguntas que guíen su exploración y

8 Se refiere a la observación del fenómeno, su especulación, la ejecución de experimentos y planteamiento de modelos que permitan acercarse al conocimiento científico que se encuentra inmerso en la experimentación.

9 Citando a Mestre J. P. (2001) quien plantea que “Cuando se logra aplicar un conocimiento aprendido en un contexto a otro contexto diferente, podemos decir que el aprendizaje fue significativo” (MEN, 2006b, p. 109).

les permitan dar explicaciones a los comportamientos del fenómeno estudiado, y finalmente que puedan construir modelos mentales que amplíen su conocimiento, aproximándose así a la forma de trabajar de los científicos, y por lo tanto sus conocimientos deberían acercarse, con la ayuda apropiada, a los establecidos científicamente. También es buena idea establecer la experimentación a partir de la resolución de problemas (que ojalá sean interesantes para el estudiante), como se explica más adelante.

6.3. FORTALECER EL PENSAMIENTO CIENTÍFICO

Puesto que fortalecer el pensamiento científico en los estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas y Física es uno de los objetivos fuertes de este proyecto, se explica en este apartado a qué tipo de pensamiento científico se alude y cómo se pretende fortalecerlo, para ello utilizaremos como referentes algunas ideas planteadas por Bain (2007), el MEN, Martínez, et al. (2005) y Hodson (1992).

Antes de iniciar cualquier actividad, se debe tener en cuenta que cada estudiante tiene un conocimiento que ha construido y modificado a lo largo de su vida, y por lo general se apoya en él para intentar “comprender el mundo”, así que es difícil pretender que asuman un nuevo conocimiento y olviden automáticamente el que ellos tenían, pues se requiere cierto tiempo y el planteamiento de algunas actividades para que el estudiante identifique la eficacia del nuevo conocimiento respecto al que él tiene. Se busca entonces que poco a poco empiece a modificar su conocimiento, que las “ideas científicas pasen a formar parte de la manera de pensar” (Martínez et al., 2005, p. 35) y pueda apropiarse de unas formas de razonar, es decir que se empiece a apropiarse de la forma de pensar científicamente, a entender cómo se “hace ciencia”.

Se plantea entonces que una forma de fortalecer el desarrollo de pensamiento científico se basa en modificar la forma de evaluación tradicional, pues de acuerdo con Bain (2007), con la metodología de evaluación tradicional se propicia un aprendizaje por repetición, en la que el estudiante se enfoca más en aprenderse unas formulas y cómo aplicarlas, en lugar de identificar las características cualitativas de un fenómeno y cómo se relaciona con otros fenómenos, con lo cual presta mayor atención en identificar lo que posiblemente aparecerá en la evaluación en lugar de entender los modelos utilizados para comprender un fenómeno (o incluso establecer modelos propios de acuerdo a sus observaciones obtenidas de la experimentación).

Por lo tanto es conveniente modificar la actividad del aula, incentivando un ambiente de exploración, de investigación, en el cual mediante el uso de algunas herramientas y la participación colectiva se incentive el trabajo a partir de situaciones problema, con el fin de promover la construcción de nuevos saberes (o la modificación de los saberes previos del estudiante a uno más próximo al saber científico).

Se busca entonces que el estudiante se interese por su propio aprendizaje, que parta de situaciones experimentales en las cuales no necesariamente conoce los resultados a los que

pueda llegar, pero que cuente con la guía del profesor en su actividad “investigativa”, con lo cual busca explicaciones, analiza sus resultados y le da significado a los conceptos estudiados en clase, identifica sus características, aprende a trabajar con ellos, en definitiva se aproxima a un conocimiento científico, a partir de reconocer que este constituye una buena forma de comprender el mundo.

Por lo anterior fue que se decidió realizar tres actividades (prueba piloto, prueba exploratoria y actividad experimental), que más adelante se describen, pero que en definitiva fueron diseñadas para que el estudiante manifieste su conocimiento intuitivo y su saber (prueba piloto y prueba exploratoria), y mediante la experimentación con un dispositivo pueda tomar datos (actividad experimental), observar ciertas características y plantear posibles explicaciones del fenómeno estudiado, ampliando así el conocimiento del mismo.

6.4. INCENTIVAR EL APRENDIZAJE MEDIANTE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y LA EXPERIMENTACIÓN

Es importante considerar que las situaciones de aprendizaje propuestas en el aula sean de interés para los estudiantes, para lo cual se requiere que estén bien contextualizadas de acuerdo a su realidad, en la medida de lo posible buscando relacionarlas con situaciones cotidianas, de tal suerte que el estudiante se involucre responsablemente (con su formación cognitiva) con las actividades y procure resolverlas.

Así mismo retomando a Martínez, et al. (2005) se encuentra que:

Con la actividad de resolución de problemas, lo que se quiere entonces es incorporar los conceptos de las diferentes disciplinas al pensamiento del estudiante, lograr que haya una verdadera apropiación de ellos, que se construyan relaciones significativas, que se reconozcan los procedimientos asociados, superando esa tendencia a la mediocridad en la que sólo hay que retener algunas cosas para aprobar un examen y olvidar después. (P. 10)

De acuerdo a lo anterior, se evidencia la importancia de superar esa tendencia en la cual el estudiante se da cuenta que basta con memorizar ciertas formulas, procedimientos y definiciones que aparecerán en la evaluación para “pasar la materia”, y por lo tanto se despreocupa por comprender lo que tales formulas y definiciones significan, qué fenómenos explican, es decir se debe rebasar la técnica que Bain (2007) llama “enchufar y que funcione” y pasar a un aprendizaje significativo, en el que el estudiante se preocupe por su propio aprendizaje y logre modificar su conocimiento, con su ritmo de aprendizaje, evitando imponer un conocimiento y buscando en lugar de ello estimular su construcción como señala Bain (2007).

Para llevar a cabo dichas situaciones de aprendizaje, se tiene en cuenta que la actividad a partir de “una situación problema permiten desarrollar una actitud mental perseverante e

inquisitiva, desplegar una serie de estrategias para resolverlos, encontrar resultados, verificar e interpretar lo razonable de ellos, modificar condiciones y originar otros problemas” (MEN 2006a, p. 52); y “la modelación puede hacerse de formas diferentes, que simplifican la situación y seleccionan una manera de representarla mentalmente, gestualmente, gráficamente o por medio de símbolos aritméticos o algebraicos, para poder formular y resolver los problemas relacionados con ella” (MEN 2006a, p. 53). Gracias a estas sugerencias se decidió eliminar al máximo posible las ambigüedades en las actividades planteadas, y establecer ciertos límites que se deben tener en cuenta, esto con el fin de que los estudiantes profundicen en sus explicaciones e intentando que lleguen a los resultados esperados.

En los Estándares se habla de una noción amplia de competencia, la cual se entiende como “conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes, comprensiones y disposiciones cognitivas, socioafectivas y psicomotoras apropiadamente relacionadas entre sí para facilitar el desempeño flexible, eficaz y con sentido de una actividad en contextos relativamente nuevos y retadores” (MEN 2006a, p.49). Además, señalan que para desarrollar estas competencias se necesita establecer ambientes de aprendizaje en torno a problemas significativos y comprensivos¹⁰ que permitan avanzar a niveles de competencia más complejos. Para desarrollar esta noción de competencia, los estándares señalan varios “requerimientos”, y por ello a continuación se muestran literalmente:

...Requiere analizar la situación; identificar lo relevante en ella; establecer relaciones entre sus componentes y con situaciones semejantes; formarse modelos mentales de ella y representarlos externamente en distintos registros; formular distintos problemas, posibles preguntas y posibles respuestas que surjan a partir de ella. Este proceso general requiere del uso flexible de conceptos, procedimientos y diversos lenguajes para expresar las ideas pertinentes y para formular, reformular, tratar y resolver los problemas asociados a dicha situación. Estas actividades también integran el razonamiento, en tanto exigen formular argumentos que justifiquen los análisis y procedimientos realizados....

Como se puede observar, ser competente involucra realizar muchas actividades y desarrollar varias “destrezas”, por ello es una responsabilidad grande la que tiene el docente a cargo, mediante el diseño de actividades de aprendizaje adecuadas para el nivel de desarrollo del estudiante y que lo lleven a niveles más cercanos de lo que significa ser competente. En este

¹⁰ “Las situaciones de aprendizaje significativo y comprensivo... son situaciones que superan el aprendizaje pasivo, gracias a que generan contextos accesibles a los intereses y a las capacidades intelectuales de los estudiantes y, por tanto, les permiten buscar y definir interpretaciones, modelos y problemas, formular estrategias de solución y usar productivamente materiales manipulativos, representativos y tecnológicos” (MEN, 2006a, p. 72).

sentido esta propuesta es una de aquellas actividades que pueden propiciar dicho desarrollo de competencias, aunque debe ser claro que no pretendemos ser tan ambiciosos como para desarrollar todas las “destrezas” antes señaladas, pues ello involucra mucho tiempo y múltiples actividades, pero se espera que esta propuesta contribuya al fortalecimiento de algunas “habilidades”.

Por lo anterior, y dado que la experimentación se convierte en un ambiente favorable para el trabajo en la resolución de problemas, se decidió diseñar una actividad experimental, en la que los estudiantes entren en contacto con unos instrumentos, puedan realizar lanzamientos del dardo, percibir aumentos de temperatura, tomar medidas, conjeturar lo que puede suceder de acuerdo a las variaciones de aire que se le inyectan a la botella del dispositivo, dar explicaciones a sus conjeturas, someterlas a prueba con la experimentación y modificar sus hipótesis de acuerdo a los resultados obtenidos, basándose principalmente en los resultados que obtiene durante la actividad y no en resultados presentados por otros. De esta forma la experimentación se convierte en un juez de la construcción de su conocimiento y el estudiante en un moderador de su aprendizaje.

6.5. SISTEMATIZAR LA EXPERIENCIA

Como indica el título de este trabajo, nuestra propuesta presenta el diseño de unas actividades con el fin de fortalecer el pensamiento científico de los estudiantes que cursan Física Fundamental II, en especial involucrando la expansión adiabática de un gas. Así mismo, se debe indicar que dicho diseño tiene sus orígenes en un proyecto que realizamos cuando estuvimos matriculados en el curso de Física Fundamental II, en el periodo febrero-junio de 2012, por lo cual hace parte de este trabajo sistematizar dicha experiencia con el fin de reflexionar, analizar la práctica realizada y en lo posible mejorarla, en donde los frutos de esa mejora son justamente las actividades que se presentan más adelante, y que se aplicaron en el periodo febrero-junio de 2014 con estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas y Física que se encontraban cursando Física Fundamental II.

Por lo anterior, se presentan entonces nuestros referentes en cuanto a la sistematización de experiencias con el fin de indicar el objetivo de sistematizar nuestra experiencia, es decir para qué decidimos sistematizar nuestra experiencia, qué esperamos encontrar, en qué nos puede contribuir en nuestra formación profesional, nos permitirá contribuir en la enseñanza de las ciencias, en fin, estos interrogantes se abordaran más adelante (después del marco teórico) con más detalle, pues en esta momento se presenta la postura de algunos autores (Lola Cendales y Alfonso Torres), sobre lo que entienden por sistematizar experiencias, como una alternativa

investigativa y formativa.

Cendales y Alfonso (1995) en su documento “La sistematización como experiencia investigativa y formativa” plantean que la sistematización es:

...una autorreflexión que hacen los sujetos que impulsan una experiencia de acción social o educativa, a partir del reconocimiento de los saberes que ya poseen sobre ella y de un esfuerzo colectivo e intencionado por reconstruirla, de comprender los contextos, factores y elementos que la configuran, para transformarla. (P. 11)

En este sentido, en primer lugar se comentó en la sección de antecedentes, las ideas que movilaron el proyecto que hicimos en el 2012, en el curso de Física Fundamental II, y la descripción del dispositivo que se utilizó, luego en el marco teórico en Física se presentan los principales conceptos involucrados, y las expresiones matemáticas que modelan el fenómeno estudiado, en donde se presentaran algunas comparaciones entre los resultados que obtuvimos en el 2012 cuando desarrollamos el proyecto y los que se obtuvieron en este trabajo.

Después, en la metodología se presentan las actividades diseñadas para fortalecer el pensamiento científico en los estudiantes (prueba piloto, prueba exploratoria y actividad experimental), y finalmente se presentan algunos resultados que se obtuvieron en el proyecto que se realizó en el 2012, las ideas que tomamos de ello para el diseño de las actividades aquí propuestas y los resultados de la aplicación de estas actividades con estudiantes que se encontraban cursando Física Fundamental II en el periodo febrero-junio de 2014.

Como se puede apreciar, se intenta hacer una autorreflexión de nuestra práctica y a la vez mejorarla, lo cual según Cendales y Torres (1995), “enriquece los modos de autocomprensión, de relación y entendimiento entre los participantes de una práctica compartida”, (p. 9). Además, “la experiencia misma de sistematizar es formativa porque incorpora o reactiva prácticas y habilidades investigativas como la lectura, la escritura, el análisis de información y la conceptualización”. (P. 10)

Como lo aclaran los autores, la sistematización “no es una evaluación, pues su intención no es valorar el cumplimiento de lo planeado ni su impacto, sino recuperar los saberes y significados de la experiencia para potenciarla”, (p. 11). En lugar de ello “la sistematización produce, principalmente, nuevas lecturas, nuevos sentidos sobre la práctica”, (p. 11). Así que se busca extraer la información, obtenida de la experiencia durante la ejecución del proyecto del 2012, aprovechar sus potencialidades para establecer nuevas actividades, esperando que estas sean más adecuadas, que propicien un aprendizaje significativo.

Con esta sistematización nos damos cuenta que es provechoso cambiar la metodología de

evaluación y de enseñanza en el aula de clase, pues esto genera cambios en el aprendizaje que tiene el estudiante, y en nuestra experiencia personal sí que los tuvo, pues nos permitió profundizar en algunas ideas que no se alcanzan a trabajar en el aula, nos involucró en una actividad de nuestro interés y nos da una nueva visión de lo que significa hacer ciencia, y esto es justamente lo que se pretende con esta propuesta, el diseño de unas actividades que resulten motivantes para el estudiante, que despierten su curiosidad y que le permita fortalecer sus capacidades cognitivas, en especial su pensamiento científico.

6.6. MARCO CONCEPTUAL EN FÍSICA

Para desarrollar nuestro marco teórico en física se tuvieron como referentes el libro “Física conceptual” de Paul Hewitt (2007) y el volumen 1 del libro “Física Universitaria” de Sears-Zemansky (2009). A continuación se presentan algunas de las ideas principales que se consideran en esta propuesta, las cuales en algunos casos fueron tomadas literalmente de los textos mencionados:

6.6.1. TIRO PARABÓLICO

Aunque el movimiento parabólico no es el eje central de nuestro trabajo, si se utilizará dicho movimiento para estudiar con algunos conceptos de termodinámica, así como los cambios en los alcances horizontales obtenidos al lanzar un dardo y su velocidad inicial, según el número de inyecciones de aire que se almacenan en la botella del dispositivo.

Lo primero será mostrar bajo algunos supuestos por qué el tiro es parabólico, a qué se debe ese comportamiento, para ello necesitamos saber cómo es la trayectoria de la partícula, representar una función en y que dependa de x y verificar en realidad, si en efecto es parabólico.

Para analizar este fenómeno, primero consideremos un cuerpo que cae libremente desde cierta altura, el movimiento de dicho cuerpo al caer, no es parabólico sino simplemente vertical descendente, entonces su velocidad parte de cero y su aceleración, que es la gravedad, hace que la velocidad empiece a cambiar en la dirección $-y$. Sin embargo, lo interesante es que sin la presencia del aire o de otra fuerza externa, el cuerpo no se mueve en la dirección x , es decir no hay un cambio en su

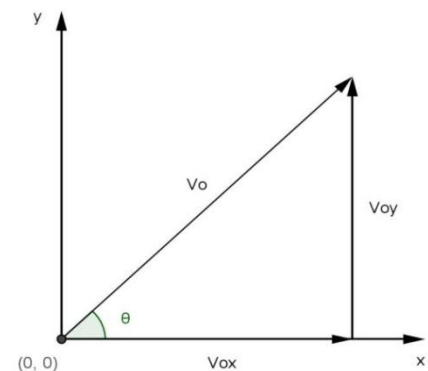


Figura 5. Velocidad Inicial

velocidad en esta dirección, sino que simplemente se observa un cambio en su velocidad en dirección $-y$.

Podemos decir entonces, que la aceleración de la partícula es $\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j}$ donde $a_x \vec{i} = 0$ ya que no se observa un cambio en la dirección x , lo cual implica un Movimiento Uniforme (MU) en esta dirección. De otro lado, $a_y = -g$ porque básicamente es como si fuera una caída libre, lo que implica un Movimiento Uniformemente Acelerado (MUA) en la dirección y .

Ahora consideremos la situación en la que la velocidad inicial, posee componente vertical y horizontal, en tal caso, el movimiento no será en caída libre, sino un movimiento curvilíneo, cuya trayectoria queremos determinar (en el modelo en que se supone que no hay resistencia del aire). La posición en cualquier instante de tiempo está dada respectivamente por $x = x_o + v_{ox}t$ y $y = y_o + v_{oy}t - \frac{1}{2}gt^2$. Si la posición inicial del lanzamiento es $x_o = 0$ y $y_o = 0$, obtenemos $x = v_{ox}t$ y $y = v_{oy}t - \frac{1}{2}gt^2$. De estas últimas expresiones encontramos que la rapidez en x y en y están dadas por: $v_x = v_{ox}$ y $v_y = v_{oy} - gt$. Además, observamos de la expresión $v_x = v_{ox}$ que la velocidad en dirección x es siempre constante.

Nos interesa es encontrar la trayectoria, para ello escribamos las componentes de la velocidad en función de la velocidad inicial y del ángulo de disparo: $v_{ox} = v_o \cos \theta$ y $v_{oy} = v_o \sin \theta$. Con estas últimas expresiones obtenemos otra forma de expresar las ecuaciones para la posición en x y en y , a sabiendas de conocer la rapidez y el ángulo de disparo:

$$x = v_o \cos \theta t \quad (1) \qquad y = v_o \sin \theta t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

Si consideramos la trayectoria como el lugar geométrico de las posiciones sucesivas por las que pasa el cuerpo durante su movimiento, esto es, una función de la forma $y = y(x)$ independiente del tiempo, necesitamos unificar y como función de x . Por lo tanto, si encontramos el tiempo $t = x/v_o \cos \theta$ de la expresión (1) y reemplazamos en (2) nos queda $y = x \tan \theta - \frac{g}{2v_o^2 \cos^2 \theta} x^2$, la cual geométricamente hablando representa la ecuación de una parábola.

6.6.2. FLUIDOS

GASES REALES Y MODELO DEL GAS IDEAL

Los conceptos que se trabajan en esta sección, fueron tomados en su mayoría del documento de Marapacuto, J., Medina, Y., (2011), en el cual se encuentra con mayor detalle, las ideas que aquí se Resumen.

Se plantea que de igual manera que los líquidos los gases también fluyen, por esta razón son llamados fluidos y se diferencian de los líquidos porque sus moléculas están más separadas, libres de las fuerzas de cohesión que se presentan entre las moléculas de los sólidos y los líquidos. Un gas tiende a expandirse y a ocupar el espacio que tenga disponible. A presiones bajas y temperaturas altas los gases reales cumplen con bastante aproximación la ecuación de estado del gas ideal. Se pueden destacar algunas características de los gases:

- Gran compresibilidad o expansibilidad de su volumen en grandes proporciones.
- En la licuefacción existe una compresión de su volumen.
- En la vaporización existe una expansión de su volumen.

Variables que afectan el comportamiento de los gases

➤ **La presión**

Es la fuerza por unidad de área y varía el estado del gas contenido en un recipiente. Si esta aumenta, el volumen del gas disminuye y si ésta disminuye, el volumen del gas aumenta.

➤ **La temperatura**

La temperatura es una medida de la energía térmica promedio de las partículas de una sustancia que podemos medir en grados Kelvin. Es decir, es proporcional a la energía cinética media de las moléculas.

➤ **Cantidad de un gas**

La cantidad de un gas se puede medir en unidades de masa, usualmente en gramos, la cantidad también se expresa mediante el número de moles de sustancia, esta puede calcularse dividiendo el peso del gas por su peso molecular.

➤ **Volumen**

El volumen de cualquier sustancia es la porción de espacio que ocupa. En los gases el volumen de un gas es un caso especial, puesto que ellos tienden a difundirse y ocupar todo el espacio que poseen a su disposición (es decir el volumen del recipiente que los contiene).

Propiedades que definen el modelo del gas ideal

- I. **Un gas está formado por partículas llamadas moléculas.** Dependiendo del gas, cada molécula está formada por un átomo o un grupo de átomos. Si el gas es un elemento o un compuesto en su estado estable, consideramos que todas sus moléculas son idénticas.

- II. **Las moléculas presentan movimiento aleatorio y obedecen las leyes de Newton del movimiento.** Las moléculas se mueven en todas direcciones y a velocidades diferentes. Al calcular las propiedades del movimiento suponemos que la mecánica newtoniana se puede aplicar en el nivel microscópico. Como para todas nuestras suposiciones, estas se mantendrán o se desecharán, dependiendo de sí los hechos experimentales indican o no que nuestras predicciones son correctas.
- III. **El número total de moléculas es grande.** La dirección y la rapidez del movimiento de cualquiera de las moléculas puede cambiar bruscamente en los choques con las paredes o con otras moléculas. Cualquiera de las moléculas en particular, seguirá una trayectoria de zigzag, debido a dichos choques. Sin embargo, como hay muchas moléculas, suponemos que el gran número de choques resultante mantiene una distribución total de las velocidades moleculares con un movimiento promedio aleatorio.
- IV. **El volumen de las moléculas es una fracción despreciablemente pequeña del volumen ocupado por el gas.** Aunque hay muchas moléculas, son extremadamente pequeñas. Sabemos que el volumen ocupado por un gas se puede cambiar en un margen muy amplio, con poca dificultad y que, cuando un gas se condensa, el volumen ocupado por el gas comprimido hasta dejarlo en forma líquida puede ser miles de veces menor.
- V. **No actúan fuerzas apreciables sobre las moléculas, excepto durante los choques.** En el grado de que esto sea cierto, una molécula se moverá con velocidad uniforme antes de cada choque. Como hemos supuesto que las moléculas sean tan pequeñas, la distancia media entre ellas es grande en comparación con el tamaño de una de las moléculas. De aquí, que supongamos que el alcance de las fuerzas moleculares es comparable al tamaño molecular.
- VI. **Los choques son elásticos y de duración despreciable.** En los choques entre las moléculas con las paredes del recipiente se conserva el momentum y (suponemos) la energía cinética. Debido a que el tiempo de choque es despreciable comparado con el tiempo que transcurre entre el choque de moléculas, la energía cinética que se convierte en energía potencial durante el choque, queda disponible de nuevo como energía cinética, después de un tiempo tan corto, que podemos ignorar este cambio por completo.

6.6.3. PRESIÓN

La presión es la fuerza perpendicular que ejerce un fluido por unidad de área. Se denota como

$$P = F/A.$$

Una característica importante de los fluidos, es que “la fuerza que ejerce un fluido sobre las paredes del recipiente que lo contiene siempre actúa en forma perpendicular a esas paredes”.

Por ejemplo, si un gas está encerrado en un recipiente las fuerzas ejercidas por este fluido sobre las paredes del recipiente que lo contiene, son perpendiculares en todos los puntos. Y aunque la presión varía en la dirección vertical debido a los efectos gravitacionales, no existe variación en la dirección horizontal. Por tanto la presión en el recipiente se considera uniforme, puesto que el peso del gas encerrado es demasiado pequeño para hacer una diferencia apreciable.

➤ Presión atmosférica

Cerca del 95% del aire de la atmósfera se encuentra a menos de 30 kilómetros de altura¹¹. Este espesor se debe principalmente, a un equilibrio entre la energía cinética de las moléculas del aire que tiende a apartarlas y la gravedad que tiende a mantenerlas cerca de la tierra. Esta gran capa de aire ejerce presión sobre la superficie de la tierra. Ésta es la presión atmosférica, debida al peso del aire sobre la superficie.

Aunque la densidad atmosférica disminuye con la altura, a nivel del mar y a temperatura ambiente, 1 metro cúbico de aire tiene una masa cercana de 1,25 kilogramos¹². Así, una columna de aire sobre un metro cuadrado de superficie terrestre tiene una masa aproximada de 10000 kilogramos. Por tanto el peso de este aire es de 100000 N, lo cual causa una presión de 100000 pascals. Más exactamente, la presión atmosférica promedio a nivel del mar es de 101325 pascals.

➤ Medición de la presión

Gran parte de los dispositivos utilizados para medir la presión están calibrados para leer el cero en la atmósfera y por esta razón indican la diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica. Dicha diferencia se conoce como presión manométrica que puede ser medida con un manómetro de tubo abierto.

¹¹ Física Conceptual de Paul Hewitt. Página 269.

¹² Física Conceptual de Paul Hewitt. Página 271.

6.6.4. TEMPERATURA

La materia está formada por átomos en constante movimiento y a causa de este movimiento poseen energía cinética. Por ejemplo cuando un gas se calienta, sus átomos se mueven con más rapidez, es decir que adquieren más energía cinética.

En este sentido la temperatura se relaciona con el movimiento aleatorio de sus átomos, más concretamente la temperatura es proporcional a la energía cinética de traslación promedio del movimiento molecular. Los átomos también pueden girar o vibrar pero tales movimientos no afectan directamente la temperatura, podríamos decir también que la temperatura indica una cantidad de lo caliente o frío que está un cuerpo, con respecto a una norma.

El termómetro es un dispositivo calibrado mediante una escala graduada para medir la temperatura. No obstante en realidad lo que mide es su propia temperatura, puesto que al estar en contacto con otro cuerpo al que se le quiere medir su temperatura, entre los dos se intercambiará energía hasta que se llegue al equilibrio térmico debido a diferencias de temperatura.

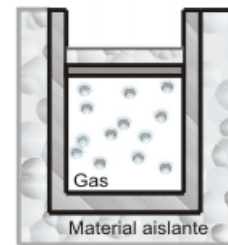
6.6.5. EXPANSIÓN ADIABÁTICA DE UN GAS Y MODELO MATEMÁTICO QUE EXPLICA EL FENÓMENO EN ESTUDIO

En termodinámica un proceso adiabático es aquel en el que no existe transferencia de calor del sistema al medio ambiente. Para hacer esto posible, podemos aislar térmicamente al sistema o realizando el proceso tan rápido que no haya tiempo para un flujo de calor apreciable.

Supongamos la situación, en el que un gas se encuentra encerrado en un recipiente y tiene en la parte superior un pistón móvil que puede comprimir el gas (figura 6). Si el gas es comprimido con una rapidez considerable, su temperatura aumentará. En este caso varían simultáneamente la presión, el volumen y la temperatura del gas, pero no son independientes entre sí.

Sin embargo en una expansión adiabática, el gas realiza un trabajo sobre sus alrededores, es decir realiza un trabajo positivo W , produciendo por lo tanto una disminución de su energía interna $-\Delta U$. Lo cual implica que la temperatura disminuya, haciendo que el gas que está en expansión se enfríe, por lo tanto:

$$-\Delta U = W \quad (1)$$



$$Q=0$$

Figura 6. Gas encerrado y aislado

Ahora cuando se habla de una expansión libre adiabática, nos podemos imaginar por ejemplo, un extintor, donde el gas al ser liberado sale tan rápido, que no hay tiempo de que haya transferencia de calor con el medio ambiente.

Podemos expresar el trabajo realizado por un gas en un proceso adiabático de la siguiente manera:

$$W = -nC_v\Delta T \quad (2)$$

Donde n es el número de moles, C_v es la capacidad calorífica a volumen constante y ΔT es el cambio en la temperatura. Se puede demostrar (ver por ejemplo Sears et al, 2009, p. 663) que en todo proceso adiabático en un gas ideal la presión p y el volumen V varían según la relación:

$$p_0V_0^\gamma = pV^\gamma \quad (3)$$

Siendo p_0 y V_0 la presión y el volumen en un estado cualquiera del proceso, por ejemplo el estado inicial, y siendo γ la razón de los calores específicos molares del gas, C_p/C_v .

Para determinar la velocidad inicial con que sale eyectado el dardo en función del número de inyecciones de aire, se modeló el proceso del disparo realizado por nuestro dispositivo asumiendo las siguientes condiciones ideales:

1. Se considera que la temperatura de la bomba, mediante la cual se inyecta el aire a la botella del dispositivo es siempre la temperatura ambiente.
2. La base del dardo, es una sección circular exactamente igual a la del cañón (cuya forma se asume perfectamente cilíndrica). Además, es lo suficientemente rígido para que no se escape aire entre el dardo y el tubo cilíndrico.
3. Las paredes de la botella del dispositivo y de la bomba son perfectamente rígidas.
4. El aire se comporta como un gas ideal y la expansión es adiabática.
5. Durante la inyección del aire no hay escape de partículas, es decir, todo el aire de la bomba ingresa a la botella.
6. No hay resistencia del aire durante la aceleración del dardo
7. El aire dentro de la botella no contiene humedad o vapor de agua

A continuación, se detallan los parámetros del sistema (en valores aproximados) y las variables, con las cuales se realizó la toma de datos durante el desarrollo de la experimentación y aproximación al fenómeno descrito. Ver tabla 1.

Parámetros del sistema	Símbolo	Valor	Variables	Símbolo
Volumen de la botella	V_B	$1,50 \times 10^{-3} m^3$	Presión interna de la botella	p
Volumen de la bomba	V_{Bomba}	$7,50 \times 10^{-5} m^3$	Trabajo realizado por el gas	W_{gas}
Masa del dardo	m	$7 \times 10^{-3} kg$	Volumen del gas durante el proceso	V
Longitud del cañón	d	$5,70 \times 10^{-1} m$	Número de moles de aire a p_{atm} en la botella	n_0
Ángulo de disparo	θ	45°	Número de moles de aire inyectados	Δn
Área transversal del cañón	A	$3,70 \times 10^{-4} m^2$		
Aceleración de la gravedad	g	$9,80 m/s^2$		
Fuerza de fricción	f_r 13	$0,03 N$		
Presión atmosférica en Cali	p_{atm}	$1,01 \times 10^5 \frac{N}{m^2}$		
Temperatura Ambiente en Cali	T	$300,15 K$		

Tabla 1. Parámetros y Variables del modelo

A partir de este modelo, se realizó el cálculo de la velocidad inicial del dardo, desarrollado en las siguientes ecuaciones.

En primer lugar, asumiendo que el trabajo mecánico total que se realiza sobre el dardo, es igual al cambio de su energía cinética (teorema trabajo-energía, ver Sears et al 2009, ec. 6.6, p. 188), tenemos:

$$W = \int_0^d (p - p_{atm}) A dx - \int_0^d \omega \sin \theta dx - \int_0^d f_r dx = \Delta K_{dardo} \quad (4)$$

13 Para cálculo de esta fuerza de fricción estática se utilizó $f_r = \mu mg \cos \theta$, donde $\mu = \tan \alpha$, es coeficiente de rozamiento estático que se presenta entre el cañón del dispositivo y el dardo, $\alpha \approx 28,56^\circ$ es el ángulo crítico en el cual se desliza el dardo dentro del tubo y el cual se obtuvo experimentalmente.

Los límites de integración van de 0 a d , puesto que cuando el dardo recorre la distancia d (sobre el cañón) el gas alcanza el máximo volumen del sistema botella-cañón.

En la ecuación (4), la integral $\int_0^d (p - p_{atm}) A dx$ es la fuerza neta que hace la presión del aire sobre el dardo, tanto el contenido en la botella como el atmosférico, multiplicada por el desplazamiento infinitesimal dx , y sumando luego este trabajo infinitesimal a lo largo de todo el recorrido por el cañón. Las otras dos integrales de trabajo, $\int_0^d \omega \sin \theta dx$ y $\int_0^d f_r dx$, son triviales puesto que la fuerza constante es aplicada en trayectoria rectilínea y el ángulo entre la fuerza y el desplazamiento, corresponde a 180° .

Por tanto, teniendo en cuenta estas consideraciones, sea $W_{cañón} = \int_0^d p A dx$ (5), el trabajo realizado por el aire comprimido dentro del cañón, entonces:

$$W = \int_0^d p A dx - p_{atm} A d - mg \sin \theta d - f_r d = \frac{1}{2} m v_0^2 \quad (6)$$

En segundo lugar, considerando que para un gas ideal en un proceso adiabático, se tiene que:

$$p_0 V_B^\gamma = p V^\gamma \rightarrow p = p_0 V_B^\gamma V^{-\gamma} \quad (7)$$

Con p_0 la presión cuando se le ha inyectado cierta cantidad de gas, V_B es el volumen del aire cuando se encuentra en la botella, V es el volumen del gas cuando se está expandiendo, es decir un volumen variable y $\gamma \approx 1,4$ es el coeficiente de capacidades caloríficas para el aire, el cual está compuesto aproximadamente de 80% Nitrógeno y 20% Oxígeno, siendo ambos diatómicos.

Continuando con el cálculo, y sustituyendo p en la ecuación (5):

$$W_{cañón} = \int_0^d p_0 V_B^\gamma V^{-\gamma} A dx \quad (8)$$

$$W_{cañón} = A p_0 V_B^\gamma \int_0^d V^{-\gamma} dx \quad (9)$$

Donde V , que es la variación del volumen de aire en el sistema botella-cañón, está determinado por:

$$V = V_B + A x \quad (10)$$

$$V = V_B \left(1 + \frac{A}{V_B} x \right) \quad (11)$$

Siendo x , la variación marcada en el tubo del cañón al expandirse el aire. Por tanto, de la ecuación (9) tenemos:

$$W_{cañón} = A p_0 V_B^\gamma \int_0^d \left[V_B \left(1 + \frac{A}{V_B} x \right) \right]^{-\gamma} dx \quad (12)$$

$$W_{cañón} = Ap_0 V_B^\gamma V_B^{-\gamma} \int_0^d \left(1 + \frac{A}{V_B} x\right)^{-\gamma} dx \quad (13)$$

Realicemos el proceso de integración por sustitución directa:

$$\text{sea } u = \frac{A}{V_B} x \rightarrow dx = \frac{V_B}{A} du$$

Reemplazando dichos valores en la ecuación (13) tenemos:

$$W_{cañón} = Ap_0 \int_0^{\frac{A}{V_B} d} (1 + u)^{-\gamma} \frac{V_B}{A} du \quad (14)$$

$$\text{sea } z = 1 + u \rightarrow dz = du$$

$$W_{gas} = p_0 V_B \int_1^{1 + \frac{A}{V_B} d} (z)^{-\gamma} dz \quad (15)$$

$$W_{gas} = \frac{p_0 V_B}{1-\gamma} z^{1-\gamma} \Big|_1^{1 + \frac{A}{V_B} d} \quad (16)$$

$$W_{gas} = \frac{p_0 V_B}{1-\gamma} \left[\left(1 + \frac{A}{V_B} d\right)^{1-\gamma} - 1 \right] \quad (17)$$

Finalmente, hemos llegado a una expresión en la que el lector puede determinar por aproximación, la velocidad con la que saldrá eyectado el dardo.

Utilizando los datos de la tabla 1, que fueron tomados en el laboratorio de física y en las canchas del CDU de la Universidad del Valle, y haciendo las sustituciones correspondientes, se tiene entonces que:

$$0,13p_0 V_B - 21,3 J - 0,03 J - 0,01 J = \frac{1}{2} m v_0^2 \quad (18)$$

$$0,13p_0 V_B - 21,34 J = \frac{1}{2} m v_0^2$$

Teniendo en cuenta que $p_0 = \frac{(n_0 + \Delta n)RT}{V_B}$, donde n_0 es el número de moles de aire que hay en la botella a presión atmosférica y Δn es el número de moles de aire que se ingresan en la botella con cada inyección (asumiendo que el aire se comporta idealmente y que la temperatura permanece constante), se tiene:

$$0,13(n_0 RT + \Delta n RT) - 21,34 J = \frac{1}{2} m v_0^2$$

Luego, como Δn es la variación de la cantidad de moles que se agregan a la botella, se puede escribir ΔnRT como una función en la cantidad de inyecciones i que se realizan con la bomba, es decir:

$$\begin{aligned}\Delta nRT &= p_{atm}V_{inyectado} \\ \text{pero } V_{inyectado} &= iV_{Bomba}, \text{ luego} \\ \Delta nRT &= ip_{atm}V_{Bomba}\end{aligned}$$

Por lo tanto:

$$\begin{aligned}0,13(p_{atm}V_B + ip_{atm}V_{Bomba}) - 21,34J &= \frac{1}{2}mv_0^2 \\ 0,13p_{atm}(V_B + iV_{Bomba}) - 21,34J &= \frac{1}{2}mv_0^2 \\ [13130(1,50 \times 10^{-3} + i * 7,50 \times 10^{-5}) - 21,34]J &= \frac{1}{2}mv_0^2 \\ 19,70 + i * 0,97 - 21,34 &= \frac{1}{2}mv_0^2 \\ i * 0,97 - 1,64 &= \frac{1}{2} * 7 \times 10^{-3} * v_0^2 \\ v_0 &= \sqrt{i * 277,14 - 468,57} \left[\frac{m}{s} \right] \quad (19)\end{aligned}$$

A partir de esta expresión, se puede obtener una aproximación de la velocidad inicial con la que es eyectado el dardo, en función del número de inyecciones de aire, así mismo como el alcance obtenido (R) utilizando la ecuación (20), tal como se muestra a continuación.

$$R = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g} \quad (20)$$

Inyecciones de aire	v_0 [m/s]	Alcance [m]
10	47,98	234,91
30	88,58	800,65
50	115,71	1366,20

Tabla 2. Velocidad inicial y alcance obtenidos a través del modelo termodinámico

Cabe aclarar, que en el modelo termodinámico para determinar la velocidad inicial del dardo, se tuvieron en cuenta otros factores que no se habían considerado para el proyecto realizado en el año 2012 y que posiblemente influyeron en la velocidad inicial del dardo, tales como la influencia de la presión atmosférica, el peso del dardo y la presión interna del gas.

Determinación de la velocidad de salida del dardo V_0 a través de los principios de movimiento parabólico:

Para la determinación de la velocidad V_0 con la que sale el dardo, haciendo uso de la teoría de movimiento parabólico, se dispuso de una cinta métrica que nos permitió calcular los máximos alcances horizontales del dardo, para diferente número de inyecciones de aire.

En la tabla 3, se presentan los datos obtenidos a través de la actividad experimental, que se realizó en el proyecto del año 2012, para 10, 30 y 50 inyecciones de aire. Estos datos, también fueron tomados en las instalaciones del CDU de la Universidad del Valle, en el horario de la mañana, procurando reducir los efectos del viento sobre el dardo y obtener una apreciación del comportamiento del fenómeno en estudio, mediante el uso del dispositivo.

Inyecciones de aire	Alcance[m]	Tiempo de vuelo t_v [s]
10	40,90	3,06
30	87,70	4,95
50	103,28	5,43

Tabla 3. Registro de datos experimentales, Distancia y Tiempo de vuelo del dardo

Con la distancia horizontal alcanzada, calculamos la velocidad inicial V_0 del dardo. Al final esta velocidad, sirvió para compararla con la velocidad obtenida a través de los principios de la termodinámica. Para ello, usamos la siguiente relación:

$$X_{max} = \frac{V_0^2 * \sin(2\theta)}{g} \quad (20)$$

Despejando V_0^2 se tiene:

$$V_0^2 = \frac{g * X_{max}}{\sin(90)}$$

Donde $\theta \approx 45^\circ$. Finalmente:

$$V_0 = \sqrt{g * X_{max}} \quad (21)$$

A partir de esta última ecuación, se obtuvieron los datos registrados en la tabla 4.

Inyecciones de aire	Velocidad V_0 [m/s]
10	20.0
30	29,32
50	31.81

Tabla 4. Determinación de la velocidad inicial del dardo según el número de inyecciones

Comparación entre los Alcances obtenidos a través de movimiento parabólico y termodinámica:

A continuación, se muestra una recopilación de los alcances real y sin resistencia obtenidos con los modelos de movimiento parabólico y termodinámica respectivamente.

Inyecciones de aire	Alcance Real	Alcance sin resistencia [m/s]
10	40,90	233,83
30	87,70	799,38
50	103,28	1365,02

Tabla 5 Alcances obtenidos a través de ambos modelos

Se debe tener en cuenta, que durante la toma de medidas en las canchas de la Universidad del Valle, las corrientes de viento afectaron el movimiento del dardo, desviándolo y ejerciendo resistencia en su trayectoria. Además se debe considerar, que cuando se inyectaba aire a la botella, se calentaba el recipiente y parte de ese calor se disipaba en el ambiente, lo cual generaba que el trabajo a la hora de lanzar el dardo no fuera el mismo que la cantidad de energía suministrada por cada inyección.

Es decir, que debido a las suposiciones hechas en el modelo termodinámico, un modelo más realista daría rapidez de salida menores. Al final, la principal discrepancia entre lo predicho y lo obtenido, se debe a la resistencia del aire, pues la fuerza resistiva está determinada aproximadamente por $f = Dv^2$ (22) (Sears et al, 12ª ed., p.155), donde v es la velocidad y D

depende de la forma, tamaño del cuerpo y de la densidad del aire, por lo tanto dicha resistencia, tiene un efecto acumulativo sobre un objeto lanzado en movimiento parabólico, esta depende del cuadrado de la velocidad, por lo que la aceleración no es constante.

En este sentido, se comparan los alcances obtenidos mediante el modelo de expansión adiabática y el modelo de movimiento parabólico, se observan grandes diferencias entre los valores arrojados por un modelo y otro. Lo cual se debe, principalmente a que en el modelo de movimiento parabólico los datos tomados se encuentran sometidos en todo momento a la resistencia de aire, y por tanto se reduce considerablemente el alcance horizontal obtenido, mientras que en el modelo termodinámico no se incluyen consideraciones sobre lo que le pasa al dardo después de abandonar el cañón.

Por último, se puede apreciar a lo largo de este marco teórico, que no es sencilla la forma como se “hace ciencia”, sino que está en constante cambio, sujeta a diversas limitaciones, errores y falencias. Se debe ser cuidadoso en la toma de datos y en las afirmaciones que posteriormente se hagan. No es una tarea fácil cuando se intenta enseñarla a otros, pues cada sujeto trae consigo un conocimiento, una forma de entender el mundo y formas de proceder, que pueden entrar en conflicto con las ideas científicas.

Así que en esta propuesta, tomamos el reto de utilizar la experiencia que tuvimos en una práctica de física, indagando acerca de un fenómeno, con el fin de diseñar una actividad que pueda ser aplicada a otros estudiantes y que les permita aproximarse en la comprensión de dicho fenómeno, de forma similar a la manera de proceder de un científico. Es por ello, que en el apartado siguiente se presenta la metodología que seguiremos para desarrollar los objetivos con anterioridad planteados.

CAPÍTULO 3

7. METODOLOGÍA

Hasta el momento se ha mencionado algunas de las ideas que se trabajaron en esta propuesta y algunas de las estrategias que se utilizaron, pero poco se ha dicho sobre la forma cómo se llevó a cabo, así que este es el momento en que se explicará qué se hizo, porqué se hizo y cómo se hizo. Además acompañando las ideas anteriores se presentarán algunas sugerencias de Ken Bain, en las que señala lo que él ha identificado como “lo que hacen los mejores profesores universitarios” y para darle fuerza a la metodología seguida, tendremos como referentes el libro “Desarrollo de competencias en ciencia e ingenierías: Hacia una enseñanza problematizada” de Martínez Torregrosa, et al., (2005) y el libro “Lo que hacen los mejores profesores universitarios” de Ken Bain (2007).

Para iniciar, es de resaltar que en esta propuesta se espera que el estudiante desarrolle competencias que le permitan dominar un conocimiento y que lo pueda utilizar adecuadamente en situaciones donde pueda necesitarlo, por ello se decidió que un motivante podía ser plantearle situaciones problemáticas y experimentales, que le resultasen intrigantes pero cercanas a situaciones cotidianas, pues según Bain (2007) “...las personas aprenden enfrentándose a problemas importantes, atractivos o intrigantes, a tareas auténticas que les plantearán un desafío a la hora de tratar con ideas nuevas, recapacitar sus supuestos y examinar sus modelos mentales de la realidad”, (p. 29).

Además para hacer más atractiva la actividad se empleará un dispositivo que le permite, mediante su manipulación, hacer ciertas experimentaciones, tomar medidas y establecer, por si mismos, ciertos resultados que les permitan sacar conclusiones de su experimentación y por lo tanto que les aporte en la modificación de sus conocimientos, o incluso en la construcción de nuevos conocimientos, lo anterior se apoya en lo señalado por Bain (2007) cuando dice que el conocimiento es construido, no recibido.

Como punto de partida para el diseño de las actividades se elaboró una prueba piloto que fue aplicada a seis estudiantes de la Universidad del Valle, de los cuales cinco pertenecen a la Licenciatura en Matemática y Física (3487), de ellos, cuatro ya tienen aprobado los cuatro cursos de física fundamental establecidos por el programa académico y un estudiante que aún no ha visto dichos cursos, y por último un estudiante de la Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Matemática (3469). Esta prueba sirvió de base para el diseño de la prueba exploratoria que se realizó con 17 estudiantes del curso de Física Fundamental II del periodo febrero-junio de 2014.

Esta prueba exploratoria se realizó antes de la actividad experimental con el fin de que puedan plantear hipótesis que luego verificarán con la experimentación (la cual se realizó con dos estudiantes de los 17 que se presentaron la prueba exploratoria), lo anterior se complementa con el planteamiento de Martínez, et al. (2005) al señalar:

... superar el aprendizaje de palabras y ecuaciones para resolver ejercicios como ha sido habitual en la formación profesional, para privilegiar la comprensión de significados de esas palabras o ecuaciones, aprendiendo a qué objetos y fenómenos se refieren y qué tipo de procedimientos prácticos están involucrados en su aplicación empírica. p.108.

Teniendo en cuenta lo anterior, se decidió realizar una prueba exploratoria antes de plantear las actividades a los estudiantes, pues según lo sugiere Bain (2007), "... cuando nos encontramos con materia nueva, intentamos comprenderla en términos de algo que pensamos que ya conocemos. Utilizamos nuestros modelos teóricos disponibles para dar forma a las entradas sensoriales que recibimos" (p. 38). En esta prueba se pedía que el estudiante explicara el comportamiento de ciertos fenómenos, en principio de forma cualitativa (aunque sin descartar que lo hiciera cuantitativamente), y se le explicó antes de la prueba, la importancia de responder a conciencia e individualmente según sus consideraciones, es decir de acuerdo a lo que creía cada uno, además se especificó que dicha prueba no tendría ningún peso sobre la nota del curso (Física Fundamental II), con el fin de evitar la presión que genera cuando se es evaluado.

Con esta prueba se indagó sobre algunas de las concepciones que tienen los estudiantes, especialmente con aspectos relacionados con diferencias de presión, de temperatura, compresibilidad de los gases y trabajo realizado por un gas en expansión. La idea de esta prueba fue identificar ciertas ideas de los estudiantes, para tener o generar ambientes apropiados en los cuales se les pueda ayudar en la modificación de sus concepciones y la construcción de un nuevo conocimiento. Se espera que el estudiante pueda identificar que en la física muchos conceptos se encuentran relacionados entre sí, y por ello es posible estudiar un fenómeno desde diferentes enfoques, y lo más importante que pueda apropiarse de unas formas de razonar, que le permitan acercarse a una comprensión sobre una de las formas de "hacer ciencia". Además estos conceptos explorados fueron los que se tuvieron en cuenta en la experimentación con el dispositivo, así que de esta prueba se obtuvo ciertas observaciones útiles en el diseño de la actividad experimental.

Antes de seguir explicando la metodología a emplear, se aclara además que es una metodología que se ha implementado sobre la marcha, es decir, dado que el curso de Física Fundamental II se programa anualmente para la Licenciatura en Matemáticas y Física, y como se programó para el periodo académico febrero-junio de 2014, no se quería dejar pasar la oportunidad de aplicarlo con los estudiantes que lo estaban cursando (pues de lo contrario se

debería esperar hasta el periodo febrero-junio de 2015). Por lo anterior la metodología está sujeta a cambios, lo que obliga a replantear constantemente los objetivos de esta propuesta, pero al tiempo ayuda a mejorarla con cada cambio, además permite comprender que el proceso de aprendizaje es dinámico y se presentan muchas dificultades sobre la marcha, lo que muestra que en ocasiones los resultados esperados no son los que se obtienen al final del trabajo, y por lo tanto se debe tener la disposición a asumir retos, enfrentar los resultados y procurar mejorar en todo momento.

Como se indicó antes la actividad experimental fue aplicada a solo dos estudiantes del curso de Física Fundamental II, pues en el momento de aplicar la prueba exploratoria se les comentó en qué consistiría la actividad experimental y se pidió que voluntariamente se inscribieran los estudiantes interesados en realizarla; donde se inscribieron ocho en total, pero se seleccionaron dos de ellos para observar con más detalle el trabajo de cada uno y por dificultades de tiempo que se presentó con los otros estudiantes.

Con los resultados de la prueba piloto, exploratoria y el desarrollo de la actividad experimental se realizó un análisis, con el fin de identificar si hubo progreso en la comprensión de los estudiantes y también para identificar aspectos por mejorar, con el fin de brindarles un apoyo adecuado, que les permita ser más competentes y preocupados por su aprendizaje, buscando formar ciudadanos más responsables de sus actos, interesados por mejorar su estilo de vida y que se identifiquen como potenciales contribuidores en la mejora de la sociedad, pues de acuerdo a Bain (2007) “... los mejores profesores asumen que el aprendizaje tiene poco sentido si no es capaz de producir una influencia verdadera e importante en la manera en que la gente piensa, actúa y siente”, (p. 28).

Con la idea anterior se espera ayudar a los estudiantes para que puedan interaccionar con sus compañeros en una situación guiada por el profesor, que les permita razonar sobre su actividad, tomar directamente ciertas medidas, poder extraer información mediante la interpretación de los datos tomados y formular explicaciones sobre el comportamiento de ciertos fenómenos (trabajo efectuado por la expansión adiabática de un gas), es decir se espera que su forma de razonar se aproxime a la forma como razonan los científicos y que les permita apreciar el trabajo de abordar problemas, que rebasan el sentido académico y se manifiestan en problemas de la vida cotidiana.

A su vez, se espera que le den importancia a ciertas herramientas conceptuales y formas de razonar potentes en la solución de problemas, especialmente es una buena oportunidad para identificar las matemáticas como una herramienta potente de modelación y comprensión de muchos fenómenos. En palabras de Bain (2007) se diría que se desea “... ayudar a las personas a aprender a razonar o a crear, a utilizar información nueva, y no en la necesidad de contar a los estudiantes todas y cada una de las cosas que deben saber y comprender”, (p. 65).

La metodología a trabajar se resume entonces en la aplicación de tres pruebas: la prueba piloto, la prueba exploratoria y la actividad experimental, que se presentan a continuación, indicando a qué número de estudiantes fue aplicada y el propósito de cada una.

7.1. PRUEBA PILOTO

Esta prueba fue aplicada con seis estudiantes como se indicó antes, en donde ninguno de ellos estaba cursando Física Fundamenta II durante el periodo febrero-junio de 2014, pues con esta prueba se quería establecer unas preguntas de base que se utilizarían en la prueba exploratoria, por lo tanto se quería identificar si las preguntas que aquí se presentan eran comprensibles, las posibles ambigüedades que podían presentar, las alternativas de respuestas que pudieran presentar los estudiantes, la aproximación que les pudiera brindar hacia la comprensión de un fenómeno, identificar si las preguntas planteaban contextos familiares o no para el estudiante y que permitiera identificar aspectos generales en el tipo de respuestas que brindaban. A continuación se presenta esta prueba:



Universidad del Valle
Instituto de Educación y Pedagogía
Área de Educación Matemática
Licenciatura en Matemática y Física



Prueba piloto para el curso de Física Fundamental II

Para el siguiente cuestionario se dispone de un tiempo aproximado de 30 minutos, justifique en lo posible cada una de sus respuestas.

1. Cuando inflas un neumático de bicicleta, ¿por qué sientes que se calienta la bomba de inyectar aire?



2. Cuando se libera todo el gas que se encuentra a alta presión dentro de un extintor éste se enfría ¿Por qué crees que sucede esto?



3. El aire comprimido usado para alimentar a una pistola de CO₂ le da una velocidad inicial. Al dispararla, el aire que estaba comprimido en las capsulas se enfría. ¿Por qué crees que sucede esto?



4. ¿Por qué en un encendedor observas un líquido dentro de él, si lo que hay realmente es un gas depositado?



5. Si se dejara escapar instantáneamente el gas depositado en el encendedor ¿En qué estado saldría? Escoge una respuesta y justifícala.
- a) En estado líquido
 - b) En estado Sólido
 - c) En estado gaseoso

6. Cuando se deja escapar el gas contenido en el encendedor, notas que éste se enfría ¿Por qué crees que sucede esto?

- *Las preguntas 7 a la 11 se responden en base al siguiente enunciado*

El recipiente **B** tiene un volumen de 3 litros y dentro de él hay depositado un gas que es posible transferirlo al recipiente **A** que tiene un volumen de 1 Litro.



7. ¿Por qué crees que es posible transferir el gas del recipiente B al recipiente A sabiendo que tiene mayor volumen?
8. En el instante (milésimas de segundo) en que se ha transferido el gas del recipiente B al A. ¿Qué crees que debe suceder con la temperatura del recipiente A?
9. En caso de que haya un aumento o disminución de la temperatura, ¿a qué crees que se debió dicho cambio?

Suponga que se adapta el recipiente A, para lanzar dardos al liberar cantidades suficientes de aire.



10. ¿Qué crees que le sucede a la temperatura del gas en la botella en el instante en que es disparado el dardo? Explica
11. ¿De dónde crees que sale la energía cinética que adquiere el dardo? Explica

7.2. PRUEBA EXPLORATORIA

Sustentados con los estándares básicos de competencias y las sugerencias de Martínez et al. (2005), se encuentra que es importante identificar las ideas previas (concepciones alternativas) de los estudiantes, donde se cita a Preece (1984) quien indica que “son el resultado de un largo proceso basado en experiencias cotidianas en un medio cultural”, antes de iniciar un proceso de construcción de conocimientos inmersos en una teoría científica, pues de esta manera el estudiante logra identificar la eficacia del nuevo conocimiento sobre el que posee y está dispuesto a adoptar un conocimiento más próximo al científico. Además Martínez et al. (2005) cita a Millar (1989) quien señala que:

... no podemos enseñar un cuerpo de conocimientos por transmisión directa, el objetivo de la enseñanza de las ciencias no es desarrollar teorías personales sobre los fenómenos sino conseguir que los alumnos lleguen a compartir (a algún nivel determinado) las teorías científicas vigentes. (P. 34)

Por lo anterior y dado que en el curso de Física Fundamental II se estudia sobre todo la termodinámica, se elaboró una prueba exploratoria que consiste en preguntas dirigidas a los estudiantes y con las que se pretende identificar aquellas concepciones que tienen acerca de los gases ideales, su compresibilidad, expansión adiabática de un gas y conceptos como presión y temperatura, antes de abordar la actividad experimental, aunque se debe señalar que la versión que aquí se presenta se obtuvo luego de pasar por diferentes filtros, entre ellos las sugerencias del profesor Carlos Julio Uribe y de la aplicación de la prueba piloto que se describió con anterioridad. A continuación se presenta la versión de la prueba exploratoria que se aplicó con 17 estudiantes que cursaban Física Fundamental II:

Prueba Exploratorias de Física Fundamental II

Nombre: _____

Para el siguiente cuestionario se dispone de un tiempo aproximado de 30 minutos, justifique cada una de sus respuestas siendo lo más explícito posible con las explicaciones que brinde

1. Cuando inflas un neumático de bicicleta, ¿por qué sientes que se calienta la bomba de inyectar aire? *Suponga que no hay fricción entre el émbolo de la bomba y las paredes interiores del tubo cilíndrico.*



2. Cuando se libera todo el gas que se encuentra a alta presión dentro de un extintor, el gas se enfría ¿Por qué crees que sucede esto?

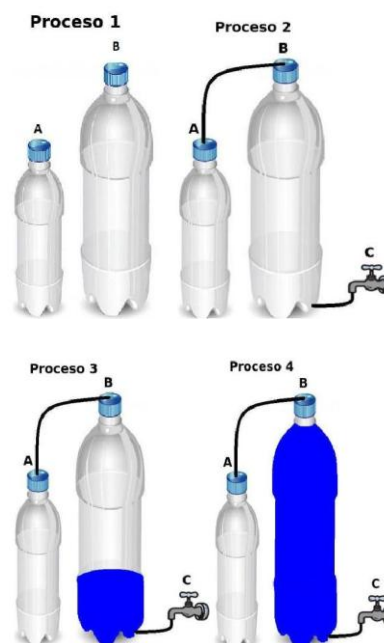


Las preguntas 3 a la 5 se responden con base al siguiente enunciado

El recipiente **B** tiene un volumen de 3 litros y dentro de él hay encerrado un gas (a temperatura ambiente) que es posible transferirlo al recipiente **A** que tiene un volumen de 1 Litro (proceso 1).

Con el fin de transferir el gas contenido en **B** al recipiente **A**, se decide conectar los recipientes mediante un tubo, y se conecta el recipiente **B** mediante un tubo a una llave **C** (proceso 2). Considere que en el sistema no hay escapes de aire ni de agua.

Luego se abre la llave con el fin de permitir el paso del agua a temperatura ambiente, de tal forma que se empieza a llenar el



recipiente **B** (proceso 3). Se supone que el proceso de llenar el recipiente **B** se efectúa muy rápidamente.

Cuando se llena totalmente el recipiente **B** con agua, se cierra la llave y de esta forma se ha logrado que todo el gas en **B** sea transferido al recipiente **A** (proceso 4).

3. ¿Por qué crees que es posible transferir el gas del recipiente B al recipiente A sabiendo que B tiene mayor volumen que **A**?
4. ¿Qué crees que sucederá con la temperatura del gas inmediatamente después de ser transferido al recipiente **A**?
5. En caso de que haya un aumento o disminución de la temperatura, ¿a qué crees que se debió dicho cambio?

Las preguntas 6 y 7 se responden de acuerdo al siguiente enunciado:

Suponga que se adapta a una botella plástica una válvula que permite ingresar aire a través de una bomba (para inflar neumáticos) y en el pico de la botella se conecta una llave paso y un tubo, de tal forma que este dispositivo se usa para lanzar dardos al liberar cantidades suficientes de aire.



6. ¿De dónde crees que sale la energía cinética que adquiere un dardo lanzado con este dispositivo? Explica detalladamente.
7. ¿Qué crees que le sucede a la temperatura del gas en la botella en el instante en que es disparado el dardo? Justifica tu respuesta.

7.3. ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

A continuación se presenta la actividad experimental que se diseñó para ser aplicada, como se indicó antes, con dos estudiantes del curso de Física Fundamental II en el periodo febrero-junio de 2014, en donde para su ejecución se utilizó el dispositivo que se describió al inicio de este documento, acompañado de ciertos instrumentos de medición. Dicha práctica se llevó a cabo, una parte en las canchas de fútbol de la Universidad del Valle y otra parte en los laboratorios de Física de la facultad de Ciencias de la misma institución. Como se mencionó antes, para el diseño de esta actividad se tuvo en cuenta los resultados de la prueba exploratoria, con la cual se busca profundizar algunos conceptos involucrados en dicha prueba.

ACTIVIDAD EXPERIMENTAL: ESTUDIO FENOMENOLÓGICO APROXIMADO DE UNA EXPANSIÓN ADIABÁTICA

1. OBJETIVOS

- Investigar los cambios de temperatura que se producen durante los procesos adiabáticos en un gas.

2. ELEMENTOS TEÓRICOS

Asumimos del modelo teórico que la energía interna es el gran total de las energías cinética y potencial de las moléculas de una sustancia. Además, que la energía interna de un gas ideal no depende de su presión ni de su volumen, solo de su temperatura.

Cuando un gas se expande en un cambio finito de volumen de v_1 a v_2 efectúa trabajo de la forma:

$$W = \int_{v_1}^{v_2} p \cdot dv$$

Una de las formas para crear un proceso adiabático, es evitando el flujo de calor, por ejemplo realizando el proceso con tal rapidez que no haya tiempo para un flujo de calor apreciable, esto quiere decir que el gas efectúa trabajo sobre su entorno y que la energía interna disminuye. Puesto que en este tipo de procesos no entra ni sale calor del sistema, se tiene que:

$$Q = 0$$

Luego por la primera ley de la termodinámica, para todo proceso adiabático:

$$\Delta U = -W$$

Concluyendo que cuando un sistema se expande adiabáticamente, W es positivo porque el sistema efectúa trabajo sobre su entorno, así que ΔU es negativo.

3. MATERIALES

- Dispositivo lanza dardos
- Cinta métrica
- Termocupla



4. PROCEDIMIENTO

i. Fase exploratoria

- Inyecte diferentes cantidades de aire al dispositivo, ¿qué percibes con la temperatura a medida que se incrementa la cantidad de inyecciones?

- **En el laboratorio**
- Inyecte diferentes cantidades de aire al dispositivo y espere hasta que el sistema entre en equilibrio térmico con el entorno y tome la temperatura inicial. Luego abra la llave de paso para que escape el aire comprimido y tome la temperatura final. Por último calcule ΔT y consigne los datos en la siguiente tabla:

Número de inyecciones de aire	Temperatura inicial	Temperatura final	Cambio en la temperatura ΔT
10			
30			
60			

Tabla I: número de inyecciones y cambio en la temperatura

Durante la expansión del aire. ¿Qué observas en cuanto al cambio de temperatura? ¿Que se espera que suceda con la energía interna?

ii. En la cancha

Con el mismo número de inyecciones del literal anterior y después de disparar el dardo completa la siguiente tabla.

Número de inyecciones de aire	Alcance(m)
10	
30	
60	

Tabla II: número de inyecciones y alcance

- Observa el alcance del dardo a medida que aumenta el número de inyecciones. ¿Qué relación encuentras entre ambas variables?
- ¿Qué sucede con la velocidad inicial del dardo lanzado, a medida que se incrementa la cantidad de inyecciones?
- ¿Qué crees que ocurre con la energía cinética del dardo lanzado, a medida que se incrementa la cantidad de inyecciones?

Suponiendo que la energía cinética que adquiere el dardo es igual al trabajo realizado por el gas sobre el dardo (es decir, despreciando la fricción entre el dardo y el tubo mientras se acelera), ¿cómo explicarías en detalle, y desde el modelo corpuscular de la materia, lo que observaste experimentalmente? (Trata de ser lo más explícito posible).

7.4. PRESUPUESTO

En la siguiente tabla se incluyen un listado de materiales y recursos necesarios para desarrollar este proyecto, en donde los costos se basan en algunos precios de mediados del año 2014:

Material	Costo \$
Botella plástica (reciclable) de 1,5 litros	200
4 metros de tubo de pvc de media pulgada	7.200
12 uniones	3.600
1 llave de paso en pvc	3.500
1 gusanillo	500
1 válvula de neumático de bicicleta	3.500
1 cinta teflón	2.000
1 tarro de pegamento para pvc	2.000
1 bomba de inflar neumáticos	7.000
10 puntillas de 2 pulgadas	1.800
10 hojas de block	350
2 metros de alambre galvanizado	1.000
1 multímetro con sensor de temperatura	66.000
1 cinta métrica de 10 metros	7.000
1 cronometro digital	13.000
1 cinta de enmascarar	900
Costo total	119.550

Tabla 6: costo de los materiales del dispositivo.

8. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS DIFERENTES ACTIVIDADES DEL PROYECTO Y SU RESPECTIVO ANÁLISIS.

8.1. ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA PRUEBA PILOTO

Como se mencionó antes, previo al planteamiento de la prueba exploratoria que se realizó con los estudiantes del curso de Física Fundamental II, se realizó la prueba piloto con seis estudiantes de la Universidad del Valle, de los cuales cinco pertenecen a la Licenciatura en Matemática y Física (3487), de ellos, cuatro ya tienen aprobado los cuatro cursos de física fundamental establecidos por el programa académico y un estudiante que aún no ha visto dichos cursos, y por último un estudiante de la Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Matemática (3469). El objetivo de esta prueba piloto, fue observar como respondían a unas preguntas formuladas por los autores de este texto con ayuda del director de este proyecto, con el fin de realizarle las modificaciones pertinentes, corregir ambigüedades y en especial que fueran comprensibles, entre otros aspectos ya indicados.

En el anexo A se muestran parte de las respuestas que dieron los seis estudiantes. A continuación se presentan en términos generales una síntesis de las respuestas obtenidas al aplicar la prueba piloto realizada el 1 de abril de 2014. A la primera pregunta, cinco estudiantes argumentaron en sus respuestas que el calentamiento de la bomba al inyectar aire al neumático fue debido a la fricción entre el émbolo y la parte cilíndrica de la bomba, y solo un estudiante argumentó que se debió a la presión del aire. La tendencia de las respuestas fueron justificadas desde el punto de vista de la fricción entre el embolo y las paredes del cilindro, lo cual no era la principal razón que se esperaba en esta pregunta, sino que se buscaba una respuesta orientada a explicar el incremento de la energía cinética que adquieren las partículas al aumentar la compresión del aire.

Por lo anterior se decidió anexar a esta pregunta, el hecho de que se desprecie la fricción, esperando que los estudiantes se fijen en otros detalles del fenómeno y no se limiten a dar su respuesta de lo que aparentemente se puede ver macroscópicamente, sino que su argumento sea más profundo, sea más explicativo. Es decir, se desea que el estudiante pase de un nivel de respuesta simple a uno más argumentado. Sin embargo, esto no se dio en las respuestas dadas por los estudiantes, a pesar de que algunos de ellos ya habían visto los cuatro cursos fundamentales de física, y sus respuestas de acuerdo a lo registrado en el cuestionario, fueron lo más simple posible.

A la segunda pregunta, tres estudiantes argumentaron en sus respuestas que al ser liberado el gas que se encuentra en un extintor, éste se enfría debido a cambios de presión. De ellos, un estudiante argumentó que el gas sale frío pues al momento de ser envasado debe estar frío; otro estudiante justificó que se debía a que al entrar en contacto el gas con la temperatura

ambiente ésta lo enfriaba; y un último estudiante señaló que se debía a la expansión del gas al ser liberado. Con esta pregunta se esperaba que el estudiante se dé cuenta que cuando el gas se expande realiza un trabajo positivo sobre el medio que lo rodea, y debido a este trabajo realizado hay una disminución en su energía interna, lo cual se manifiesta como disminución de la temperatura, y esto es lo que se percibe cuando tomas el extintor con tus manos.

Sin embargo, en las respuestas de los estudiantes, algunos fueron muy técnicos y solo mencionaron que se debía a cambios de presión, sin explicar cómo estos cambios producían la disminución de temperatura. Por ejemplo un estudiante atribuyó que la disminución de temperatura, se debía a que al momento de envasar el contenido del extintor, dicho contenido se encontraba frío, como si el contenido volviera a recuperar la temperatura con la cual fue envasado pero no explicó por qué se daba este comportamiento; hubo otro estudiante que atribuyó la disminución de temperatura, debido a que al entrar en contacto con el ambiente este lo enfriaba, sin brindar ninguna explicación de por qué cree que sucedía esto, y sin cuestionar la coherencia de su argumento.

Finalmente un estudiante dijo que la disminución de temperatura, se debía a la expansión del gas al ser liberado, que en definitiva es lo que se dice en el enunciado de la pregunta, es decir su respuesta es básicamente el mismo enunciado de la pregunta, y no proporciona explicaciones de por qué sucede tal fenómeno, que era lo que se le preguntaba.

En general se observa que las respuestas son poco explicativas y aluden a conceptos generales, sin detallar cómo y por qué se da cierto comportamiento. Al igual que en la primer pregunta sus respuestas son simples, y este comportamiento se presentó en todas las preguntas, de lo cual se sospecha que cuando no hay una exigencia, como por ejemplo de una calificación cuantitativa o un compromiso con alguien, el estudiante al parecer no le pone suficiente empeño a las respuestas que brinda, y por lo general se va por la vía más fácil. Así pues, este resultado nos da un indicio de un comportamiento que también se puede presentar en la prueba exploratoria que se realizaría con los estudiantes de Física Fundamental II, pues dicha prueba no tendría peso en la nota del curso

Respecto a la tercera pregunta, se encontraron resultados similares a las respuestas de la pregunta anterior, a excepción de un estudiante que escribió que ignoraba que el fenómeno sucediera. Además durante la actividad los estudiantes manifestaron que no estaban familiarizados con la situación planteada. Por lo anterior se decidió eliminar esta pregunta por sugerencia de los encuestados, además porque en definitiva el fenómeno que se pretendía comprender, era el mismo de la pregunta 2.

Con respecto a la pregunta cuatro, tres estudiantes justificaron que el contenido del encendedor se ve en forma líquida dada las condiciones de presión a las que éste se encuentra.

Otro estudiante dijo que se debía a la compresión del gas y otro estudiante manifestó que se debía a la temperatura con la cual se ingresa el gas al encendedor, y por último, otro estudiante respondió con la misma pregunta. Con esta pregunta, se pretendía indagar sobre los cambios de estado de la materia según los cambios de las variables de estado (presión, volumen, temperatura, cantidad de materia), sin embargo se notó, gracias a las respuestas dadas por los estudiantes, que la pregunta en sí, era confusa y estaba mal redactada. Por ello, se decidió eliminar esta pregunta del cuestionario que se realizaría con los estudiantes de Física Fundamental II.

En la pregunta cinco, hubo consenso. Todos respondieron que el contenido del encendedor salía en estado gaseoso, aunque en las justificaciones se dieron tres tendencias: una, en la que explicaban que el gas se evapora debido a cambios de presión y temperatura, en otra se consideraba que el gas se calienta por la temperatura ambiente y además se expande, y otros consideraron que el gas se expande en el medio. Esta pregunta fue eliminada del cuestionario que se utilizaría con los estudiantes del curso de Física Fundamental II, debido a que algunos estudiantes manifestaron que con el enunciado de la pregunta cuatro se daba respuesta a esta pregunta y por ello, todos seleccionaron la misma opción. Además, la forma en que se expresaba la pregunta no brindaba las herramientas necesarias para indagar lo que se quería, que en este caso era los cambios de estado de la materia según los cambios de las variables de estado (presión, volumen, temperatura, cantidad de materia) y la compresibilidad de los gases.

En la pregunta seis, dos de los seis estudiantes respondieron que el gas se enfría cuando se deja escapar debido a cambios de presión, un tercer estudiante dijo que se debía a cambios de temperatura y presión, un cuarto estudiante indicó que dicho enfriamiento se debía a los cambios de presión y a la temperatura ambiente, un quinto estudiante argumentó que se debía a que el contenido del encendedor se encontraba frío y un sexto estudiante justificó que se debía a la expansión del contenido del encendedor. Si se compara estos resultados con los de la pregunta dos y tres, se observa que son similares y en parte se debe a que se está analizando el mismo fenómeno.

En la pregunta siete, tres de los seis estudiantes respondieron que se podía transferir el gas contenido del recipiente B al A, dadas las propiedades de compresibilidad de los gases y del agua, un cuarto estudiante respondió con la misma pregunta, un quinto estudiante señaló que se debía a la presión y un sexto estudiante dijo que se debía a las diferencias de presión. Con esta pregunta, se quería comparar la compresibilidad de los gases aunque hubo falencias en el diseño de la pregunta, pues faltó indicar con respecto a que otro fluido se quería comparar la compresibilidad, como se hizo con el rediseño de esta pregunta en la prueba exploratoria, para lo cual se utilizó agua, en donde el estudiante sabe que la separación de las moléculas en un gas es mayor que la separación entre las moléculas de un líquido, y por ello es que se hace más fácil

comprimir un gas que un líquido. Algunos estudiantes dijeron que el enunciado de la pregunta estaba muy extenso, así que se decidió separarlos por procesos y se decidió mencionar que en el sistema no hay sumideros y que el agua ingresa a presión atmosférica con el fin de evitar respuestas guiadas en este sentido.

En la pregunta ocho, tres estudiantes respondieron que el recipiente se calienta; de los cuales uno justificó que se debía a los choques entre partículas; otro estudiante respondió que la temperatura permanecía igual y dos estudiantes respondieron que la temperatura disminuye. Se decidió modificar parte del enunciado, puesto que se necesitaba aclarar que el llenado del recipiente se efectuaba rápidamente, con lo cual se evita un proceso adiabático para poder apreciar el aumento de temperatura, además se aclaró que el agua que entraba al recipiente se encontraba a temperatura ambiente con el fin de que el cambio de temperatura del gas dentro de la botella sea notorio y evitando que alguien señalara que debido a la temperatura del agua se producían los cambios de temperatura en la botella A (como efectivamente sucedió en la pregunta nueve). También en esta pregunta, por primera vez un estudiante intenta explicar lo que sucede desde una mirada microscópica aunque no describe con mucho detalle el proceso, tal vez porque en la pregunta no se le pide que lo haga.

En la pregunta nueve, tres estudiantes respondieron que los cambios de temperatura en el recipiente A se debía a cambios de presión, un cuarto estudiante se refirió a que la temperatura del recipiente cambia dependiendo de la temperatura del agua que entra en el recipiente B, un quinto estudiante respondió que se debía a la compresión del gas y por el roce entre partículas y un sexto estudiante dijo que se debía a la compresión del gas pues aumentaba su densidad. Con esta pregunta, se pedía una explicación del cambio de temperatura que experimenta el gas transferido a la botella A, cuestión que se estaba estudiando en las preguntas dos y tres, pero en esta ocasión no se trataba de una expansión sino de la compresión de un gas.

Como se observa en las respuestas, algunos estudiantes se limitan a mencionar un concepto sin dar ninguna explicación, puesto que un estudiante se lo atribuye a la temperatura del agua, otro estudiante intenta explicarlo desde una mirada microscópica y curiosamente un estudiante se lo atribuye debido a la densidad del gas.

En la pregunta diez, cuatro estudiantes respondieron que la energía cinética que adquiere el dardo es debido a la presión que hace el aire sobre él, un quinto estudiante respondió que se debe a la descompresión del gas y un sexto estudiante señaló que se debía al empuje que ejerce el aire sobre el dardo. Con esta pregunta se quería que los estudiantes notaran que para comprimir el aire dentro de la botella se debió efectuar un trabajo, luego se presentaría un incremento en la energía cinética de las moléculas dentro del recipiente, lo que les permite realizar un trabajo sobre el dardo lanzado. Nuevamente las respuestas se orientan a mencionar términos técnicos e ideas intuitivas sobre lo que se observa macroscópicamente.

En la pregunta once, tres estudiantes respondieron que la temperatura del gas se enfría debido a cambios de presión y los otros tres respondieron que la temperatura aumenta, dentro de los cuales dos dijeron que el aumento de temperatura es debido al aumento de la energía de las partículas. En este caso se está estudiando la expansión de un gas, al igual que en las preguntas dos y tres, pero con la diferencia que el gas realiza un trabajo. Es interesante ver como la mitad de los estudiantes dijeron que la temperatura disminuía y la otra mitad dijo que aumentaba, con lo cual se puede apreciar que algunos de ellos, están confundidos sobre quién realiza un trabajo y sobre qué se está realizando y como esto afecta la disminución o aumento de energía interna del gas.

En general se observó que los estudiantes que han aprobado los cuatro cursos de física se limitaron a justificar el fenómeno propuesto con base en conceptos relacionados con la presión, mientras que los estudiantes que no han visto los cursos de física brindaron una explicación más intuitiva y elaboraron un poco más sus respuestas, sin limitarse a enunciar conceptos, lo cual nos sirvió como punto de comparación con los resultados que se presentaron en la actividad realizada con los estudiantes del curso de Física Fundamental II (prueba exploratoria) cuyos resultados se presentan a continuación.

8.2. ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA PRUEBA EXPLORATORIA

Con anterioridad se indicó que la prueba piloto, cuyos resultados se presentaron en el apartado anterior, sirvió para establecer un nuevo cuestionario que se aplicó con 17 estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas y Física que se encontraban matriculados en el curso de Física Fundamental II, el cual se encuentra programado en el tercer semestre de la malla curricular de la Licenciatura en Matemáticas y Física, así que la mayoría de estudiantes que se encontraban en este curso se encontraban en tercer semestre, y ya habían cursado Física Fundamental I, en donde se estudia básicamente la cinemática y la dinámica. La idea de este cuestionario fue indagar sobre algunas ideas básicas de termodinámica (variables de estado, trabajo, energía interna, energía cinética) a partir de situaciones cotidianas o familiares al estudiante.

En el anexo B se presenta una tabla con un resumen de los resultados que se encontraron en las respuestas de los diecisiete estudiantes del curso de Física Fundamental II que asistieron el día 24 de abril a clase (fecha en la que se aplicó la prueba). A continuación se presentan en términos generales una síntesis de las respuestas obtenidas al aplicar la prueba exploratoria.

En la primer pregunta, seis estudiantes argumentaron en sus respuestas que el calentamiento de la bomba al inyectar aire al neumático, fue debido al incremento en la energía cinética de las moléculas de aire, a medida que se reducía el volumen; siete estudiantes justificaron que se debía a la presión dentro de la bomba; y cuatro estudiantes explicaron, que

por la fricción entre el émbolo y la parte cilíndrica de la bomba, a pesar de que en el enunciado se indicó que se despreciara la fricción entre el embolo de la bomba y las paredes interiores del tubo cilíndrico. El objetivo de esta pregunta se indicó en el análisis anterior (pregunta uno) y las modificaciones que se le realizaron a la misma. Se encontró además, que a pesar de clarificar algo en la pregunta, algunos estudiantes no tuvieron en cuenta esta indicación y justamente la usaron como argumento para explicar.

También se encontró que gracias a esta aclaración trece estudiantes explicaron el fenómeno a partir de ideas diferentes a la fricción, lo cual en comparación con los resultados de los seis estudiantes de la prueba piloto, muestra que cuando se limita la posibilidad de respuestas, quitando la opción más fácil o intuitiva, se incentiva a que el estudiante indague más a fondo sus ideas y detalle mejor sus argumentaciones. Llama la atención, los cuatro estudiantes que atribuyeron el calentamiento de la bomba a la fricción, es decir que si no existiera la fricción entre las paredes internas de la bomba al inyectar aire, no se percibiría ningún aumento de temperatura.

En este sentido los resultados de esta prueba nos sirven como insumo para diseñar actividades que le ayuden al estudiante a superar ciertos obstáculos. Se observaron también, algunos intentos de dar una explicación desde el punto de vista microscópico, pero brindando pocos detalles de lo que sucedía, lo cual en contraste con la pregunta uno que realizaron los seis estudiantes de la prueba piloto, muestra un progreso en el nivel de respuesta.

En la segunda pregunta, diez estudiantes argumentaron en sus respuestas que cuando se libera el gas que se encuentra en un extintor se enfría debido a la expansión al ser liberado y por entrar en contacto con el ambiente. Otros tres estudiantes justificaron que se debía a la ecuación de estado del gas ideal, pues al ser liberado el volumen aumenta y por ello la presión y la temperatura disminuirán. Tres estudiantes explicaron que debido a cambios de presión. Finalmente un estudiante argumentó que el gas se enfría por la estructura química del gas.

Esta pregunta, fue la misma que se realizó con los seis estudiantes de la prueba piloto, y sus argumentos fueron similares, aunque el porcentaje en cada uno fue diferente. Además en los resultados de esta prueba se encontró que tres estudiantes se basaron directamente en la ecuación de estado del gas ideal, mientras que en los estudiantes de la prueba piloto no se dio este tipo de respuestas, aun cuando cuatro de ellos ya habían estudiado esta ecuación cuando vieron el curso de Física Fundamental II; lo cual tal vez se debe al tiempo transcurrido desde el momento en que cada uno estudió esta ecuación.

En la tercera pregunta, siete estudiantes respondieron que se podía transferir el contenido del recipiente B al A, dadas las propiedades de compresibilidad de los gases. Seis estudiantes argumentaron que debido a la presión. Un estudiante respondió que a medida que ingresa el

agua se crea un vacío; una estudiante dijo que por la densidad del agua y del gas; un estudiante lo justificó por la capacidad de la botella para soportar la presión y finalmente un estudiante escribió que no se han especificado a qué presión están los gases.

Con la prueba piloto se habían encontrado varias falencias que obligaron a modificar el enunciado de esta y otras preguntas, con el fin de eliminar ambigüedades y limitar el tipo de respuesta de los estudiantes. Esta pregunta corresponde a la pregunta siete de dicha prueba, y los resultados en algunos casos fueron similares, salvo que en esta ocasión un estudiante dijo que se debía a la creación de un vacío generado por el ingreso del agua al llenar la botella B, aunque no especifica cómo es que se crea ese vacío. Hubo un estudiante que explicó que si la botella era resistente a los cambios de presión, entonces naturalmente se podría transferir el gas de la botella B a la A, lo cual desde el sentido común es lógico y por tanto es una respuesta adecuada, aunque no era lo que se esperaba con esta pregunta.

En la pregunta cuatro, catorce estudiantes respondieron que la temperatura del gas inmediatamente después de ser transferido, aumenta. Dos estudiantes argumentaron que la temperatura debería variar sin especificar si había un aumento o disminución. Por último, un estudiante justificó que la temperatura permanecería constante. Esta pregunta es la misma pregunta ocho de la prueba piloto aplicada a los seis estudiantes, pero en comparación con los resultados de ese cuestionario, se observa que en este caso la mayoría de las respuestas se orientaron en mencionar que la temperatura aumentaba, a excepción de dos que no especificaron si aumentaba o disminuía y uno que indicó que permanecía constante porque es agua que está a presión constante, lo cual a nuestro parecer indica que el estudiante tal vez se estaba refiriendo a lo que sucede en el recipiente B y no al recipiente A como se indicaba en la pregunta, aunque en tal caso es extraño que decidiera aplicar la ecuación de estado del gas ideal en el agua.

Se puede inferir de los resultados anteriores que cuando un estudiante se encuentra viendo un curso tiene mayores posibilidades de responder acertadamente, tal vez porque tiene un contacto más reciente con un saber, a partir de la interacción en el aula y las experimentaciones en el laboratorio, mientras que un estudiante que ya ha visto un curso con anterioridad tiende a olvidar rápidamente algunos conceptos estudiados.

En la pregunta cinco, seis estudiantes respondieron que los cambios de temperatura en el recipiente se deben a que las moléculas incrementan su rapidez, hay más colisiones y por tanto aumenta la energía cinética. Ocho estudiantes argumentaron que el cambio de temperatura se debía a cambios de presión; un estudiante se refirió a que la temperatura del recipiente cambia porque el agua está a mayor temperatura; otro estudiante respondió que se debía a la fricción que va a tener el gas con la pared de la botella y finalmente un estudiante dijo que de haber un cambio en la temperatura, se debía a que hubo un orificio en alguna de las botellas. Es

intrigante encontrarse en las respuestas, a un estudiante que dijo que la temperatura del recipiente cambia porque el agua está a mayor temperatura, aun cuando antes de la pregunta se especificaba que el agua se encuentra a temperatura ambiente; también llama la atención cuando un estudiante responde que si se presenta algún cambio en la temperatura es porque algunas de las botellas tiene un orificio, a pesar de que antes de la pregunta, se señaló que no hay escapes de agua ni del gas.

En comparación con las respuestas dadas por los estudiantes de la prueba piloto (que corresponde a la pregunta 9 de ese cuestionario), se observa que los estudiantes que presentaron esta prueba experimental intentaron ser más explicativos con sus respuestas y algunos utilizaron una mirada microscópica del fenómeno para entenderlo.



Figura 7. Estudiantes durante la prueba exploratoria

En la pregunta seis, siete estudiantes respondieron que la energía cinética que adquiere el dardo es debida a la presión del aire sobre la botella. Seis estudiantes argumentaron que se debe a la incremento en la rapidez de las moléculas del aire dentro de la botella, lo cual hace que aumenten su energía cinética. Otros dos estudiantes señalaron que la energía cinética que adquiere el dardo es debida a la fuerza que ejerce el aire sobre él, al abrir la llave.

Por último dos estudiantes no respondieron. Esta pregunta fue modificada de la pregunta diez de la prueba piloto, con el objetivo de brindar una explicación más detallada del funcionamiento del dispositivo que hipotéticamente se utiliza, para que la pregunta fuera más comprensible para los estudiantes. Si se comparan las respuestas dadas en la prueba piloto y en esta prueba exploratoria, se observa que en esta última hubo un grupo de estudiantes que se aproximaron a dar una respuesta desde una mirada microscópica, al atribuir esa energía al choque molecular, aunque no detallan muy a fondo lo que sucede. También se observa que

algunas respuestas, se orientaron desde una mirada intuitiva cuando se considera que la energía cinética que adquiere el dardo se debe al empuje que ejerce el aire sobre él.

En la pregunta siete, cuatro estudiantes respondieron que la temperatura del gas en la botella disminuye debido a cambios de presión. Tres estudiantes argumentaron que la temperatura disminuye porque en el instante en que es disparado el dardo hay menos colisiones moleculares; otros tres estudiantes también mencionaron que la temperatura disminuye, pero no explicaron por qué sucedía. De forma similar, dos estudiantes respondieron que la temperatura disminuye debido a la expansión del gas. También se encontró un estudiante que dijo que la temperatura disminuía, para lo cual se apoya en la ecuación de estado del gas ideal. De otro lado, dos estudiantes respondieron que la temperatura aumentaba debido a la fricción causada por el movimiento del aire. Finalmente los dos estudiantes que no habían respondido a la pregunta anterior, tampoco lo hicieron en esta.

Esta pregunta permaneció igual a la formulada en la pregunta once de la prueba piloto, pero mientras en la prueba piloto la mitad de los estudiantes respondieron que la temperatura disminuía y la otra mitad dijo que la temperatura aumentaba, para esta prueba exploratoria se encontró que la mayoría consideraba que la temperatura disminuía y solo dos dijeron que aumentaba, además las explicaciones de por qué disminuía fueron variadas. Aun se observa la tendencia a explicar los cambios de temperatura debido a cambios de presión, a excepción de tres estudiantes que la explicaron por la disminución de los choques entre partículas, aunque sin explicar por qué sucede.

En general en este cuestionario se observó un progreso en el nivel de las respuestas, pues fueron más argumentadas, algunos estudiantes intentaron explicar un fenómeno desde una mirada microscópica, lo que les amplió el panorama de respuestas. Aun se observa la tendencia a explicar que los cambios de temperatura y de energía cinética se deben a cambios de presión, pero se intenta rebasar el mero hecho de mencionar el concepto al intentar dar una explicación, aunque no sea muy profunda. Algunos estudiantes, siguen considerando la fricción como la causante del calentamiento de un objeto, a pesar de que se ha dicho que se desprece los efectos de la fricción.

Se encontró también, algunos casos en los que la presión se asume como fuerza de empuje para explicar un suceso. Algunos estudiantes explican que los cambios de temperatura se deben a propiedades químicas de algún material, o porque el medio con el que se encuentran en contacto está a una temperatura más elevada (o menor), lo que implicaría que se generen cambios de temperatura para llegar a un equilibrio térmico, y esto se da aun cuando se especifica que un sistema y el medio con el cual está en contacto se encuentran a temperatura ambiente.

En comparación con los resultados de la prueba piloto, se observa que los cambios realizados en este cuestionario propiciaron un progreso en las respuestas de los estudiantes, pues fueron más argumentadas, en lugar de sólo enunciar conceptos, y por las clarificaciones que se hicieron en el cuestionario, se logró limitar el tipo de respuestas esperado, pues se intentó que sus respuestas no fueran lo más simples posibles, sino que razonaran un poco más sobre ellas, buscando coherencia en sus argumentos y que los relacionaran con conceptos trabajados en clase.

8.3. ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

La actividad experimental fue aplicada a dos estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas y Física que se encontraban matriculados en el curso de Física Fundamental II, periodo febrero-junio de 2014. Sin embargo, para este análisis solo se tomará en cuenta los resultados de uno de los estudiantes, debido a inconvenientes con el otro estudiante. Como se puede apreciar algunas de las preguntas de la prueba exploratoria, son similares a las de la actividad experimental, pues se buscaba indagar nuevamente sobre las interpretaciones físicas de un fenómeno, pero esta vez desde la parte experimental, es decir en donde el estudiante tuviera la oportunidad de utilizar ciertos materiales y ver en funcionamiento un fenómeno, así como realizar observaciones que le permitieran establecer ciertas conclusiones. Además es una buena oportunidad para comparar las respuestas dadas por el estudiante y así identificar si hubo avances, como efectivamente se describirá a continuación.

Es importante aclarar que estas preguntas fueron formuladas siguiendo una secuencia con el propósito de guiar al estudiante al establecimiento de un modelo (expansión adiabática de un gas), que le permita comprender un fenómeno (trabajo realizado por un gas en expansión adiabática), a partir de una situación real y sometida a diversos factores de la naturaleza.

En la primer pregunta de la actividad experimental, se buscó indagar sobre el cambio de temperatura de un gas cuando se comprime dentro de una botella; este fenómeno es similar al que se indaga en la pregunta cuatro de la prueba exploratoria, aunque se debe aclarar que en la actividad experimental no se pedía explicar por qué sucedía tal cambio, sino simplemente identificar si variaba o no. Al respecto, en ambas preguntas el estudiante dijo que la temperatura aumentaba, pero en la actividad experimental mencionó que el aumento que percibió era pequeño (basándose en su sentido del tacto), mientras que en la prueba exploratoria dijo que el aumento de temperatura se debía a la disminución del volumen y el aumento de presión, lo cual nos hace creer que se estaba basando en la ecuación de estado del gas ideal. Analizando estas actividades se notaron falencias en la actividad experimental, pues no se indagó sobre los motivos de los cambios de temperatura, es decir por qué cree que

aumenta la temperatura, pues esto hubiera brindado información sobre el modelo “teórico” en el cual se apoyaba el estudiante para dar sus explicaciones.

En la segunda pregunta de la actividad experimental se estudia la expansión adiabática de un gas ideal, lo cual también se hizo en las preguntas dos y siete de la prueba exploratoria, en donde en ambas actividades el estudiante dijo que la temperatura disminuía, pero sus explicaciones fueron diferentes en cada prueba, puesto que en las dos preguntas de la prueba exploratoria su explicación se basó en la ecuación de estado del gas ideal, asumiendo que cuando aumenta el volumen y disminuye la presión entonces disminuye la temperatura.

En comparación a lo anterior, se encontró que en la actividad experimental su explicación fue más detallada, y mencionó que entre más inyecciones de aire, mayor fue la disminución de la temperatura en el momento de la expansión; se puede constatar que en este caso ya no solo atribuye la disminución de la temperatura a variables como presión y volumen, sino que la cantidad de aire en la botella también juega un papel importante.

En la tercer pregunta se indagó sobre la relación que existe entre el alcance obtenido por el dardo y el número de inyecciones de aire que se ha ingresado en la botella, en la que se esperaba que el estudiante diera una explicación de la observación del fenómeno estudiado, frente a esto, el estudiante se basó en su sentido visual para indicar que era una relación directa pero sin asegurar que era proporcional como lo manifestó en el siguiente fragmento: *"... es una relación directa; pero no podría decir que es directamente proporcional debido a que el alcance no aumenta con una regularidad."*, se debe aclarar que esta pregunta solo se formuló en la actividad experimental, pues en la actividad exploratoria solo se utilizaron preguntas en las que el estudiante debía utilizar su intuición y sus conocimientos sin necesidad de estar observando el fenómeno.

En la cuarta pregunta se tenía previsto que el estudiante manifestara que hay una relación directa entre el número de inyecciones de aire y la velocidad con la que es expulsado el dardo, es decir que mientras se aumenta la masa del gas en la botella, mayor sería el trabajo que éste realizaría sobre el dardo y por lo tanto mayor sería la velocidad de expulsión. El estudiante identificó que la velocidad del dardo aumentaba a medida que se realizaban más inyecciones de aire si se dejaban los demás parámetros constantes, tal como lo manifestó en el siguiente fragmento: *"... debido a mayor número de inyecciones mayor es el alcance del dardo, manteniendo todos los otros parámetros constantes..."*, aunque no indica a qué parámetros se está refiriendo. Esta pregunta sólo se formuló en esta actividad, pues se centra en una práctica experimental, y por lo tanto no era pertinente en la prueba exploratoria, pues en ese caso el estudiante no tenía un contacto directo con el fenómeno y solo podría hacer conjeturas, de acuerdo a su experiencia y conocimientos.



Figura 8. Ensamble del dispositivo para la actividad experimental

La quinta pregunta tiene gran relación con la sexta pregunta de la prueba exploratoria, pues en la actividad experimental se indaga sobre qué ocurre con la energía cinética que adquiere el dardo cuando se aumenta el número de inyecciones de aire, mientras que en la prueba exploratoria se indaga sobre la procedencia de dicha energía. Aquí el estudiante menciona que ésta se debe a la ecuación de continuidad, al haber diferencias de presión cuando el aire trata de escapar, y por diferencias de áreas, lo cual ocasiona que el gas tenga un cambio considerable de velocidad e impulse al dardo.

Por su parte, en la actividad experimental, la energía cinética del dardo es generada por el aumento en la energía interna dentro de la botella, al aumentar el número de moles dentro de ella. En estas respuestas se puede observar que en la actividad experimental el estudiante tuvo un nivel de aproximación a un fenómeno desde una mirada macroscópica a una mirada microscópica, lo cual nos parece un avance significativo en la explicación del fenómeno propuesto.

En la pregunta seis, se pide que el estudiante plantee una explicación, desde un modelo corpuscular de la materia¹⁴, sobre lo que observó experimentalmente, para lo cual se le proporcionaron algunas consideraciones a tener en cuenta, además, contaba con algunos datos tomados por él en la actividad experimental (decaimientos de temperatura al ser liberado el gas para cierto número de inyecciones de aire y distancias alcanzadas por el dardo) y con los modelos teóricos trabajados en el curso de Física Fundamental II.

¹⁴ Cuando se habla de modelo corpuscular de la materia, se hace referencia a que la materia está constituida de partículas pequeñas, las cuales son las moléculas y los átomos, teniendo en cuenta los diferentes estados de la materia, así como la existencia del principio de conservación de la energía.

En su respuesta el estudiante estableció que al ser tan rápida la expansión del gas, no hay transferencia de calor con el medio y que entre mayor sea el número de inyecciones de aire en la botella, mayor será el trabajo efectuado por el gas sobre el dardo, además en su planteamiento asumió que la energía cinética que adquirió el dardo es igual al trabajo realizado por el gas sobre el dardo, tal como se le había sugerido en la pregunta. También estableció, que a medida que se aumenta el número de inyecciones la velocidad inicial del dardo aumenta, pues al considerar el trabajo igual a la energía cinética se dio cuenta que la velocidad depende del trabajo realizado, y como éste aumenta cuando se incrementa el número de inyecciones de aire, entonces la velocidad inicial también se debe incrementar.

Tomando textualmente la respuesta (ver anexo C), el estudiante escribe:

Debido a que en el momento de abrir la botella la expansión del aire ocurre a gran velocidad, podemos decir que no hay intercambio de energía con el ambiente es decir $Q=0$ por lo que tenemos que $dU = -W$, de ahí se sigue que $W = -dU$; pero sabemos que dU es una constante y que $dU = n(C_v)(dT)$; es decir que $W = -n(C_v)(dT)$. $dT = T_2 - T_1$ por lo que $W = n(C_v)(T_1 - T_2)$. Como pudimos observar experimentalmente en el momento de la expansión $T_1 > T_2$, es decir que $T_1 - T_2$ será siempre positivo y esta diferencia aumentara con el numero de inyecciones; también sabemos que n aumenta con el numero de inyecciones; y como C_v es una constante positiva, podemos concluir que a mayor numero de inyecciones mas trabajo realizara el gas sobre el dardo.

Ahora si hacemos $W = K_1$, entonces $(1/2)(m)(v_1)^2 = W$; ya que tanto como W y m son cantidades positivas $v_1 = \text{raíz cuadrada de } ((2.W)/m)$ y como m del dardo es constante podemos afirmar que a medida que se aumenta el numero de inyecciones la velocidad inicial del dardo aumenta

Aprovechando los resultados a los que llegó el estudiante, nos parece pertinente señalar que en el trabajo que realizamos en el curso de Física Fundamental II en el 2012, llegamos a resultados similares, solo que en nuestro caso se tomaron más datos con los cuales realizamos tablas, gráficos, y establecimos conclusiones similares a las del estudiante de esta prueba, pero apoyados en datos cuantitativos y no solo cualitativos (ver anexo D). En el siguiente apartado se presenta una comparación más detallada entre los resultados planeados por el estudiante que realizo esta actividad y los que obtuvimos en nuestra práctica experimental, realizada durante el periodo febrero-junio de 2012.

Finalmente, las preguntas iniciales sirvieron de apoyo para la pregunta final, como se pretendía, es decir, cada pregunta constituyó una puntada para la elaboración de la respuesta que justificará el fenómeno físico que se indagaba en la pregunta final de la actividad experimental.

8.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL 2012 Y LOS OBTENIDOS EN EL 2014

En el marco teórico se mostró una comparación entre los modelos de movimiento parabólico y trabajo efectuado por un gas en expansión adiabática, mediante los cuales se podían obtener aproximaciones de la velocidad inicial con la que salía un dardo lanzado desde un dispositivo. Estos datos fueron los tomados mientras estábamos en el proceso de comprensión del fenómeno, durante el proyecto que realizamos en el 2012, y a partir de nuestra experimentación se diseñaron unas actividades que se desarrollaron con estudiantes de grado decimo y once de educación secundaria, como se puede consultar más detalladamente en los anexos (ver anexo D).

Las actividades propuestas se enfocaron en el modelo del movimiento parabólico, pues en estos grados los estudiantes se encuentran más familiarizados con estos conceptos y se explicó de manera breve el modelo de expansión adiabática de un gas, para mostrar que mediante este modelo también se podía obtener una aproximación de la velocidad inicial con la que sale el dardo.

Durante esta actividad no hubo oportunidad de indagar las ideas previas de los estudiantes y sus comprensiones luego de realizar la actividad, pero si se observó interés en el desarrollo de la experimentación y el uso del dispositivo, así como un ambiente de participación en el que el estudiante planteaba conjeturas y posibles explicaciones, basadas principalmente en su intuición.

Por la experiencia llevada a cabo durante el proyecto del 2012, se decidió profundizar en el fenómeno estudiado, y se diseñaron nuevas actividades (que son las que se presentan en este proyecto), pero en esta ocasión se dirigieron a estudiantes que se encontraban cursando Física Fundamental II en la Universidad del valle, como se ha indicado con anterioridad. Se conservó el problema de encontrar la velocidad inicial con la que se lanza un dardo desde un dispositivo pero en esta ocasión, las actividades experimentales se enfocaron en el modelo de expansión adiabática de un gas, dado que este es un tema que se aborda en el curso de Física Fundamental II y con las actividades aquí propuestas se pretendía fortalecer su comprensión. Las actividades que en este proyecto se presentan son diferentes a las que realizaron en el 2012, dadas las diferencias de los estudiantes a los cuales se dirigían, y de igual forma los objetivos que se pretendían alcanzar fueron diferentes.

Con los estudiantes del proyecto realizado en el 2012, se pudo despertar el interés por las actividades experimentales, el planteamiento de conjeturas y la formulación de explicaciones. Por su parte en este proyecto se brindó un apoyo a los estudiantes que participaron en las diferentes pruebas, en especial al estudiante que participó en la actividad experimental, pues el desarrollo de esta actividad le permitió utilizar los conceptos y modelos teóricos trabajados en clase, así como sus ideas previas y los datos tomados en la experimentación para comprender

un fenómeno, y que le permitía al final hallar una aproximación de la velocidad inicial con la que sale el dardo, mediante un modelo diferente al del movimiento parabólico. Es decir indirectamente se relacionaron diversos conceptos y modelos físicos, y la experimentación se convirtió en el mecanismo para “visualizar” los conceptos trabajados.

A lo largo de este tiempo, fue mucho el esfuerzo que se realizó y surgieron varios retos, pero aun así se continuó trabajando, pues la experiencia y su posterior reflexión nos permite comprender que la labor docente es compleja y se necesita estar dispuesto a mejorar en todo momento, independiente de los resultados que se obtengan. Así mismo, es importante que se escriban las experiencias realizadas y los resultados obtenidos, así como, compartir y socializar estas experiencias para construir comunidades de aprendizaje.

9. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de las diferentes pruebas, en especial de la actividad experimental, se propició un ambiente de exploración, experimentación y de acercamiento al fenómeno estudiado. En términos generales, se observó que la experimentación es un punto fuerte para desarrollar actividades en el aula, pues brinda grandes posibilidades en la comprensión y contextualización de un fenómeno, ya que el estudiante tiene la posibilidad de manifestar sus ideas, creencias, conocimientos y, mediante la manipulación de unos instrumentos, puede observar y tomar datos que le permiten tener una comprensión más significativa de los contenidos teóricos trabajados en clase.

Es decir, la teoría adquiere un nuevo sentido para el estudiante y se facilitan los procesos de conceptualización, en este sentido el conocimiento no está “muerto” sino que se construye activamente con la participación del estudiante, y de esta forma puede dar importancia a ciertas herramientas conceptuales y formas de razonar potentes en la solución de problemas.

El desarrollo de actividades experimentales propicia un ambiente de investigación, de exploración, observación, formulación de preguntas, búsqueda de explicaciones, establecimiento de relaciones, compartir y debatir con otros sus inquietudes, en donde el estudiante utiliza su pensamiento, conocimiento y habilidades, aproximándose así a la manera de proceder científicamente, lo que le permite dar significado a los conceptos estudiados en clase y desarrollar su capacidad de razonar sobre ellos, permitiendo que sea más competente personal como cognitivamente.

De esta forma se propicia una mirada crítica del conocimiento, en el sentido de que éste no se asume como un “objeto” finalizado, sino en proceso de construcción y evolución, en donde el

estudiante juega un papel fundamental, ya que se relacionan los modelos físicos idealizados, la experimentación realizada por el estudiante y sus conocimientos previos.

Por lo anterior, se debe ser cuidadoso en el diseño de cualquier actividad experimental, evitando recurrir a un recetario, en el que se dan unas instrucciones o pasos que lleven a determinados resultados ya establecidos, pues con la experimentación se busca dar una ayuda en la comprensión de un concepto o un modelo teórico o incluso superar ciertos obstáculos, por lo cual es importante que la formulación de las preguntas apunten hacia el concepto que se desea trabajar, planteando restricciones, evitando el desvío hacia cierto tipo de respuestas, y que permitan profundizar en el fenómeno estudiado.

Pues como se pudo apreciar en algunos resultados de las pruebas anteriores, son muchas las ideas que tienen los estudiantes y sus respuestas pueden llegar a ser muy simples, aludiendo solo a palabras, sin profundizar en explicaciones, y por eso cuando se limita la posibilidad de respuestas, quitando la opción más fácil o intuitiva, se incentiva a que el estudiante indague más a fondo sus ideas y detalle mejor sus argumentaciones, como se pudo notar en la prueba exploratoria y en la actividad experimental.

A lo largo del desarrollo de este proyecto se han presentado diferentes retos en el diseño de actividades que ayuden al estudiante en la construcción y comprensión de un modelo teórico y sus conceptos involucrados. Este trabajo permite comprender algunas de las dificultades que presenta la labor docente y por tanto adquiere sentido la sistematización de la práctica docente, pues en el momento de sistematizar la experiencia se analiza el trabajo realizado, se reconocen sus fortalezas y debilidades, se proponen alternativas para mejorar las actividades propuestas y se genera un ambiente de constante investigación, en el que se busca mejorar la práctica.

Como se dijo antes, sistematizar la experiencia nos permite mejorar nuestra formación y nos hace conscientes de que los procesos de enseñanza y aprendizaje son dinámicos, y es importante por ello que se socialicen, teniendo en cuenta que en ocasiones los resultados esperados no son los que se obtienen al final del trabajo, y por lo tanto se debe tener la disposición a asumir retos, enfrentar los resultados y procurar mejorar en todo momento.

De otro lado, sistematizar la experiencia para mejorar la práctica educativa, requiere cambios en la metodología de evaluación que propicien un ambiente de trabajo diferente al convencional, en donde el estudiante se interesa por su propio aprendizaje, con la posibilidad de profundizar en tópicos de su interés, sin estar ligados a ciertas exigencias de evaluación tradicional, pero siempre con la guía u orientación brindada por el profesor. De esta forma se evita, en parte, caer en la rutina de evaluación tradicional, en donde se evalúa un aprendizaje por contenidos y por repetición, y por el contrario se promueve un aprendizaje dinámico, en

donde el estudiante y su conocimiento juegan un papel fundamental en la construcción de modelos teóricos y conceptos.

Por ello, es provechoso cambiar la metodología de evaluación y de enseñanza en el aula de clase, pues esto genera cambios en el aprendizaje que tiene el estudiante, y en nuestra experiencia personal sí que los tuvo, pues nos permitió profundizar en algunas ideas que no se alcanzan a trabajar en el aula, nos involucró en una actividad de nuestro interés y nos dio una nueva visión de lo que significa hacer ciencia, y esto es justamente lo que se pretendió con esta propuesta, el diseño de unas actividades que resulten motivantes para el estudiante, que despierten su curiosidad y que le permitan fortalecer sus capacidades cognitivas, en especial su pensamiento científico, recreando un ambiente científico, exploratorio y de aprendizaje, que fomente el desarrollo de competencias científicas, que le faciliten la interpretación y el análisis de diferentes conceptos físicos, utilizando la experimentación como instrumento fuerte en la comprensión de un fenómeno. Pues es gracias a la experimentación, que se puede fortalecer el pensamiento científico en los estudiantes.

En el caso particular de la actividad experimental propuesta, se logró, de acuerdo a las respuestas dadas por el estudiante que realizó dicha actividad, que el estudiante manifieste que la variación de la cantidad de gas dentro de la botella genera cambios de temperatura, cuando hay una expansión adiabática, y formule explicaciones de dicho comportamiento, basándose en sus conocimientos y los conceptos trabajados en clase, y al tiempo que formule conjeturas sobre la influencia que tiene dicha variación de la cantidad de gas dentro de la botella, tanto en la velocidad inicial como el alcance horizontal de un objeto lanzado en movimiento parabólico, apoyándose para ello, en las observaciones de diferentes lanzamientos y en los datos que midió.

Por lo anterior, se puede identificar que la práctica experimental contribuyó en la comprensión de un fenómeno (expansión adiabática de un gas), y ayudó en la comprensión de varios conceptos asociados a dicho fenómeno, al tiempo que permitió relacionar varios conceptos de la Física y estudiar un fenómeno (la velocidad con la que sale un dardo) desde dos modelos teóricos (el movimiento parabólico y el trabajo realizado por un gas en expansión adiabática). Es decir, se están articulando dos modelos físicos y diferentes conceptos, los que le pueden contribuir al estudiante a acercarse a una comprensión sobre una de las formas de “hacer ciencia”.

10. BIBLIOGRAFÍA

Abbott, J., Terence, Ryan. (1999). "Constructing Knowledge and Shaping Brains" consultado en <http://www.21learn.org/archive/constructing-knowledge-reconstructing-schooling/>

Ausubel, D. (1978). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas. México D.F.

Ausubel, D. Novak, J. Hanessian, H. (1983) *Psicología educativa*. México: Trillas. Edición en español: *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. (2002) Barcelona: Paidós Ibérica.

Bain, K. (2007). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios* (Segunda ed.). (Ó. Barberá, Trad.) Valencia, España: Universidad de Valencia.

Bonilla, A. (2013). *Contribuciones del saber práctico, al reconocimiento del saber previo relacionado con el movimiento de proyectiles estudio de caso: un estudiante de básica secundaria sin instrucción al respecto*. Tesis de maestría. Universidad del Valle.

Cendales, L. Carrillo, A. *La sistematización como experiencia investigativa y formativa*. Bogotá: Dimensión Educativa, 2003.

Driver, R. (1987). *Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias*. En: Enseñanza de las ciencias. Vol. 6. No. 2. Barcelona.

Gil, D. (1986). *Metodología científica y enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas*. En: Enseñanza de las ciencias. Vol. 4. No. 2.

Hashweh, M. (1986). *Towards an explanation of conceptual change*. European Journal of Science Education. 8 (3), p. 229-249.

Hewitt, P. (2007). *Física Conceptual*. México: Editorial Prentice Hall.

Hodson (1992). *Assessment of practical work. Some considerations in philosophy of Science*. Science and Education. 1 (2), p. 115-144.

Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 513 p.

Marapacuto, J., Medina, Y., (2011). *Leyes de los gases*. Recuperado el 3 de Octubre de 2014, de <http://www.monografias.com/trabajos91/leyes-gases-quimica/leyes-gases-quimica.shtml>

Martínez, J., Verdú, R., Gil, D., Callejas, M., Ewert, A., García, G., . . . Quiroga, J. (2005). *Desarrollo de competencias en ciencia e ingenierías: Hacia una enseñanza problematizada*. Bogotá, Colombia: Cooperativa Editorial Magisterio.

Mestre J. P. (2001). *Implications of research on learning for the education of prospective science and physics teachers*. En: Physics Education. Volume 36 (January), p. 44-51.

Millar, R. (1989). *Constructive criticisms*. International Journal of Science Education. 11, p. 587-596.

Ministerio de Educación Nacional (1998). *Matemáticas. Lineamientos curriculares*. MEN. Bogotá. (Hay una edición del mismo año en la Cooperativa Editorial Magisterio. Bogotá).

Ministerio de Educación Nacional (2006a). *Estándares Básicos de Competencias en Matemáticas. Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas*. MEN. Bogotá.

Ministerio de Educación Nacional (2006b). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Sociales y Ciencias Naturales. Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas*. MEN. Bogotá.

Ministerio de Educación Nacional (2010). *Propuesta de lineamientos para la formación por competencias en educación superior*. MEN. Bogotá.

Novak, J. D. (1988) *Constructivismo humano: un consenso emergente*. Versión castellana de Joaquín Martínez Torregrosa. En: Enseñanza de las Ciencias. Vol.6. No.3

Osborne R., Freyberg P. (1998). El Aprendizaje de las ciencias: implicaciones de las "ideas previas" de los Estudiantes. Narcea S.A. De Ediciones. Capítulo 4. P. 75.

Perea, A. (2013). *La construcción del conocimiento científico: ¿un problema de lenguaje?* Cali, Colombia. Universidad del Valle

Sears, M. Zemansky y H. Young (2009), *Física Universitaria*, vol. 1 (12ª ed.), Addison Wesley. Mexico

Uribe, C. (2010). *La transformación en la explicación y comprensión del movimiento: desde la concepción Aristotélica hacia la Newtoniana* (1ª ed.). Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle.

Viennot, L. (1976). *Le Raisonnement Spontané en Dynamique Élémentaire*. Tesis doctoral. Paris: Université Paris 7.

11. ANEXOS

11.1. ANEXO A

PRUEBA PILOTO

A continuación se presentan parte de las respuestas, dadas por los 6 estudiantes que respondieron a esta prueba. Uno de los objetivos de la misma, consistía en indagar acerca de algunos conceptos estudiados por la termodinámica, desde el planteamiento de algunas situaciones hipotéticas. Pero además, queríamos evaluar aspectos como la forma y la presentación de las preguntas planteadas, de tal modo que sirvieran de insumo para la prueba exploratoria.

Preguntas	Estudiantes que han visto física universitaria	
	Estudiante 1	Estudiante 2
1. ¿por qué sientes que se calienta la bomba de inyectar aire?	Por la presión de aire	Por la fricción de la bomba al intentar ingresar aire al neumático
2. El gas que se encuentra a alta presión dentro de un extintor se enfría al salir ¿Por qué crees que sucede esto?	porque merma la presión	Este gas se encuentra a una muy baja presión y esta presión tiene relación con la temperatura, cuando los gases están a baja presión el movimiento de partículas el movimiento es muy baja por eso está a una menor temperatura.
3. Al dispararla, el aire que estaba comprimido en las capsulas se enfría. ¿Por qué crees que sucede esto?	Porque disminuye la presión	Esta tiene relación con la pregunta anterior al cambiar de presión se siente este aire más frío
4. ¿Por qué en un encendedor observas un líquido dentro de él, si lo que hay realmente es un gas depositado?	Porque es gas a alta presión	Supongo es por la presión a la que se encuentra el gas
5. ¿qué crees que sucedió con el contenido del encendedor cuando se deja escapar y por qué crees que sucedió ello?	C) porque se expandiría rápidamente en el medio	C) es un gas que se evapora en el aire por el cambio de presión y de temperatura
6. Cuando se deja escapar el gas contenido en el encendedor, notas que éste se enfría ¿Por qué crees que sucede esto?	Porque disminuye la presión	Cambio de presión y de temperatura

Preguntas	Estudiantes que han visto física universitaria	
	Estudiante 1	Estudiante 2
7. ¿Por qué crees que es posible transferir el gas del recipiente B al recipiente A sabiendo que B tiene mayor volumen que A?	Por las diferencias de presión	Porque el gas puede ser comprimido mucho más que el agua en este caso el gas se puede comprimir tres veces
8. ¿Qué crees que debe suceder con la temperatura del recipiente A?	Se calentará, pues disminuye el volumen y la presión aumenta	Se calienta porque las partículas en movimiento están más cerca y tienen cerca y tiende haber más fricción
9. En caso de que haya un aumento o disminución de la temperatura, ¿a qué crees que se debió dicho cambio?	A la presión	El cambio de presión al que fue obligado el gas
10. ¿Qué crees que le sucede a la temperatura del gas en la botella en el instante en que es disparado el dardo?	Se enfría, pues la presión disminuye	Se enfría por el cambio de presión, las partículas dentro del gas están cada vez más alejadas con menos posibilidades de choques entre ellas con esto una menor fricción por tanto menos calor
11. ¿De dónde crees que sale la energía cinética que adquiere el dardo?	De la presión, pues se libera	De las presión en las que se encuentra el aire si este se libera hay una mayor presión de aire saliendo la cual da movimiento al dardo

Preguntas	Estudiantes que han visto física universitaria	
	Estudiante 3	Estudiante 4
1. ¿por qué sientes que se calienta la bomba de inyectar aire?	Con el flujo de aire y el movimiento sobre la bomba se produce calor y por ende un trabajo. La energía generada en este trabajo se pierde en una parte por medio de calor. Por eso se calienta la bomba	Esta se calienta debido, al rozamiento que hay entre el émbolo y la parte cilíndrica de la bomba. En realidad el trabajo de rozamiento, se transforma, en energía, produciendo esa sensación de calor
2. El gas que se encuentra a alta presión dentro de un extintor se enfría al salir ¿Por qué crees que sucede esto?	Porque el gas encerrado esta frio ; pues para poder envasar el gas es necesario enfriarlo para que el estado cambie y las moléculas se compriman	El extintor se enfría dado a que en el interior de él, hay menos presión, lo cual quiere decir que hay menos cantidad de movimiento de partículas al interior de él
2. Al dispararla, el aire que estaba comprimido en las capsulas se enfría. ¿Por qué crees que sucede esto?	Por la misma razón de la pregunta 2	Ignoraba que eso ocurría

Preguntas	Estudiantes que han visto física universitaria	
	Estudiante 3	Estudiante 4
4. ¿Por qué en un encendedor observas un líquido dentro de él, si lo que hay realmente es un gas depositado?	Porque éste depositado a una temperatura en donde el gas se condensa y cambia a estado líquido	Dicho líquido se encuentra condensado
5. ¿qué crees que sucedió con el contenido del encendedor cuando se deja escapar y por qué crees que sucedió ello?	C) pues con la temperatura ambiente se calienta y se expande cambiando de estado	C) estado gaseoso, quizás pueda estallar
6. Cuando se deja escapar el gas contenido en el encendedor, notas que éste se enfría ¿Por qué crees que sucede esto?	Por la misma razón de 2	Debido a la presión
7. ¿Por qué crees que es posible transferir el gas del recipiente B al recipiente A sabiendo que B tiene mayor volumen que A?	Porque el gas tiene poca densidad, sus moléculas están separadas. Al comprimirlo ocuparía menos volumen.	Debido a la presión
8. ¿Qué crees que debe suceder con la temperatura del recipiente A?	Disminuye	Mantiene la temperatura
9. En caso de que haya un aumento o disminución de la temperatura, ¿a qué crees que se debió dicho cambio?	Un gas al comprimirse se vuelve más denso y esto ocurre cuando la temperatura del aire disminuye	A la temperatura del líquido que entra al recipiente B
10. ¿Qué crees que le sucede a la temperatura del gas en la botella en el instante en que es disparado el dardo?	Aumenta, pues la energía cinética de las moléculas aumenta	Se incrementa la temperatura
11. ¿De dónde crees que sale la energía cinética que adquiere el dardo?	De la liberación del aire del recipiente. Pues al liberarse, el aire se expande desplazando el dardo	De la presión que hace el aire sobre el dardo

Preguntas	Estudiantes que no han visto física universitaria	
	Estudiante 5	Estudiante 6
1. ¿por qué sientes que se calienta la bomba de inyectar aire?	Por la fricción que se crea entre la válvula de la bomba y la de la bicicleta, esta repetición de la acción tiene sus consecuencias	La bomba se calienta producto del rozamiento del embolo con el tubo
2. El gas que se encuentra a alta presión dentro de un extintor se enfría al salir ¿Por qué crees que sucede esto?	Porque se encuentra comprimida y entró bajo presión cuando sale se mezcla con la temperatura ambiente la cual lo enfría	Cuando el gas se libera se expande
3. Al dispararla, el aire que estaba comprimido en las capsulas se enfría. ¿Por qué crees que sucede esto?	El aire se enfría al mezclarse con la temperatura ambiente y la presión disminuye	El aire que estaba comprimido en las capsulas se enfría porque el elemento que estaba comprimido es un gas y se libera de forma similar a la del extintor
4. ¿Por qué en un encendedor observas un líquido dentro de él, si lo que hay realmente es un gas depositado?	Los estados de los elementos permite un paso de un estado a otro, quizás la presión ejercida en el encendedor permite que esté en estado líquido y cuando este es liberado seguramente cambien con la temperatura del ambiente	Porque el gas que estaba contenido en el encendedor está bastante comprimido, esa compresión del gas hace que toma una forma líquida visualmente, podría tomarlo de la siguiente manera, a manera de aclaración. Suponer el gas como hormigas, luego tomar muchas hormigas meterlas en una botella y ver esta desde lejos (hasta el punto de no distinguir que son hormigas), si se mueve la botella a una distancia visualmente pareciera que lo que hay en la botella es un líquido negro
5. ¿qué crees que sucedió con el contenido del encendedor cuando se deja escapar y por qué crees que sucedió ello?	C) en estado gaseoso	C) estado gaseoso, porque solo se ha comprimido y no se ha cambiado su estado
6. Cuando se deja escapar el gas contenido en el encendedor, notas que éste se enfría ¿Por qué crees que sucede esto?	Precisamente por la presión que se ejerce al interior del encendedor liberado se mezcla con el medio y este lo enfría	Se enfría porque se expande y puede este no sea naturalmente no sea caliente

Preguntas	Estudiantes que no han visto física universitaria	
	Estudiante 5	Estudiante 6
7. ¿Por qué crees que es posible transferir el gas del recipiente B al recipiente A sabiendo que B tiene mayor volumen que A?	Porque el recipiente A recoge el gas que libera B cuando el agua va ingresando	Porque el gas puede estar contenido en un recipiente independiente de su volumen, ya que el gas se puede comprimir
8. ¿Qué crees que debe suceder con la temperatura del recipiente A?	La temperatura del gas del recipiente B después de ser transferido al A es que se escapará una parte por esta razón se puede comprimir en el otro recipiente	Se calienta producto de la compresión
9. En caso de que haya un aumento o disminución de la temperatura, ¿a qué crees que se debió dicho cambio?	Se debe a que en algún momento el gas se escapa, liberando la presión, por ello se enfría	El aumento o disminución de la temperatura se debe a la compresión y más aún creería que cada uno de esos “pedacitos de gas al meterlos en un recipiente más pequeño ellos se podrían rozar y calentarse”
10. ¿Qué crees que le sucede a la temperatura del gas en la botella en el instante en que es disparado el dardo?	El gas es liberado y la temperatura del gas se va enfriando cuando esta va saliendo de la botella	Se empieza a calentar porque al haber el escape o la fuga las partículas empiezan a empujarse unas a otras
11. ¿De dónde crees que sale la energía cinética que adquiere el dardo?	Sale de la presión ejercida en la botella al ser esta liberada	De la descompresión del gas, así como la bomba de bicicleta empuja el aire dentro del neumático, el aire puede empujar el émbolo si se dejara de bombear

11.2. ANEXO B

PRUEBA EXPLORATORIA

Se presentan ahora parte de las respuestas, dadas por los 17 estudiantes del curso de Física Fundamental II, que respondieron a la prueba exploratoria. Entre los objetivos de la misma, estaba el de identificar las concepciones que tienen acerca de compresibilidad de un fluido, expansión adiabática de un gas, presión, temperatura, entre otros conceptos; abordando para ello, algunas situaciones hipotéticas de la prueba anterior y proponiendo otras más.

Estudiantes Preguntas	1	2	3
1. ¿Por qué sientes que se calienta la bomba de inyectar aire? Suponga que no hay fricción.	Aumento de Movimiento de los átomos, aumenta la energía interna, o sea calor	Al inyectar aire, las moléculas se mueven con gran velocidad aumentando la Temperatura de la bomba	Porque el embolo roza las paredes. si no hay fricción la bomba no se calienta
2. Cuando se libera todo el gas que se encuentra a alta presión dentro de un extintor éste se enfría ¿Por qué crees que sucede esto?	Por la interacción con el ambiente	Cuando se expulsa las Moléculas del gas y del aire interactúan, de modo q la Temperatura del gas disminuye progresivamente.	Por ley del gas ideal, como el volumen es cte. La presión disminuye y también la Temperatura
3. ¿Por qué crees que es posible transferir el gas del recipiente B al recipiente A sabiendo que B tiene mayor volumen que A?	Porque se produce un vacío lo cual permite llenar al recipiente B	Cuando se abre la llave el agua ejerce una presión, q hace q el gas se traslade al otro recipiente	El V no interesa. El agua es más densa y tiene mayor presión. Por eso expulsa el aire al otro lado
4. ¿Qué crees que sucederá con la temperatura del gas inmediatamente después de ser transferido al recipiente A?	Debe aumentar	La temperatura sigue siendo la misma, pues el agua está a presión cte.	Varía o permanece cte. Depende de la temperatura del agua
5. En caso de que haya un aumento o disminución de la temperatura, ¿a qué crees que se debió dicho cambio?	Aumenta la presión, las Moléculas se mueven más rápido y hay más choques, aumenta la energía y por tanto la Temperatura.	De haberlo, se debió a q hubo un orificio en alguna botella.	De aumentar, se debe a q el agua tiene mayor Temperatura Después el sistema se equilibra
6. ¿De dónde crees que sale la energía cinética que adquiere un dardo lanzado con este dispositivo?	Al llenar la Botella aumenta la Energía. Interna. Y al abrir la llave es transmitida como trabajo al dardo	Proviene de la presión en la botella.	El gas está comprimido, o sea hay mayor presión por tanto la energía es Porque luego se convierte en Energía mecánica
7. ¿Qué crees que sucederá con la temperatura del gas inmediatamente después de ser transferido al recipiente A?	Disminuye la presión luego también la temperatura	Al abrir la llave la cantidad de gas es menor, la presión disminuye y por tanto la temperatura.	Como en la Pregunta 2 la Temperatura Del gas no varía. Puesto q lo q cambia es la P y el V.

Estudiantes Preguntas	4	5	6
1. ¿Por qué sientes que se calienta la bomba de inyectar aire? Suponga que no hay fricción.	Las partículas chocan más y esa presión se manifiesta en aumento de Temperatura.	A mayor presión mayor Temperatura	Suministrar aire a presión lo calienta
2. Cuando se libera todo el gas que se encuentra a alta presión dentro de un extintor éste se enfría ¿Por qué crees que sucede esto?	El enfriamiento se debe al cambio de presión	La expansión del gas dispersa las Moléculas. Y al liberar la presión la Temperatura disminuye	El gas contenido se expande y hace que se enfríe.
3. ¿Por qué crees que es posible transferir el gas del recipiente B al recipiente A sabiendo que B tiene mayor volumen que A?	Como el gas es compresible. A medida que aumenta el nivel del agua, ésta ejerce Presión sobre el gas comprimiéndolo.	El gas es empujado por la presión del agua. Además se va comprimiendo	El gas se puede comprimir
4. ¿Qué crees que sucederá con la temperatura del gas inmediatamente después de ser transferido al recipiente A?	Aumenta porque el proceso se hace rápidamente, aumenta la presión y por tanto la Temperatura.	Debido a la presión ejercida por el agua, la Temperatura. Y la Pre. en A, van aumentando	Se calentará
5. En caso de que haya un aumento o disminución de la temperatura, ¿a qué crees que se debió dicho cambio?	A que aumentó la presión. Ahora hay más choques entre partículas y por ello aumenta la Temperatura.	El cambio de Temperaturas se debe a cambios de presión.	Debido a la presión
6. ¿De dónde crees que sale la energía cinética que adquiere un dardo lanzado con este dispositivo?	De la presión del gas de la botella.	La E. es adquirida en el tubo de salida, debido a la presión.	De la presión con que se da paso el aire.
7. ¿Qué crees que sucederá con la temperatura del gas inmediatamente después de ser transferido al recipiente A?	Se enfriará dado que disminuye la presión.	Disminuye	Se enfría, como en el extintor

Estudiantes Preguntas	7	8	9
1. ¿Por qué sientes que se calienta la bomba de inyectar aire? Suponga que no hay fricción.	Se calienta pues se está aumentando la presión. Las moléculas aumentan su energía cinética	Por la presión. Hay que hacer más fuerza y esto se convierte en calor	Las moléculas tienen una energía cinética que al chocar con las paredes una parte se convierte en energía calórica
2. Cuando se libera todo el gas que se encuentra a alta presión dentro de un extintor éste se enfría ¿Por qué crees que sucede esto?	Al liberar el gas las moléculas se disipan disminuyendo su energía Cinética y así su Temperatura	Al expandirse la presión disminuye, por eso las moléculas se enfrían	Si el gas es expulsado a una presión menor, las moléculas del gas merman su velocidad ya q el espacio q ocupa ahora es más grande
3. ¿Por qué crees que es posible transferir el gas del recipiente B al recipiente A sabiendo que B tiene mayor volumen que A?	Por la propiedad de compresibilidad de los gases	Si el volumen disminuye la presión aumenta. Se puede transferir gas hasta q la botella explote	El agua ejerce presión, por tanto el gas es comprimido
4. ¿Qué crees que sucederá con la temperatura del gas inmediatamente después de ser transferido al recipiente A?	Aumenta	Aumenta la temperatura	Aumenta
5. En caso de que haya un aumento o disminución de la temperatura, ¿a qué crees que se debió dicho cambio?	Las moléculas están más juntas y aumentan las colisiones entre estas y aumenta la presión	Aumenta el gas con el mismo recipiente, hay menos espacio entre moléculas Lo q hará q creen calor.	A que la Presión sobre el gas hace que ocupe menos volumen y por tanto sus moléculas comienzan a moverse con mayor rapidez.
6. ¿De dónde crees que sale la energía cinética que adquiere un dardo lanzado con este dispositivo?	Proviene de la Energía Cinética del aire en la botella.	La energía cinética del dardo es ejercida por la presión.	La energía se debe a q la presión en la botella hace que las partículas adquieran una gran velocidad
7. ¿Qué crees que sucederá con la temperatura del gas inmediatamente después de ser transferido al recipiente A?	Disminuye pues hay menos colisiones entre moléculas.	Se enfriará	La temperatura merma como con el extintor.

Estudiantes Preguntas	10	11	12
1. ¿Por qué sientes que se calienta la bomba de inyectar aire? Suponga que no hay fricción.	Se calienta porque está en movimiento esto genera energía que se convierte en calor	La fricción hace q la energía del sistema no sea conservativa. La Energía mecánica se va cediendo al émbolo como energía Calórica	Disminuye el volumen provocando un aumento de presión y por tanto en la Temperatura
2. Cuando se libera todo el gas que se encuentra a alta presión dentro de un extintor éste se enfría ¿Por qué crees que sucede esto?	Las moléculas que tiene el gas a dentro son mayores, por la presión. Al ser liberado disminuye su temperatura a medida que pierde presión	Por la Ecuación de gas ideal: primero se encuentra en un volumen pequeño; esto hace que la Presión y la Temperatura sean mayores. Luego al ser liberado el Volumen aumenta y por ello la Presión y la Temperatura disminuirán.	Por la Ecuación de gas ideal: a alta Presión y a un Volumen fijo, el gas tendrá una Temperatura proporcionalmente alta. Por ello al ser liberado el volumen aumenta y la temperatura disminuye al entrar en equilibrio térmico.
3. ¿Por qué crees que es posible transferir el gas del recipiente B al recipiente A sabiendo que B tiene mayor volumen que A?	Es posible debido a la densidad del gas.	Es posible porque el recipiente A soporta el aumento de presión.	Los gases toman la forma del recipiente q los contiene. la presión y la temperatura aumentan
4. ¿Qué crees que sucederá con la temperatura del gas inmediatamente después de ser transferido al recipiente A?	La Temperatura aumenta	Aumenta debido a que hay una disminución del volumen.	La temperatura aumenta
5. En caso de que haya un aumento o disminución de la temperatura, ¿a qué crees que se debió dicho cambio?	Aumenta, porque la Presión en el recipiente también aumenta.	Al aumento de presión sobre el recipiente	La presión aumenta en un volumen constante, luego la Temperatura aumenta
6. ¿De dónde crees que sale la energía cinética que adquiere un dardo lanzado con este dispositivo?	No responde	La Velocidad inicial se adquiere 1. Continuidad, por las diferencias de presión el aire trata de escapar. 2. Bernoulli: las áreas transversales son distintas, el gas hace un cambio considerable de velocidad Lo que impulsa el dardo	Al abrir la llave el gas intenta fluir hacia donde hay menor presión que al chocar con el dardo le imprimen energía cinética

Estudiantes Preguntas	10	11	12
7. ¿Qué crees que sucederá con la temperatura del gas inmediatamente después de ser transferido al recipiente A?	No responde	Disminuirá hasta entrar en equilibrio térmico. Por la ecuación de gas ideal, la temperatura disminuye	La temperatura disminuye como en el caso del extintor

Estudiantes Preguntas	13	14	15
1. ¿Por qué sientes que se calienta la bomba de inyectar aire? Suponga que no hay fricción.	La presión que hace el émbolo es la que podría presentar esa sensación de calentamiento	La fuerza hace presión, y con esa presión hay fricción con el aire, que se calienta y produce calor	Las moléculas se empiezan a mover más rápidamente y se produce aumento de Energía.
2. Cuando se libera todo el gas que se encuentra a alta presión dentro de un extintor éste se enfría ¿Por qué crees que sucede esto?	Por la estructura química del gas, que hace que cuando el gas se libere su temperatura cambie	Porque llega al equilibrio térmico.	Por la interacción con el medio ambiente y porque al liberarse disminuye su presión y su temperatura
3. ¿Por qué crees que es posible transferir el gas del recipiente B al recipiente A sabiendo que B tiene mayor volumen que A?	Por las diferencias de presión	Si el proceso de llenado es muy rápido, es porque el gas se transforma en temperatura Por tanto el gas cabe en el recipiente A	Porque el gas se comprime
4. ¿Qué crees que sucederá con la temperatura del gas inmediatamente después de ser transferido al recipiente A?	Su temperatura debe variar.	Debe aumentar su temperatura	Debido a la rapidez de llenado de agua, aumenta la Temperatura
5. En caso de que haya un aumento o disminución de la temperatura, ¿a qué crees que se debió dicho cambio?	El aumento o disminución de temperatura se debe al cambio de presión	Como el agua ejerce una presión, esto hace que el gas cambie de temperatura	Se debe a que las moléculas se mueven más rápidamente

Estudiantes Preguntas	13	14	15
6. ¿De dónde crees que sale la energía cinética que adquiere un dardo lanzado con este dispositivo?	No responde	De la presión y la fuerza que está ejerciendo el aire	Se adquiere por la presión del aire que al no encontrar una salida genera energía que lanza el dardo
7. ¿Qué crees que sucederá con la temperatura del gas inmediatamente después de ser transferido al recipiente A?	No responde	Aumenta porque hay fricción en el instante en que escapa el aire.	Disminuye su temperatura, pues entra en contacto con la atmósfera.

Estudiantes Preguntas	16	17
1. ¿Por qué sientes que se calienta la bomba de inyectar aire? Suponga que no hay fricción.	La presión dentro crece, esto hace que la Temperatura aumente	El aire se comprime, genera presión y esto fricción. Lo cual es energía
2. Cuando se libera todo el gas que se encuentra a alta presión dentro de un extintor éste se enfría ¿Por qué crees que sucede esto?	Porque la presión disminuye	Deja de estar bajo presión. Además la rapidez con la que sale hace q el aire lo enfríe
3. ¿Por qué crees que es posible transferir el gas del recipiente B al recipiente A sabiendo que B tiene mayor volumen que A?	No han especificado a qué presión están los gases	El agua va empujando el aire hacia arriba. Y este se va comprimiendo.
4. ¿Qué crees que sucederá con la temperatura del gas inmediatamente después de ser transferido al recipiente A?	Aumentará	Se calentará por la fricción que va a tener con la pared de la botella
5. En caso de que haya un aumento o disminución de la temperatura, ¿a qué crees que se debió dicho cambio?	Las partículas colisionan entre sí aumentando su energía cinética, y así su temperatura	Se calentará por la fricción que va a tener con la pared de la botella
6. ¿De dónde crees que sale la energía cinética que adquiere un dardo lanzado con este dispositivo?	Se obtiene de las colisiones entre las partículas de aire	Se debe a la fuerza que genera el aire comprimido sobre el dardo

Estudiantes		
Preguntas	16	17
7. ¿Qué crees que sucederá con la temperatura del gas inmediatamente después de ser transferido al recipiente A?	Disminuye pues también lo hace la presión. Y como el Volumen es constante la temperatura disminuye	Se calienta porque el movimiento del aire lo que genera fricción y se convierte en calor.

11.3. ANEXO C

ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

Con los insumos de las pruebas realizadas anteriormente, diseñamos y planteamos la Actividad Experimental a dos estudiantes del curso de Física Fundamental II. Dicha actividad, enmarcada en el contexto de la experimentación fue realizada en una de las canchas de futbol y en uno de los laboratorios de física de la universidad. Básicamente buscamos que los estudiantes mediante la manipulación del dispositivo diseñado y la toma de algunos datos, dieran cuenta desde el modelo corpuscular de la materia de algunos conceptos de la termodinámica que previamente habían estudiado, como la primera ley (extensión del principio de conservación de la energía). A continuación se presentan las respuestas brindadas por uno de ellos.

Respuestas:

1. *Injecte diferentes cantidades de aire al dispositivo, ¿qué percibes con la temperatura a medida que se incrementa la cantidad de inyecciones?*
 - Mientras se le inyectaba aire a la botella se podría percibir un ligero aumento a la temperatura. Cuando me refiero a ligero es porque para mi percepción no era mucho el aumento de dicha temperatura, suponía de más o menos 2 o 3 grados Celsius.
2. *Durante la expansión del aire. ¿Qué observas en cuanto al cambio de temperatura? ¿Que se espera que suceda con la energía interna?*
 - Durante la expansión del aire, es decir cuando se abre la boquilla de la botella después de haberle inyectado el aire, se puede observar que la temperatura del aire dentro de la botella disminuye considerablemente a medida de que las inyecciones de aire aumentaron. Es decir entre mas inyecciones se dieron mayor fue la disminución de la temperatura en el momento de la expansión.

- Con la energía interna del gas, debido a que esta es una constante que depende del cambio de temperatura, se esperaría que también disminuyera, y que esta disminución sea mayor a medida que las inyecciones de aire fueron mayores.

3. *Observa el alcance del dardo a medida que aumenta el número de inyecciones. ¿Qué relación encuentras entre ambas variables?*

- La relación que existe entre el alcance del dardo cuando es disparado y el número de inyecciones es una relación directa; pero no podría decir que es directamente proporcional debido a que el alcance no aumenta con una regularidad.

1. *¿Qué sucede con la velocidad inicial del dardo lanzado, a medida que se incrementa la cantidad de inyecciones?*

- Debido a mayor número de inyecciones mayor es el alcance del dardo, manteniendo todos los otros parámetros constantes, se podría decir que la velocidad inicial con la cual es disparado el dardo aumenta con el número de inyecciones que se le suministran a las botellas.

¿Qué crees que ocurre con la energía cinética del dardo lanzado, a medida que se incrementa la cantidad de inyecciones?

- Ya que la energía interna es una constante y depende, aparte del cambio de temperatura, del número de moles del gas, es decir de la cantidad del gas contenida en la botella, la energía interna debería aumentar a medida que se aumenta el número de inyecciones de aire.

Suponiendo que la energía cinética que adquiere el dardo es igual al trabajo realizado por el gas sobre el dardo (es decir, despreciando la fricción entre el dardo y el tubo mientras se acelera), ¿cómo explicarías en detalle, y desde el modelo corpuscular de la materia, lo que observaste experimentalmente? (Trata de ser lo más explícito posible)

C_v =capacidad calorífica a volumen constante

dU = delta de U

dT = delta de T

$(v_1)^2$ = velocidad inicial al cuadrado

K_1 = energía cinética inicial del dardo

Debido a que en el momento de abrir la botella la expansión del aire ocurre a gran velocidad, podemos decir que no hay intercambio de energía con el ambiente es decir $Q=0$ por lo que tenemos que $dU = -W$, de ahí se sigue que $W = -dU$; pero sabemos que dU es una constante y que $dU = n(C_v)(dT)$; es decir que $W = -n(C_v)(dT)$. $dT = T_2 - T_1$ por lo que $W = n(C_v)(T_1 - T_2)$. Como pudimos observar experimentalmente en el momento de la expansión $T_1 > T_2$, es decir que $T_1 - T_2$ será siempre positivo y esta diferencia aumentara con el numero de inyecciones; también sabemos que n aumenta con el numero de inyecciones; y como C_v es una constante positiva, podemos concluir que a mayor numero de inyecciones mas trabajo realizara el gas sobre el dardo.

Ahora si hacemos $W = K_1$, entonces $(1/2)(m)(v_1)^2 = W$; ya que tanto como W y m son cantidades positivas $v_1 = \text{raíz cuadrada de } ((2.W)/m)$ y como m del dardo es constante podemos afirmar que a medida que se aumenta el numero de inyecciones la velocidad inicial del dardo aumenta.

¿Cómo supo que era una expansión adiabática? A través de la experimentación...

11.4. ANEXO D

A continuación se presenta el proyecto realizado en el 2012 en el curso de Física Fundamental II, y que fue un insumo fuerte a lo largo del desarrollo de este proyecto, en el cual se fundamenta nuestro proceso de investigación y experimentación, las actividades que se aplicaron con los estudiantes y los resultados a los que se llegaron en ese entonces. Cabe aclarar que la versión que se presenta corresponde a la versión original de dicho proyecto, por tanto se pueden encontrar grandes diferencias en los objetivos y resultados que se obtuvieron en dicho proyecto respecto a los que se presentaron en este trabajo, pero su lectura puede proporcionar elementos en la comprensión de un primer acercamiento que tuvimos respecto a la expansión adiabática de un gas, utilizando en su momento el mismo dispositivo que se utilizó para este proyecto, al tiempo que se identifican ciertas diferencias en los modelos teóricos empleados en cada uno, en donde en este trabajo se intentó ser más riguroso, considerando otros aspectos que antes no se tuvieron en cuenta, aunque también se debe decir que dejando por fuera otros, como se pudo apreciar en las consideraciones conceptuales del marco teórico.

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
ÁREA DE EDUCACIÓN Y MATEMÁTICA**

**PROPUESTA DIDÁCTICA PARA EL ESTUDIO EN EL AULA DE CLASE, DEL MOVIMIENTO
PARABÓLICO Y SU RELACIÓN CON EL MODELO TERMODINÁMICO DE GAS EN EXPANSIÓN
LIBRE ADIABÁTICA: UNA VÍA PARA EL DESARROLLO CIENTÍFICO EN LOS ESTUDIANTES**

**CRISTIAN ENRIQUE ARBOLEDA MARTÍNEZ
JESÚS ANDREY BOLAÑOS TORRES
JHON FLEIDER MOTATO JIMÉNEZ**

SANTIAGO DE CALI, JUNIO 22 DE 2012

RESUMEN

En este trabajo se quiere mostrar una propuesta para desarrollar el pensamiento científico en los estudiantes, a partir de una situación experimental que propone hallar la velocidad de un objeto a través de los principios de la termodinámica y a través de los principios de movimiento parabólico y la aproximación que mantienen estos dos principios, haciendo uso de un dispositivo que fue diseñado por el grupo y que permite establecer una relación entre estos dos tópicos de la física. Las actividades propuestas centran su atención en el análisis de gráficos, en las magnitudes que intervienen en un gráfico cartesiano, elaboración de tablas y registros numéricos, en la modelación de una situación experimental.

En este sentido se propone para el desarrollo de la actividad experimental el uso del dispositivo, un cronometro y un metro, con lo cual se quiere mostrar que el horizonte de los recursos didácticos en la física va mucho más allá de una actividad lúdica. Se implementa una pequeña prueba, como punto de partida para el desarrollo de actividades posteriores y también para proponer ante la comunidad académica una reflexión en torno al uso de recursos didácticos usados para la enseñanza de la física y en un campo de investigación como es el de las ciencias naturales.

PROBLEMÁTICA

La física es una forma de entender y comprender la naturaleza, sin embargo en muchas ocasiones no se logra transmitir esa sensación, dada la forma tradicional en que se trabaja en la escuela, donde se centra la atención en formulas y procedimientos más que en la comprensión y análisis conceptual de un fenómeno. Esta incomprensión, se demuestra en que cada vez que se cambian las situaciones de estudio, el estudiante al parecer pierde el contacto con los hechos de las situaciones, pues su atención se centra en cómo resolver problemas, reduciendo al simple reemplazo en una ecuación más que en identificar sus características y su respectivo análisis.

El estudio del movimiento parabólico generalmente representa un reto en su enseñanza, porque en ocasiones el estudiante trae consigo conceptos intuitivos que pueden generar una falsa interpretación. Por ejemplo se piensa que el tiempo que tarda en caer un cuerpo lanzado parabólicamente es mayor que el tiempo que tarda otro cuerpo lanzado verticalmente y que alcanzan la misma altura¹⁵

En este sentido, este trabajo es un intento de abordar el siguiente problema: ¿Cómo mejorar el desempeño escolar de los estudiantes de secundaria en cuanto a la interpretación

15 Tomado de: http://es.wikipedia.org/wiki/Movimiento_parab%C3%B3lico. El 6 de junio de 2012.

contextualizada del Movimiento Parabólico y los principios de la Termodinámica, haciendo uso de situaciones en las que se involucre la experiencia sensible del estudiante, a través de la secuencia didáctica sugerida?

JUSTIFICACIÓN

Una parte de los cuestionamientos que los estudiantes le hacen hoy en día a los profesores de física, se hacen evidentes por medio de la pregunta: ¿Profesor, Para que nos sirven las ecuaciones del movimiento parabólico? Esta pregunta refleja que el estudiante no logra establecer ni relacionar los conocimientos adquiridos teóricamente con los fenómenos naturales que lo rodean, incluso esta problemática se observa en otras disciplinas como las Matemáticas, la Geometría, entre otras.

Se propone entonces, utilizando herramientas contextuales de aprendizaje, como el dispositivo elaborado para esta actividad, que se relacionen íntimamente con los estudiantes y creen un vínculo que los motive hacia la experimentación y el interés por explicar lo sucedido y que potencialicen su comprensión en otros contextos, permitiéndoles un acercamiento más crítico a la realidad y a los conceptos propios de la física, además brindarles otro medio como lo es la Termodinámica, por el cual pueden resolver las preguntas que se plantean en la secuencia didáctica.

De esta manera, el aprendizaje de la física escolar se vuelve más efectivo cuando logramos motivar al estudiante; por ello, es fundamental que las experiencias o *situaciones*¹⁶ de aprendizaje despierten su curiosidad y correspondan a la etapa de aprendizaje en la que se encuentra, buscando estar relacionadas con sus experiencias cotidianas, es decir, se busca que la física estudiada trascienda los niveles teóricos y le permita la contextualización a través de la experimentación, logrando así una adquisición profunda de los conceptos fundamentales de la física y permitiendo que el estudiante desarrolle *esquemas mentales y de utilización*¹⁷ que potencien su actividad cognitiva, además le ayuden a tener un conocimiento integrado de la naturaleza vista como fenómeno y la teoría.

En este sentido los ejemplos que los docentes exponen en la clase tienen la intención de

16. En este aspecto las *situaciones* hacen referencia al conjunto de problemas, talleres, construcciones y consignas que desencadenan una posición o procedimientos de solución por parte del estudiante.

17. Vergnaud (1987, 1996) definió un *esquema de utilización* como “una organización invariante de la actividad para una clase de situaciones específicas” y define un esquema mental como “una acción deliberada para lograr una meta que contiene operaciones invariantes”, éstas frecuentemente son conocimiento implícito que está sumergido en el esquema en forma de “conceptos en acto” o “teoremas en acto” (en el sentido de Guin y Trouche, 2002; Trouche, 2000).

relacionar aspectos de la vida cotidiana cercanos a la gran mayoría de estudiantes, para que a partir de ellos pueda construir la clase de física.

Desafortunadamente existen casos de profesores que limitan la física escolar cuando el concepto estudiado es presentado mediante ejemplos que no reúnen todas las características de un fenómeno completo, es decir los modelos físicos escolares tienden a ser “exageradamente” idealizados generando una “falsa” intuición en los estudiantes, que pueden generar conflictos cognitivos.

También son presentados ejercicios prácticos en clase para tratar de ilustrar el tema de estudio, que son aplicables solo a unos procesos de resolver ejercicios, pero que llevan a que el estudiante pretenda aplicar los procesos enseñados por el profesor en todos los *situaciones físicas*¹⁸ que se le planteen; es decir, suele observarse en las clases de física escolar, que los profesores presentan los conceptos fundamentales, pero no presenta las condiciones bajo las cuales es válido hacer uso de dicho concepto para aplicarlo en el proceso de solución de situaciones físicas, muchas veces porque suele asumir que son obvias para el estudiante, dejando como único resultado el mal uso de los conceptos físicos por parte del estudiante.

De otra parte, los Estándares Curriculares sugieren que “el desarrollo del pensamiento científico en los estudiantes parte del interés de los seres humanos por comprenderse a ellos mismos y al mundo que les rodea, esa curiosidad debe refinarse, ser rigurosa y estar enmarcada dentro de un cuerpo de conocimientos y maneras de proceder en cuya validez hay consenso en un momento dado”¹⁹, por lo tanto debemos aprovechar esa necesidad de entendimiento de los fenómenos físicos para que los estudiantes interactúen, trabajen en equipo y formulen sus conjeturas respecto a él. Así, se espera que entren a una fase de experimentación y toma de datos (recolección de información pertinente), que les permitan la construcción de modelos teóricos y por lo tanto un esclarecimiento de sus preguntas respecto a los fenómenos físicos que suceden en su vida cotidiana. Además se plantea que una de las metas fundamentales de la formación en ciencias es procurar que los estudiantes se aproximen progresivamente al conocimiento científico, tomando como punto de partida su conocimiento “natural” del mundo y fomentando en ellos una postura crítica que responda a un proceso de análisis y reflexión.

Se trata, entonces, de “desmitificar” las ciencias y llevarlas al lugar donde tienen su verdadero significado, llevarlas a la vida diaria, a explicar el mundo en el que vivimos. Y para ello urge diseñar metodologías que les permitan a los estudiantes realizar actuaciones similares al

18. En este aspecto las *situaciones en física* hacen referencia al conjunto de problemas, talleres, construcciones y consignas que se plantean en el área de la ciencia en estudio

19. Tomado de Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Sociales y Ciencias Naturales, MEN (2006)

trabajo científico. Por tal motivo la secuencia didáctica que se construye en este trabajo, trata de usar el contexto de la vida cotidiana para de allí crear situaciones problema que permitan el desarrollo de pensamiento científico.

PROPÓSITOS

A través del diseño y desarrollo en el aula de las actividades propuestas se pretende:

- Mostrar cómo los modelos físicos idealizados y la experiencia cotidiana del estudiante, favorece el desarrollo de algunas nociones físicas.
- Generar en todos los estudiantes una actitud favorable hacia la física y estimular en ellos el interés por su estudio.
- Desarrollar procesos que faciliten al estudiante la interpretación y análisis de diferentes conceptos físicos (presión, velocidad, temperatura, calor específico a volumen constante, número de moles, proceso adiabático, expansión adiabática, trabajo) a través de la experimentación propuesta.
- Mostrar experimentalmente cómo la variación de la presión dentro de una botella modifica la velocidad inicial de un objeto en movimiento parabólico.
- Mostrar cómo se puede determinar la velocidad de un objeto lanzado en trayectoria parabólica, a través de los principios de movimiento parabólico y los principios de la termodinámica, recurriendo al trabajo efectuado por un gas en un proceso de expansión adiabática.

REFERENTES TEÓRICOS DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

Los referentes para el diseño de la secuencia didáctica son *el enfoque instrumental*, el cual plantea que nuestra forma de interactuar con los objetos matemáticos-físicos está determinada y expresada a través de tareas y técnicas que le dan forma y valor, y del discurso técnico y teórico circundante. Por ello defiende el papel de las técnicas y los instrumentos como mediadores del conocimiento. Por lo tanto en esta secuencia se busca que el estudiante interactúe con el dispositivo (*Artefacto*), para que mediante su uso, en la experimentación, pueda construir conceptos físicos más *significativos*²⁰, convirtiendo este artefacto en un *Instrumento*²¹ para él. También se toma como referente *el enfoque constructivista*, basado en

20. De acuerdo a los Estándares Básicos de Competencias en Matemáticas, la significatividad del aprendizaje no se reduce a un sentido personal de lo aprendido, sino que se extiende a su inserción en prácticas sociales con sentido, utilidad y eficacia.

21. De acuerdo con Rabardel y Verillon (1995), un instrumento es un artefacto que a través de un proceso de apropiación, le permite al estudiante mediar una situación a través de un proceso en el cual desarrolla esquemas

el trabajo de Jean Piaget, que centra su atención en el aspecto cognitivo del aprendizaje y plantea que el esquema de un individuo es la totalidad del conocimiento que para él está conectado (consciente o inconsciente) con un tópico físico-matemático particular, resultado de organizar estructuradamente la colección de objetos, procesos y acciones que el individuo posee.

En nuestra secuencia se observa este enfoque, cuando el estudiante parte de conocimientos *a priori* y experiencias sensoriales previas, que aplica y relaciona a través experimentación con el “dispositivo”. Además los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales plantean que el aprendizaje necesita de la participación activa de los estudiantes en la construcción de sus conocimientos, no siendo suficiente la simple reconstrucción personal de conocimientos previamente elaborados por otros y proporcionados por el maestro o el libro de texto, es decir con la secuencia se busca que los estudiantes trasciendan de un aprendizaje donde el conocimiento es transferido por el maestro, a un aprendizaje donde el estudiante sea “autónomo”, constructor de su propio conocimiento y no un simple receptor pasivo.

DISEÑO METODOLÓGICO

Las actividades que aquí se diseñan para el trabajo con los estudiantes tienen una doble modalidad, individual y grupal; para el desarrollo de las actividades individuales, el profesor expone y describe la actividad para que esta pueda ser comprendida a cabalidad por el estudiante, el estudiante desarrolla la actividad y expone o escribe sus argumentos.

Previo a la actividad se les suministra a los estudiantes una serie de consideraciones para llevar a cabo la actividad

MARCO TEÓRICO EN FÍSICA

Nuestro trabajo está soportado bajo los marcos teóricos de movimiento parabólico, termodinámica (fundamentalmente el trabajo realizado por un gas ideal en un proceso adiabático de expansión libre) y las propiedades de los gases ideales, para ello se consignarán las ecuaciones de movimiento parabólico que le permitirán a los estudiantes el desarrollo de las actividades propuestas, la propiedad del gas ideal que se ve involucrada en el trabajo es la ecuación que relaciona la masa total de una gas con el número de moles y la masa molar del gas, para el campo de la Termodinámica se anexará únicamente la temática que involucra el trabajo efectuado por un gas en expansión adiabática, relacionándolo con el número de moles,

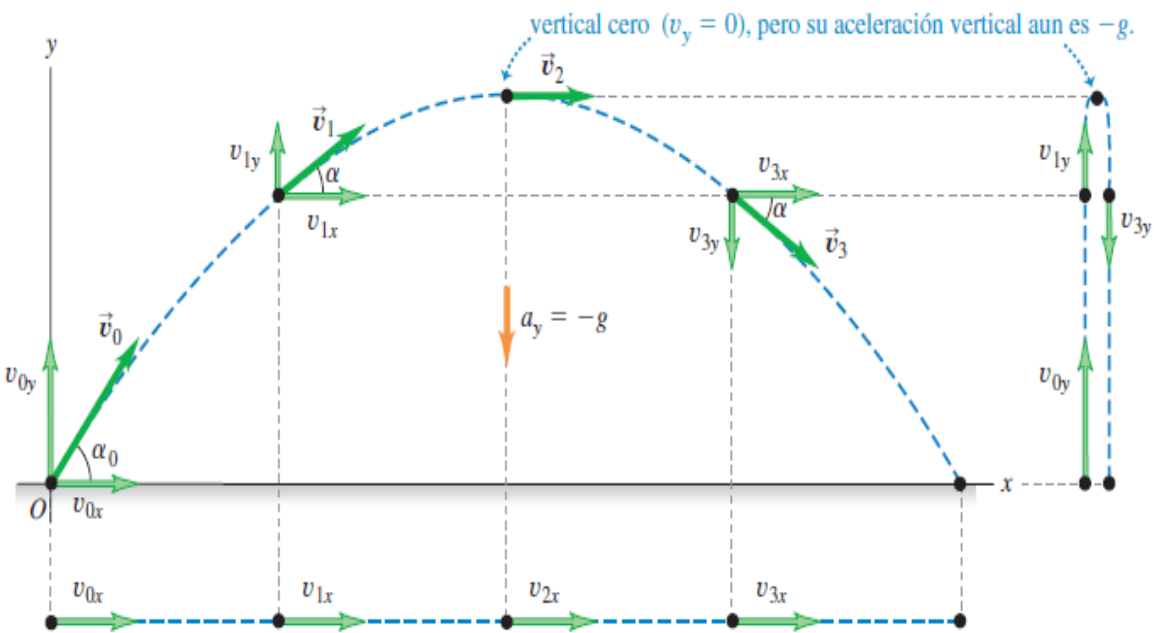
mentales, con los que organiza la estrategia para abordar un problema, conceptos que constituyen las bases de estas estrategias y los significados técnicos para el uso del Artefacto.

la capacidad calorífica a volumen constante del aire y el cambio de temperatura.

Movimiento parabólico

El movimiento parabólico es de caída libre en un marco de referencia móvil. Sin tener en cuenta la resistencia del aire, la componente horizontal de la velocidad de un proyectil permanece constante, mientras su componente vertical independientemente está sujeta a una aceleración constante hacia abajo.

Supondremos que el proyectil parte del origen con una velocidad V_0 que forma un ángulo θ_0 con la horizontal. Las componentes iniciales de la velocidad son:



$$V_{0x} = V_0 \cos \theta_0 ; V_{0y} = V_0 \sin \theta_0$$

Además se tienen las siguientes ecuaciones cinemáticas del movimiento de un proyectil:

- 1) $a_x = 0$
- 2) $a_y = -g$
- 3) $V_{0x} = V_x = cte$
- 4) $V_{0y} = V_0 \sin \theta_0$

$$5) V_y = -gt + V_0 \sin \theta_0$$

$$6) X = (V_0 \cos \theta_0)t$$

$$7) Y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0 \sin \theta_0 t$$

$$8) V_y^2 = V_{oy}^2 \pm 2gy \text{ Se usa el signo positivo, cuando el proyectil baja y el signo negativo cuando sube}$$

La trayectoria del proyectil es:

De la ecuación 6) despejemos a t , y lo reemplazamos en 7)

$$t = \frac{X}{V_0 \cos \theta_0}$$

$$Y = -\frac{1}{2}g \frac{X^2}{(V_0 \cos \theta_0)^2} + \frac{\sin \theta_0 X}{\cos \theta_0}$$

$$Y = -\frac{1}{2} \frac{g}{V_{0x}^2} X^2 + \tan \theta_0 X$$

Tenemos una ecuación de la forma $Y = -aX^2 + bX$, que es la ecuación de una parábola.

La velocidad del proyectil en un momento dado

Por el teorema de Pitágoras, la magnitud es $V^2 = V_x^2 + V_y^2$

El ángulo que forma con la horizontal es:

$$\tan \theta = \frac{V_y}{V_x}$$

La altura máxima es:

Esto sucede cuando su velocidad vertical se anula es decir $V_y = 0$

$$0 = -gt + V_0 \sin \theta$$

De aquí se despeja el tiempo (llamado también tiempo de subida):

$$t_{subida} = \frac{V_0 \sin \theta_0}{g}$$

Y lo llevamos a la ecuación (7) que nos da la ordenada Y , que llamamos ahora, La altura máxima $Y_{\max}$.

$$Y_{\max} = \frac{V_0^2 \text{Sen}^2 \theta_0}{2g} = \frac{V_{0y}^2}{2g}$$

La altura máxima $Y_{\max}$ también se puede obtener de la ecuación 8) haciendo $V_y = 0$, es decir:

$V_y^2 = V_{oy}^2 - 2gy$, usamos el signo negativo porque el proyectil está subiendo

$$\frac{V_{oy}^2}{2g} = Y_{\max}$$

El tiempo de vuelo es:

$$t_{\text{vuelo}} = 2t_{\text{subida}}$$

El alcance máximo es:

Es el valor de x cuando el proyectil ha llegado al suelo, es decir, para $y=0$; esto nos da:

$$0 = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0 \text{Sen} \theta_0 t = \left(-\frac{1}{2}gt + V_0 \text{Sen} \theta_0 \right) t;$$

$$t = \frac{2V_0 \text{Sen} \theta_0}{g}$$

Y lo llevamos a la ecuación de x (ecuación 6), que llamamos ahora el alcance de x .

$$X_{\max} = \frac{V_0 \cos \theta_0 2V_0 \text{Sen} \theta_0}{g} = \frac{V_0^2 2 \cos \theta_0 \text{Sen} \theta_0}{g}$$

Y como sabemos que $2 \cos \theta_0 \text{Sen} \theta_0 = \text{Sen} 2\theta_0$, se tiene:

$$X_{\max} = \frac{V_0^2 \text{Sen} 2\theta_0}{g}$$

El alcance máximo también se puede hallar de la siguiente manera:

$$X_{\max} = V_{0x}(t_{\text{vuelo}})$$

¿Para qué valor del ángulo inicial θ_0 el alcance es máximo?

El alcance es máximo cuando $\text{sen} 2\theta_0$ es máximo, es decir, cuando $\text{sen} 2\theta_0 = 1$. Por lo tanto, el ángulo $2\theta_0$ es igual a 90° y θ_0 es igual a 45° .

Propiedades de los gases ideales

Masa total de un gas relacionada con n y M

Es más fácil describir la cantidad de un gas en términos del número de moles n , en vez de la masa. La *masa molar* M de un compuesto (a veces llamada *peso molecular*) es la masa de un mol, y la masa total m_{total} de una cantidad dada de ese compuesto es el número de moles n multiplicado por la masa de un mol M :

$$m_{total} = nM$$

De esta forma, si conocemos el número de moles de gas en el depósito, podemos determinar la masa del gas mediante la ecuación anterior.

Termodinámica

Calor

El calor es transferencia de energía de un cuerpo a otro a causa de una diferencia de temperatura. La cantidad de calor Q necesaria para elevar la temperatura de una cantidad de material en una cantidad pequeña es proporcional a ΔT . Esta proporcionalidad se puede expresar en términos de la masa m y del calor específico c , o bien, en términos del número de moles n y la capacidad calorífica molar $C = Mc$

$$Q = nC\Delta T$$

Capacidad Calorífica Molar a Volumen Constante.

Suele ser más fácil medir la capacidad calorífica de un gas en un recipiente cerrado en condiciones de volumen constante. La cantidad correspondiente es la *capacidad calorífica molar a volumen constante*, que se denota con C_v . Para medir C_v , elevamos la temperatura del gas ideal en un recipiente rígido de volumen constante.

Proceso adiabático para el gas ideal

Un proceso adiabático, es un proceso en el que no hay transferencia de calor entre un sistema y su entorno. Esto es una idealización; no obstante, un proceso es aproximadamente adiabático si el sistema está bien aislado, o si el proceso se efectúa con tal rapidez que no hay tiempo para que ocurra un flujo de calor apreciable.

Trabajo efectuado por un gas ideal durante un proceso adiabático

Se estudia el *trabajo* efectuado por un gas con comportamiento ideal durante un proceso adiabático. Sabemos que para el gas ideal, si conocemos el número de moles n y las temperaturas inicial y final, tenemos simplemente:

$$W = nC_v(t_1 - t_2)$$

Si el proceso es una expansión, la temperatura baja, t_1 es mayor que t_2 y el trabajo es *positivo*, como esperaríamos. Si el proceso es una compresión, el trabajo es negativo.

DESCRIPCIÓN Y USO DEL DISPOSITIVO

Materiales con lo que se construyó el dispositivo

- 1 Tubo de ½ pulgada, de aproximadamente 57 cm (cañón 1)
- 2 uniones plásticas para tubo de ½ pulgada
- 1 llave de paso
- 1 válvula de bicicleta(gusanillo)
- 1 botella plástica (Cámara de aire)

Objetos Extras

Se usó alambre dulce, cuatro puntillas para cuatro dardos que son los objetos que se lanzarán con el tubo de ½ pulgada (los 4 dardos se considerarán de igual peso, forma y tamaño). Se debe tener en cuenta que las consideraciones anteriormente propuestas, pueden conducir a márgenes de error muy grandes en la toma de datos, por ello no es de extrañar que en la toma de un mismo dato por dos personas, discrepen en sus valores cuantitativos. También se utilizó una base rectangular construida en pvc que soportara el dispositivo.

El dispositivo consiste del conducto de aire (cañón) conectado mediante una unión a una llave de paso (gatillo), le sigue otra unión que conecta a una cámara de aire representada por una botella plástica de volumen aproximado 1500cm^3 , en cuya base se encuentra la válvula (previamente insertada) que no permite el escape del aire. El dispositivo se muestra en la figura 1.



Figura 1. Dispositivo de Experimentación

Se usa una bomba de inflar neumáticos, para inyectar aire por la válvula (gusanillo) hacia la cámara de aire, con la llave de paso totalmente cerrada, donde en cada inyección de aire ingresan aproximadamente 75cm^3 de aire. Se consideraran como patrón de medida las cantidades inyectadas (75cm^3 de aire por cada “bombada”). Una vez se inyecta la cantidad deseada, se procede a abrir la llave de paso, liberando el aire comprimido y empujando el dardo que se encuentra donde se unen la llave de paso y el tubo de escape (cañón).

Por lo tanto es importante que el tubo de escape y la llave de paso no estén pegados de forma permanente. Dado que la presión liberada es muy grande se debe sujetar el tubo de escape para evitar que salga disparado junto con el dardo al abrir la válvula.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE SALIDA DEL DARDO V_0 A TRAVÉS DE LOS PRINCIPIOS DE LA TERMODINÁMICA

Trabajo efectuado por el gas según la cantidad de inyección (aumento de n)

Determinaremos el trabajo que realiza el gas ideal (en este caso aire comprimido) en expansión adiabática a volumen constante, a través de la relación que nos brinda la termodinámica, con la ecuación siguiente:

$$W = nC_v(T_1 - T_2) = nC_v\Delta T$$

Donde C_v Es la capacidad calorífica de un gas (Aire) a volumen constante y es obtenido de la teoría que equivale aproximadamente a $20,78 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$

El número n de moles en la botella de 1.5L (sin llenarla de aire) equivalen a 0,064 moles y se determinó a través de una regla de 3 simple, al tener en cuenta que el valor teórico-experimental que expone que 1 mol de aire está contenido dentro de 22,4L:

Litros	Número de moles $n \approx$
22,4	1
1,5	0,064

Tabla 1. Relación entre volumen y número de moles

También se puede observar que n varía dependiendo de la cantidad de aire que se le inyecte a la botella, para la botella “vacía” es decir para un volumen inicial de 1500cm^3 (1,5Litros, volumen de la botella) y una cantidad cero ‘0’ de inyecciones se obtuvo una cantidad de 0,064 moles de aire, es decir que la botella sin llenarla de aire con la bomba, contiene una cantidad de 0,064 moles de aire.

Como se presentó anteriormente, la bomba de aire que se utilizó para inyectarle aire a la botella tiene un volumen interno de aproximadamente 75cm^3 , lo que implica que cada que se le inyecta aire a la botella, se genera un aumento de moles dentro de la botella. Así los datos de variación de n según la cantidad de inyecciones se muestran en la tabla siguiente:

Inyecciones	Cantidad n de moles (mol)
0	0,064
5	0,080
10	0,100
20	0,133
30	0,167
50	0,234
80	0,335

Tabla 2. Número de moles por cantidad de inyecciones de aire

Estos datos se determinaron pues es claro que según la teoría el trabajo W es directamente proporcional a n , es decir que a medida que aumentamos el número de moles de aire dentro de la botella aumenta el trabajo W realizado por el gas, cuando se somete a expansión libre, en este caso aire.

Para determinar el cambio de temperatura $\Delta T = (T_1 - T_2)$ simplemente se hizo uso de una termocupla y se tomó a $T_1 = 27^\circ\text{C}$ (como la temperatura ambiente y la del gas (aire) en equilibrio térmico con el medio ambiente) y a $T_2 = 23^\circ\text{C}$ como la temperatura a la que cayó el gas después de la expansión libre adiabática, por lo tanto el cambio de temperatura $\Delta T = 4\text{K}$, para una cantidad de 20, 30, 50 y 80 inyecciones de aire, entonces se decidió asumir ΔT experimentalmente para 20, 30, 50, 80 igual 4 Kelvin, para 5 inyecciones de aire se tomó (experimentalmente) $\Delta T = 2\text{K}$ y para 10 inyecciones se asumió $\Delta T = 3\text{K}$.

Una vez se obtuvieron estos datos se determinó el trabajo W (para cada una de las cantidades de aire inyectadas que se muestran en tabla 3.) que realizó el gas durante el proceso adiabático de expansión libre, así:

$$W = nC_v(T_1 - T_2)$$

Determinaremos el trabajo W_0 para una cantidad de cero “0” inyecciones de aire. Es evidente que al no inyectarle aire a la botella, el gas en su interior no se puede realizar un trabajo apreciable sobre el dardo que a su vez funciona como pistón, por tanto no hay una expansión libre de gas, lo que implica que no va a haber un cambio de temperatura, por lo tanto:

$$W_0 = 0,064 \text{ mol} * \left(20,78 \text{ J/mol} * K \right) (0K)$$

$$W_0 = 0J$$



Temperatura del Aire, Antes de la expansión Libre



Temperatura del Aire después de la Expansión Libre

Determinaremos el trabajo W_1 para una cantidad de 5 inyecciones de aire:

$$W = nC_v(T_1 - T_2)$$

$$W_1 = 0,08 \text{ mol} * \left(20,78 \text{ J/mol} * K \right) (2K)$$

$$W_1 \approx 3,33J$$

Determinaremos el trabajo W_2 para una cantidad de 10 inyecciones de aire:

$$W = nC_v(T_1 - T_2)$$

$$W_2 = 0,100 \text{ mol} * \left(20,78 \text{ J/mol} * K \right) (3K)$$

$$W_2 \approx 6,24J$$

Trabajo W_3 para una cantidad de 20 inyecciones de aire:

$$W = nC_v(T_1 - T_2)$$

$$W_3 = 0,133 \text{ mol} * \left(20,78 \text{ J/mol} * K \right) (4K)$$

$$W_3 \approx 11,06J$$

Trabajo W_4 para una cantidad de 30 inyecciones de aire:

$$W = nC_v(T_1 - T_2)$$

$$W_4 = 0,167 \text{ mol} * \left(20,78 \text{ J/mol} * K \right) (4K)$$

$$W_4 \approx 13,89 \text{ J}$$

Trabajo W_5 para una cantidad de 50 inyecciones de aire:

$$W = nC_v(T_1 - T_2)$$

$$W_5 = 0,234 \text{ mol} * \left(20,78 \text{ J/mol} * K \right) (4K)$$

$$W_5 \approx 19,46 \text{ J}$$

Trabajo W_6 para una cantidad de 80 inyecciones de aire:

$$W = nC_v(T_1 - T_2)$$

$$W_6 = 0,335 \text{ mol} * \left(20,78 \text{ J/mol} * K \right) (4K)$$

$$W_5 \approx 27,85 \text{ J}$$

El trabajo ejercido por el gas (aire) para cada una de las cantidades de aire inyectado queda consignado en la siguiente tabla:

Inyecciones	Cantidad n de moles (mol)	Trabajo W = nC _v ΔT (Joules)
0	0,064	0
5	0,080	3,33
10	0,100	6,24
20	0,133	11,06
30	0,167	13,89
50	0,234	19,46
80	0,335	27,85

Tabla 3. Trabajo efectuado según la cantidad de inyecciones

Velocidad V_0 del dardo (que funciona como pistón) a través de los principios de la termodinámica

Para determinar la velocidad con la que sale el dardo a través de los principios de la termodinámica se utilizó el teorema del trabajo y el cambio de energía cinética “El trabajo total de un sistema es equivalente al cambio de energía cinética del sistema” de la siguiente manera:

$$W \approx \frac{1}{2}mV_0^2,$$

Donde se supondrá el dardo como un pistón móvil y a través del trabajo realizado por el gas, una relación con el teorema del trabajo y energía, se establecerá una aproximación de W para determinar la velocidad inicial V_0 con la que sale el dardo y se comparará a través de la teoría de movimiento parabólico.

Aclaremos que las demás variables del teorema se desprecian puesto que hay pérdida de energía a través de la fricción del dardo (pistón) y el tubo de salida.

Hallaremos V_0 a través de la siguiente relación:

$$W \approx nC_v\Delta T \approx \frac{1}{2}mV_0^2$$

Donde $m = 0,06kg$ (equivalente a la masa del dardo) y $n, C_v, \Delta T$ se han sustentado anteriormente. Así despejando V_0 se tiene:

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{2 * nC_v\Delta T}{m}}$$

Siguientemente se hallará la velocidad V_0 para una cantidad de cero “0” inyecciones de aire. Es evidente que al no inyectarle aire a la botella, el gas en su interior no se puede realizar un trabajo apreciable sobre el dardo que a su vez funciona como embolo, por tanto no se obtiene una velocidad V_0 para cero inyecciones de aire.

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{2 * nC_v\Delta T}{m}}$$
$$V_0 \approx \sqrt{\frac{2 * \left(0,064mol * 20,78 J/mol * K\right) * (0K)}{0,06kg}}$$
$$V_0 \approx \sqrt{\frac{0J}{0,06kg}}$$
$$V_0 = 0$$

Calculemos V_0 para el resto de inyecciones de aire:

Velocidad V_0 para una cantidad de 5 inyecciones de aire.

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{2 * n C_v \Delta T}{m}}$$

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{2 * 0,08 \text{ mol} * \left(20,78 \text{ J/mol} * K \right) (2K)}{0,06 \text{ kg}}}$$

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{6,66 \text{ J}}{0,06 \text{ kg}}}$$

$$V_0 \approx 10,53 \text{ m/s}$$

Velocidad V_0 para una cantidad de 10 inyecciones de aire.

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{2 * n C_v \Delta T}{m}}$$

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{2 * 0,100 \text{ mol} * \left(20,78 \text{ J/mol} * K \right) (3K)}{0,06 \text{ kg}}}$$

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{12,47 \text{ J}}{0,06 \text{ kg}}}$$

$$V_0 \approx 14,42 \text{ m/s}$$

Velocidad V_0 para una cantidad de 20 inyecciones de aire.

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{2 * n C_v \Delta T}{m}}$$

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{2 * 0,133 \text{ mol} * \left(20,78 \text{ J/mol} * K \right) (4K)}{0,06 \text{ kg}}}$$

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{22,12J}{0,06kg}}$$

$$V_0 \approx 19,20m/s$$

Velocidad V_0 para una cantidad de 30 inyecciones de aire.

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{2 * nC_v \Delta T}{m}}$$

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{2 * 0,167mol * \left(20,78 J/mol * K\right) (4K)}{0.06kg}}$$

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{27,67J}{0,06kg}}$$

$$V_0 \approx 21,51m/s$$

Velocidad V_0 para una cantidad de 50 inyecciones de aire.

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{2 * nC_v \Delta T}{m}}$$

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{2 * 0,234mol * \left(20,78 J/mol * K\right) (4K)}{0,06kg}}$$

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{38,91J}{0,06kg}}$$

$$V_0 \approx 25,47m/s$$

Velocidad V_0 para una cantidad de 80 inyecciones de aire.

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{2 * nC_v \Delta T}{m}}$$

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{2 * 0,335 \text{ mol} * \left(20,78 \text{ J/mol} * K \right) (4K)}{0.06 \text{ kg}}}$$

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{55,71 \text{ J}}{0,06 \text{ kg}}}$$

$$V_0 \approx 30,47 \text{ m/s}$$

La velocidad aproximada con la que sale el dardo para cada una de las cantidades de aire inyectado y su relación con el trabajo queda consignada en la siguiente tabla:

Inyecciones	Cantidad n de moles (mol)	Trabajo W = nC _v ΔT (Joules)	$V_0 \approx \sqrt{\frac{2 * nC_v \Delta T}{m}}$ m/s
0	0,064	0,00	0,00
5	0,080	3,33	10,53
10	0,100	6,24	14,42
20	0,133	11,06	19,20
30	0,167	13,89	21,51
50	0,234	19,46	25,47
80	0,335	27,85	30,47

Tabla 4. Velocidad inicial V_0 según la cantidad de inyecciones

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE SALIDA DEL DARDO V_0 A TRAVÉS DE LOS PRINCIPIOS DE MOVIMIENTO PARABÓLICO

Para la determinación de la velocidad V_0 con la que sale el dardo, haciendo uso de la teoría de movimiento parabólico, se dispuso de un metro y un cronómetro que nos permitiera calcular los alcances del dardo y el tiempo de vuelo respectivamente, cada que se aumenta las inyecciones de aire.

La tabla siguiente muestra los datos obtenidos a través de la experimentación de la distancia alcanzada y el tiempo de vuelo para 5, 10, 20, 30, 50 y 80 inyecciones de aire, estos datos fueron tomados en las instalaciones de C.D.U de la Universidad del Valle, en el horario de la mañana procurando reducir los efectos del viento sobre el dardo y obtener una apreciación del comportamiento del fenómeno en estudio, mediante el uso del dispositivo.

Inyecciones de aire	Distancia(m)	Tiempo de vuelo t_v (segundos)
0	0	0
5	13,74	1,82
10	40,90	3,06
20	67,53	4,19
30	87,70	4,95
50	103,28	5,43
80	106,27	5,44

Tabla 5. Registro de datos experimentales, Distancia y Tiempo de vuelo del dardo

Donde la distancia alcanzada y el tiempo de vuelo obtenido nos permiten calcular la velocidad (constante) del dardo en el eje x. Al final esta velocidad servirá de ayuda para calcular la magnitud de la velocidad del dardo y compararla con la obtenida a través de los principios de la termodinámica, para ello, usaremos la siguiente relación:

$$X_{max} = V_{0x} * t_{vuelo}$$

Despejando V_{0x} se tiene:

$$V_{0x} = \frac{X_{max}}{t_{vuelo}}$$

Es evidente que para una cantidad de cero “0” inyecciones de aire el dardo no sale eyectado lo que implica que no existe un tiempo de vuelo y mucho menos una distancia alcanzada, por lo tanto la velocidad inicial en $x=0$, V_{0x} para cero inyecciones es cero

Determinemos V_{0x} para una cantidad de 5 inyecciones de aire:

$$V_{0x} = \frac{X_{max}}{t_{vuelo}}$$

$$V_{0x} = \frac{13,74m}{1,82s}$$

$$V_{0x} = 7,55m/s$$

V_{0x} Para una cantidad de 10 inyecciones de aire:

$$V_{0x} = \frac{X_{max}}{t_{vuelo}}$$

$$V_{0x} = \frac{40,90m}{3,06s}$$

$$V_{0x} \approx 13,37m/s$$

V_{0x} Para una cantidad de 20 inyecciones de aire:

$$V_{0x} = \frac{X_{max}}{t_{vuelo}}$$

$$V_{0x} = \frac{67,53m}{4,19s}$$

$$V_{0x} \approx 16,12m/s$$

V_{0x} Para una cantidad de 30 inyecciones de aire:

$$V_{0x} = \frac{X_{max}}{t_{vuelo}}$$

$$V_{0x} = \frac{87,70m}{4,95s}$$

$$V_{0x} \approx 17,71m/s$$

V_{0x} Para una cantidad de 50 inyecciones de aire:

$$V_{0x} = \frac{X_{max}}{t_{vuelo}}$$

$$V_{0x} = \frac{103,28m}{5,43s}$$

$$V_{0x} \approx 19,02m/s$$

V_{0x} Para una cantidad de 80 inyecciones de aire:

$$V_{0x} = \frac{X_{max}}{t_{vuelo}}$$

$$V_{0x} = \frac{106,27m}{5,44s}$$

$$V_{0x} \approx 19,53m/s$$

La velocidad en x aproximada con la que sale el dardo para cada una de las cantidades de aire inyectado calculado a través de cinemática queda consignada en la siguiente tabla:

Inyecciones de aire	Distancia(m)	Tiempo de vuelo (t_v)(s)	Velocidad (V_{0x}) m/s
5	13,74	1,82	7,55
10	40,90	3,06	13,37
20	67,53	4,19	16,12
30	87,70	4,95	17,71
50	103,28	5,43	19,02
80	106,27	5,44	19,53

Tabla 6. Determinación de la velocidad horizontal del dardo según las inyecciones

Para la determinación de la magnitud V_0 de la velocidad con la que sale el dardo para cada una de las inyecciones de aire se relacionó con V_{0x} a través de la siguiente ecuación de movimiento parabólico:

$$V_{0x} = V_0 * \cos \theta$$

$$V_{0x} = V_0 * \cos 45^\circ$$

$$V_0 = \frac{2 * V_{0x}}{\sqrt{2}}$$

Donde $\theta = 45^\circ$ puesto que durante la experimentación se trabajó con el ángulo de máximo alcance.

De esta forma la velocidad V_0 para una cantidad de 5 inyecciones de aire:

$$V_0 = \frac{2 * V_{0x}}{\sqrt{2}}$$

$$V_0 = \frac{2 * 7,55m/s}{\sqrt{2}}$$

$$V_0 \approx 10,68m/s$$

Velocidad V_0 para una cantidad de 10 inyecciones de aire:

$$V_0 = \frac{2 * V_{0x}}{\sqrt{2}}$$

$$V_0 = \frac{2 * 13,37m/s}{\sqrt{2}}$$

$$V_0 \approx 18,90m/s$$

Velocidad V_0 para una cantidad de 20 inyecciones de aire:

$$V_0 = \frac{2 * V_{0x}}{\sqrt{2}}$$

$$V_0 = \frac{2 * 16,12m/s}{\sqrt{2}}$$

$$V_0 \approx 22,79m/s$$

Velocidad V_0 para una cantidad de 30 inyecciones de aire:

$$V_0 = \frac{2 * V_{0x}}{\sqrt{2}}$$

$$V_0 = \frac{2 * 17,71m/s}{\sqrt{2}}$$

$$V_0 \approx 25,06m/s$$

Velocidad V_0 para una cantidad de 50 inyecciones de aire:

$$V_0 = \frac{2 * V_{0x}}{\sqrt{2}}$$

$$V_0 = \frac{2 * 19,02m/s}{\sqrt{2}}$$

$$V_0 \approx 26,90m/s$$

Velocidad V_0 para una cantidad de 80 inyecciones de aire:

$$V_0 = \frac{2 * V_{0x}}{\sqrt{2}}$$

$$V_0 = \frac{2 * 19,53m/s}{\sqrt{2}}$$

$$V_0 \approx 27,63m/s$$

La velocidad aproximada con la que sale el dardo para cada una de las cantidades de aire inyectado y su relación con la distancia alcanzada y el tiempo de vuelo están consignados en la siguiente tabla:

Inyecciones de aire	Distancia(m)	Tiempo de vuelo (t_v)(s)	Velocidad (V_{0x}) m/s	Velocidad (V_0) m/s
0	0	0	0	0
5	13,74	1,82	7.55	10,68
10	40,90	3,06	13.37	18.90
20	67,53	4,19	16.12	22.79
30	87,70	4,95	17.71	25.06
50	103,28	5,43	19.02	26.90
80	106,27	5,44	19.53	27.63

Tabla 7. Datos de la determinación de la velocidad de salida del dardo según la cantidad de inyecciones

COMPARACIÓN DE LAS MAGNITUDES DE LAS VELOCIDADES OBTENIDAS A TRAVÉS DE LA TERMODINÁMICA Y MOVIMIENTO PARABÓLICO

Se realizara una comparación para cada una de las velocidades con la que sale el dardo, obtenidas a través de los principios de la termodinámica y se hará una comparación con las obtenidas a través de los principios de movimiento parabólico para observar la aproximación de estos dos modelos usando el dispositivo que se construyó para llevarlo a aula de clases, para ello consideremos la tabla siguiente:

Inyecciones de aire	Velocidad V_0 a través de termodinámica (m/s)	Velocidad V_0 a través de movimiento parabólico (m/s)
	$V_0 \approx \sqrt{\frac{2 * nC_v \Delta T}{m}}$	$V_0 = \frac{2 * V_{0x}}{\sqrt{2}}$
0	0	0
5	10,53	10,68
10	14,42	18.90
20	19,20	22.79
30	21,51	25.06
50	25,47	26.90
80	30,47	27.63

Tabla 8. Comparación de la velocidad inicial respecto a los dos modelos estudiados

A continuación se muestra las gráficas de cantidad de inyecciones versus velocidad de salida, para cada uno de los modelos estudiados.

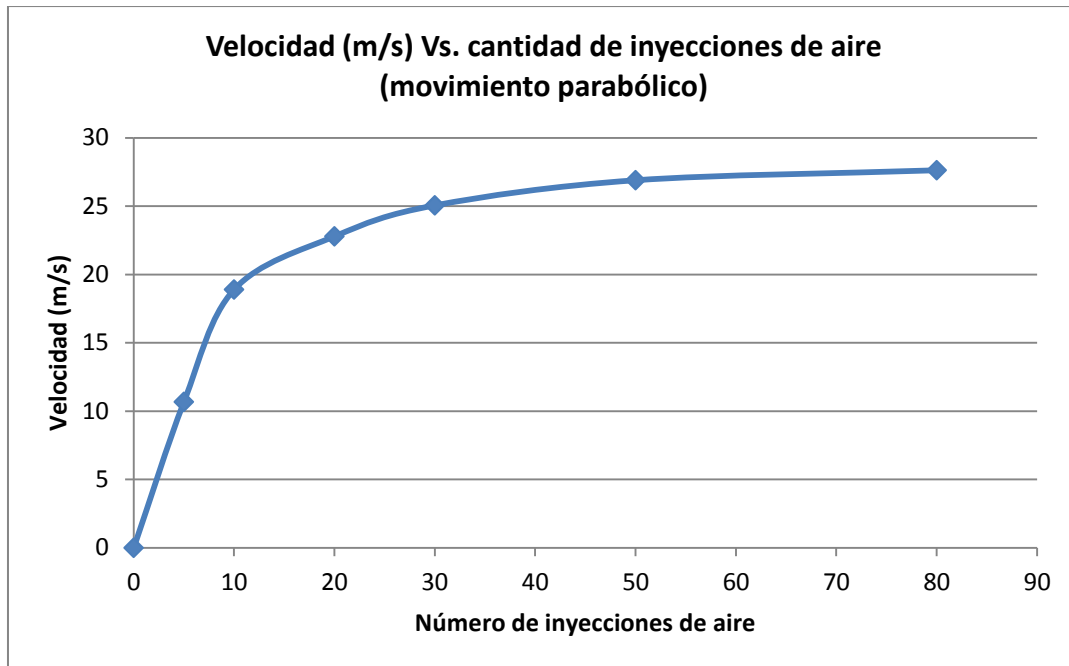


Grafico 1.

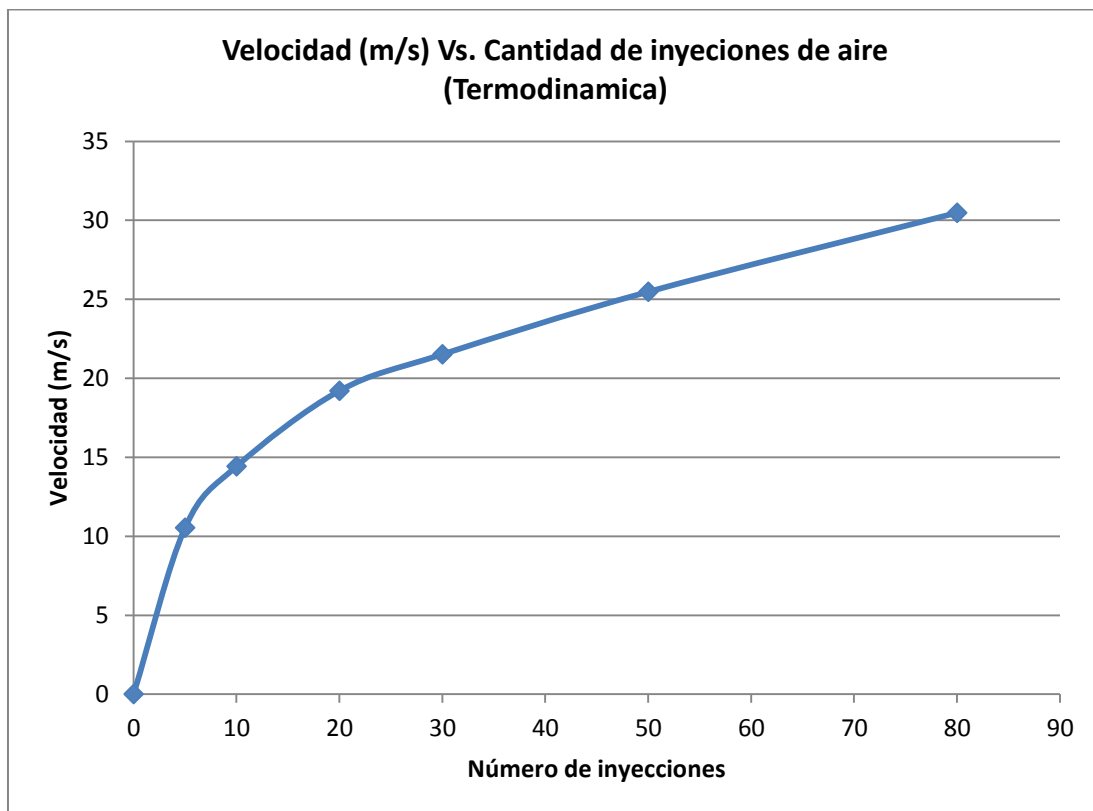


Grafico 2.

Observaciones de la experimentación

Se puede observar que los datos obtenidos a través de movimiento parabólico para las diferentes inyecciones de aire no están muy alejados a los obtenidos a través de termodinámica, debido a la precisión con la que se tomó los datos y a la rapidez con la que se abrió la llave de paso durante la expansión del gas.

Se debe tener en cuenta que durante la toma de medidas en el C.D.U las corrientes de viento afectaron el movimiento del dardo, desviándolo y ejerciendo resistencia en su trayectoria, pero también se debe tener en cuenta que cuando se inyectaba aire a la botella, se calentaba el recipiente y parte de ese calor se disipaba en el ambiente, lo cual generaba que el trabajo a la hora de lanzar el dardo no fuera el mismo que la cantidad de energía suministrada por cada inyección.

Para 80 inyecciones de aire los datos obtenidos a través de movimiento parabólico no son muy cercanos pero tampoco exageradamente lejanos a los obtenidos a través de termodinámica, estas diferencias se deben a que para una cantidad de 80 inyecciones de aire, el dardo alcanza distancias superiores a los 100 metros lo que genera que se aumente el margen de error, debido al viento que se presentaba durante la toma de los datos.

De acuerdo a la tabla 3 en la que se presenta el trabajo ejercido por cierta cantidad de inyecciones y la correspondiente velocidad de salida lograda por el dardo, se observa que a medida que aumenta la cantidad de inyecciones de aire sobre la botella, el gas (aire) a su vez realiza un mayor trabajo.

Se logra observar a través de las gráficas 1 y 2 relativas al comportamiento de la velocidad según los dos modelos teóricos, que a pesar de las condiciones sobre las que se hizo la experimentación, los dos modelos brindan una aproximada solución en la determinación de la velocidad de salida del dardo.

Situación propuesta antes de la experimentación

Preguntas exploratorias formuladas a los estudiantes para el análisis, antes de llevar a cabo la experimentación:

1. ¿Qué trayectoria sigue el dardo lanzado con un ángulo de 45 grados? ¿Qué sucedería si se lanza el dardo con ángulos de 60 o 30 grados?
2. ¿Qué sucede con el alcance obtenido por el objeto lanzado a medida que se incrementa la cantidad de inyecciones? ¿Es proporcional esta relación? ¿proporcional a qué?

3. ¿Qué sucede con la velocidad inicial del objeto lanzado a medida que se incrementa la cantidad de inyecciones?
4. Al aumentar la cantidad de inyecciones ¿aumenta o disminuye el tiempo de vuelo del dardo y bajo qué condiciones?
5. Se puede concluir que cuando el dardo obtiene el alcance máximo para cualquier cantidad de inyecciones de aire.
 - a) La velocidad de caída es cero.
 - b) La altura es cero.
 - c) El tiempo de vuelo es el mismo tiempo de subida.
 - d) La velocidad total es cero.
6. Dada una altura alcanzada por el dardo lanzado en movimiento parabólico y la misma altura alcanzada al lanzar el dardo lanzado verticalmente, ¿cuál de los dos tarda más tiempo en caer?

Situación propuesta a los estudiantes con el uso del dispositivo

- Realizar 10 inyecciones en la cámara de aire con el tubo de $\frac{1}{2}$ pulgada con su respectivo dardo y medir el alcance máximo y el tiempo, realizar el mismo procedimiento en tres ocasiones. Ahora ingresando a la cámara de aire 20, 30, 50 y 80 inyecciones, repita el procedimiento anterior, teniendo en cuenta que para cada uno de estos valores se deben tomar 3 datos. Registre los datos en la tabla 1.1

Presión (Inyecciones)	Distancia alcanzada	Tiempo de vuelo
10		
20		

30		
50		
80		

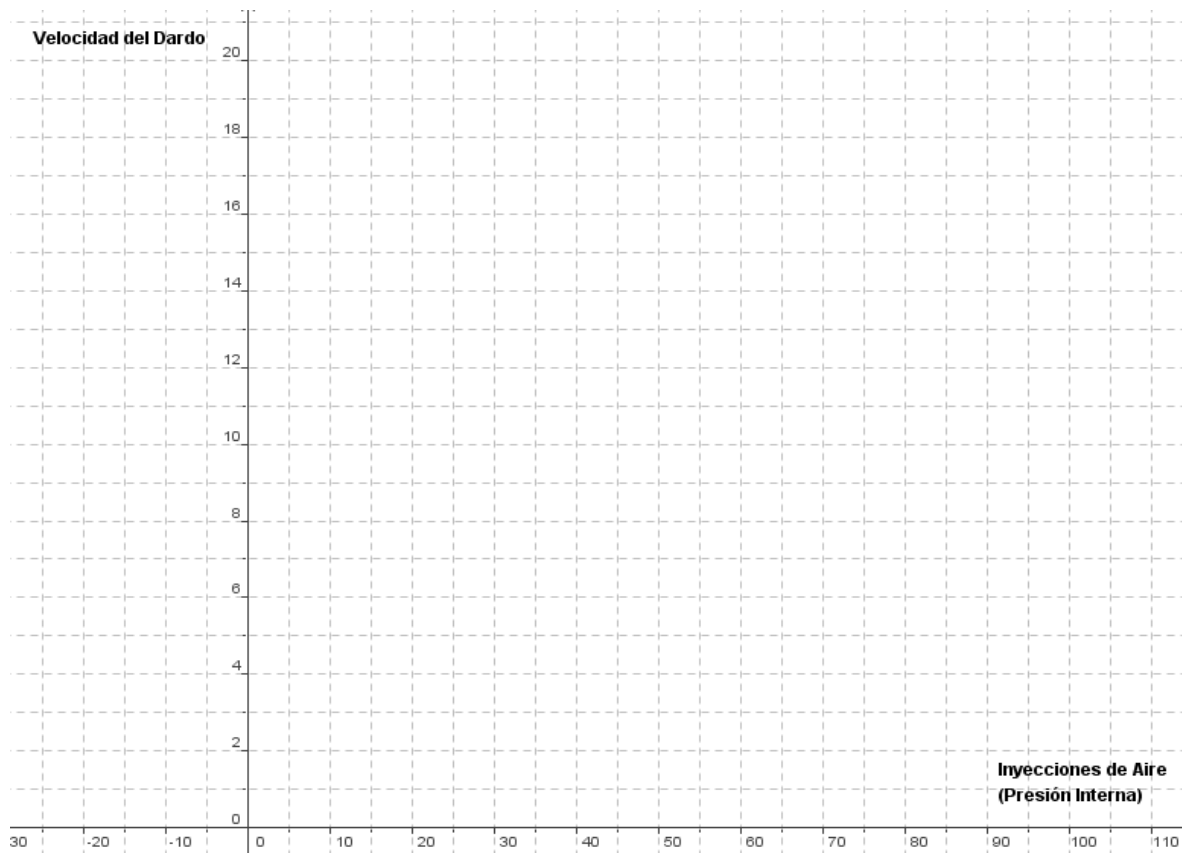
Tabla 1.1

- De acuerdo con los datos tomados en la tabla 1.1, tomar el promedio de las distancias alcanzadas y el promedio de los tiempos y calcule las correspondientes velocidades promedio en cada caso, registre sus datos en la tabla 2.1

Presión(Inyecciones)	Distancia alcanzada Promedio	Tiempo de vuelo Promedio
10		
20		
30		
50		
80		

Tabla 2.1

- Con los datos de la tabla 2.1, realice un gráfico, sobre los ejes cartesiano dados, de cantidad de inyecciones de aire versus velocidad de salida:



- Si se sabe que en cada inyección se introducen 75 cm^3 de aire aproximadamente, para cada cantidad de inyecciones ¿puede determinar la cantidad de volumen del aire aproximado que se introduce en la botella?
- Para qué cantidad aproximada de inyecciones de aire, se obtiene una velocidad mayor de 20 m/s .
- ¿Qué cambios observa para la velocidad entre 0 y 20 inyecciones?
- ¿Qué cambios observa para la velocidad entre 30 y 80 inyecciones?
- ¿Cómo cambia la velocidad del dardo cuando se trabaja con más de 80 inyecciones de aire?
- ¿Por qué crees que es necesario incrementar la fuerza de inyección de aire, a medida que se llena la botella?

EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD.

Para llevar a cabo la secuencia planteada nos dirigimos a la Institución Educativa Técnico Comercial Juan XXIII, ubicada en la calle 46 n° 28F-31, barrio 12 de octubre (teléfono 441 6028), el cual es un colegio público y como lo indica su nombre de enfoque técnico comercial. Este colegio cuenta con dos jornadas, una en la mañana donde se encuentran tres grados de noveno

(9°), tres de decimo (10°) y tres onces (11°), mientras que en la tarde se encuentran dos grados de sexto (6°), dos grados de séptimo (7°) y un grado de octavo (8°). Se estima que en promedio por cada grado hay 35 estudiantes, para un total de 490 estudiantes en el colegio (los de la jornada de la mañana más los de la tarde).

La actividad fue desarrollada con ocho estudiantes de 11 (tres estudiantes de 11-1 y cinco estudiantes de 11-2), los cuales fueron seleccionados por el profesor de física José Jair Valencia García (licenciado en matemáticas y física, graduado en la Universidad del Valle), quien nos acompañó durante el desarrollo de la actividad. Se seleccionaron solo ocho estudiantes debido a que solo se contaba con un dispositivo lanza dardos, y porque era más fácil ver el desarrollo de la actividad que hacía cada grupo.

Se dividieron en dos grupos de cuatro personas cada uno y se les entregó una hoja en la que registrarían los datos de cantidad de inyecciones de aire y alcance obtenido por el dardo. Se les explicó cómo se arma el dispositivo y su funcionamiento, luego se les hizo unas preguntas exploratorias (ver preguntas en la sección de la secuencia pág. 26). Durante las preguntas exploratorias se pudo observar que había claridad en algunos conceptos del estudio del movimiento parabólico (por ejemplo que la velocidad en la componente horizontal era constante mientras que en el eje vertical cambiaba), pero también se pudo evidenciar que habían conceptos de los cuales no se acordaban, para lo cual se procedió a darles un breve repaso.

Luego de las preguntas exploratorias los estudiantes empezaron, por turnos, a realizar el lanzamiento, primero para diez inyecciones, dándose cuenta que el alcance obtenido fue mucho mayor que lo que ellos habían supuesto, en donde algunos dijeron que sería de 1 metro y medio o menos y solo uno de los estudiantes dijo que sería de 10 metros, pero que a la hora del lanzamiento y su posterior medición fue de 26,9 metros para un grupo y de 20 metros para el otro grupo. Luego se midió el alcance para 20 inyecciones de aire. Se registraron estos datos en la tabla que se le asignó a cada grupo y se procedió a calcular la velocidad en el eje horizontal para cada inyección de aire, de donde los estudiantes empezaron a conjeturar sobre el alcance que se obtendría con el dardo si se aumentaba la cantidad de inyecciones sobre la botella, en donde en un inicio creían que el comportamiento era lineal, es decir pensaban que si para 20 inyecciones de aire obtuvieron un alcance de 57,05 metros entonces para 80 inyecciones obtendrían un alcance de 228,2 metros (cuatro veces el alcance que se logró para 20 inyecciones), pero al momento de realizar la actividad para 80 inyecciones se obtenía un alcance cercano a los 100 metros y no 228,2 metros como se había previsto. A partir de lo anterior se empezó a debatir sobre el comportamiento del alcance obtenido por el dardo cuando se aumentaba la cantidad de inyecciones de aire y el por qué para igual cantidad de inyecciones de

aire cada grupo obtuvo un alcance diferente. Para una mayor ampliación se pueden ver los videos adjuntos.

Al finalizar la actividad, se les dio otro modelo que permitía hallar una aproximación de la velocidad inicial con que salía el dardo, usando para ello conceptos de termodinámica, tal como se explica en las páginas 12-19.

Por el lado de los estudiantes, estos manifestaron agrado con la actividad, y sobre todo por la posibilidad de observar fenómenos con objetos tangibles, pues esto les facilitaba la visualización y los sacaba de la rutina de estar en el salón de clases, escribiendo todo lo que el profesor les dicta o escribe en el tablero, lo cual se reflejaba en el entusiasmo que manifestaban a la hora de realizar la actividad. Por su parte, el docente se mostró a gusto con la actividad desarrollada, y sobre todo porque nos contó que el colegio no disponía de laboratorios de física, destacando la importancia que esto genera en los estudiantes, tanto motivacionalmente como por las potencialidades que le brinda. Por nuestro lado, consideramos que la actividad fue productiva y nos ayudó a identificar por un lado, una problemática de falta de recursos en algunos colegios, en donde el profesor tiene que hacer “maromas” si quiere realizar determinada actividad con ciertos materiales, y por otro lado nos aportó más bases sobre la importancia que tiene el poder manipular objetos tangibles para que el estudiante se pueda acercar al conocimiento estudiado, y pueda tener una mejor visualización del fenómeno estudiado.

CONCLUSIONES DE LA SECUENCIA

El uso del dispositivo es una buena opción a la hora de desarrollar actividades con los estudiantes, pues ellos están familiarizados con estos elementos, ya que ellos son de su uso cotidiano.

En el desarrollo de pensamiento científico es importante permitir que el estudiante hable, pues son ellos los que nos dicen desde sus experiencias cotidianas que varía y que no. Por otro lado desarrollar actividades en donde ellos se ven involucrados en su construcción, es una buena forma a la hora de la interpretación de los resultados de sus experiencias, pues cada cifra o cada número tiene una significación para ellos, así en un principio les cause muchas dudas e inquietudes la diferencia que se presentan en los resultados de la velocidad obtenida a través de los dos modelos.

Podemos decir que el pensamiento científico es un nervio central dentro de la física, puesto que en la naturaleza todo cambia, nada permanece como es. Esta reflexión invita al profesor a construir actividades donde se le muestre y se construya con el estudiante las posibles

variaciones de un fenómeno, cuáles de ellas se pueden medir directa o indirectamente, cuáles no, cuales son más adecuadas para el desarrollo de pensamiento científico específicamente.

BIBLIOGRAFÍA

Cedillo, T. (2006). «La enseñanza de las matemáticas en la escuela secundaria» Los sistemas algebraicos computarizados. Revista Mexicana de Investigación Educativa, Vol. 11 no. 028 pp. 129-153.

Garzón D. (2008) El diseño de materiales a la luz de un modelo que incorpora la concepción de recursos pedagógicos vivientes. Ponencia Comunidades de Práctica. Universidad del Valle. Recuperado 20 de enero 2010

Godino, Juan C. (2003). Recursos para el estudio de las matemáticas. En Juan D. Godino. Matemáticas y su didáctica para maestros.

Guin D. & Trouche L.(2007).Une approche multidimensionnelle pour la conception collaborative de ressources pédagogiques. En: Environnements informatiques et ressources numériques pour l'apprentissage (pp.197-226). Lavoiser, Paris, Francia: Hermes Science. (Traducción libre por Diego Garzón Castro).

Ministerio de Educación Nacional (2006). *Estándares Básicos de Competencias en Matemáticas. Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas*. MEN. Bogotá.

Sears, M. Zemansky y H. Young (2009), *Física Universitaria*, vol. 1 (12ª ed.), Addison Wesley. Mexico