

# Análisis de las hipótesis y las preguntas en los problemas de física a través de la resolución verbalizada

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Margarita del Rosario Escobar <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Tres de Febrero, Gral. Enrique Mosconi 2736, B1674HF, Sáenz Peña, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional del Centro, Gral. Pinto 399, B7000GHG, Tandil, Buenos Aires, Argentina.

E-mail: mescobar@untref.edu.ar

## Resumen

En este trabajo de carácter exploratorio, se analiza la resolución escrita de un problema de física por estudiantes de ingeniería. Se consideran dos poblaciones de estudio (N= 4 y 5). A uno de los grupos se les pide resolver el problema verbalizando sus pensamientos y al segundo grupo, se le pide que resuelva el problema escribiendo las hipótesis y las preguntas que surjan. Se comparan los resultados obtenidos a través del análisis de las producciones de ambos grupos.

**Palabras clave:** Resolución de problemas, Verbalización, Hipótesis, Voz alta, Procesos cognitivos

## Abstract

This exploratory research focuses on the analysis of an introductory Physics problem by Engineering students. In this work, two samples of N=4 and 5 students are considered. Students from one of the groups are asked to solve a problem by verbalising their thoughts. The second group is asked to solve the problem and to write any hypothesis or doubts that might come out. The results obtained from both groups are subsequently compared.

**Keywords:** Problem solving, Verbalization, Hypothesis, Out loud, Cognitive processes

## I. INTRODUCCIÓN

No se puede enseñar sin comprender las causas de los errores y dificultades del alumnado (Sanmartí, 2010). Con frecuencia los docentes, a la hora de evaluar, tenemos algunas ideas sobre cuáles pueden ser las dificultades que encuentran nuestros alumnos sobre determinados temas, conceptos y ejercicios. “No sabe despejar”, “no pudo encontrar la relación entre las variables”, “no entiende que en equilibrio la velocidad es constante” son juicios que provienen de nuestra propia observación, experiencia y, en definitiva, de una valoración subjetiva que puede incluso no ser compartida con otros colegas. No es poco usual que cuando en la clase o durante la realización de actividades se aborden determinados temas, a los profesores nos cueste darnos cuenta de cuáles son específicamente los obstáculos que encuentran nuestros estudiantes, o el nivel de progreso que llevan con la materia. En ocasiones, aunque se propongan actividades grupales, se pida entregar trabajos, o escribir preguntas sobre los temas que no se logran comprender, los resultados no logran ofrecer un panorama esclarecedor acerca de las dificultades e inquietudes con las que los estudiantes se encuentran. Incluso, cuando ellos mismos se acercan a los docentes a hacer preguntas sobre determinados ejercicios y actividades, ante preguntas como: “¿qué es lo que no entendés?”, las respuestas muchas veces son del tipo: “no sé cómo seguir”, “no entiendo nada”, “no sé qué hay que hacer acá”, “no sé cómo usar lo que vimos para resolver el problema”. Otra situación bastante usual -sobre todo en el ámbito universitario- ocurre cuando pedimos a nuestros alumnos que realicen una infinidad de ejercicios invirtiendo tiempo y esfuerzo con los que a veces no se cuenta. Quizás, el análisis exhaustivo y la verbalización de un solo problema tendrían el potencial de movilizar tantas inquietudes, preguntas y estrategias metacognitivas, que unos pocos problemas o ejercicios

bastarían para poder solucionar muchos otros. En este sentido, la idea sería cuestionar con fundamentos la concepción instalada en ciencias naturales de que es necesario resolver muchos ejercicios para tener un buen desempeño en los exámenes o, lo que es más grave, mejorar la comprensión.

### A. El pensamiento verbalizado

La resolución verbalizada de un ejercicio o problema nos podría llevar directamente a “la cocina de los pensamientos” en donde las preguntas surgen a la par que se resuelve el ejercicio, mientras el estudiante diseña una estrategia, se formula hipótesis y plantea preguntas que le permiten continuar hacia la meta. Dicho esto, no estamos asumiendo que todos los estudiantes serán igual de hábiles en la tarea de verbalizar todo aquello que piensan. En este sentido, es importante haber ejercitado el pensamiento en voz alta o por escrito y la verbalización durante la resolución de problemas, en concordancia con estudios que señalan que los sujetos suelen tomarse más tiempo en completar la misma tarea si deben verbalizarla (Ericsson y Simon, 1993; Ericsson, 2003; Armengol Castells, 2007). A través de la verbalización se intenta llegar a las preguntas que usualmente no se manifiestan, analizar qué tipos de hipótesis se plantean, poner de manifiesto concepciones alternativas y observar indicios de actividad metacognitiva, entre otras cosas. Esta información es fundamental para orientar el trabajo docente, volviendo sobre los pasos, aclarando dudas, analizando conceptos desde otra perspectiva y modificando así nuestra enseñanza y actitud hacia el alumnado. Estas observaciones permitirían incluso diseñar instrumentos de evaluación, abrir el diálogo sobre ideas que quizás varios comparten y muchos callan y aumentar la confianza y seguridad de los estudiantes haciéndoles saber que el docente está para ayudarlos y guiarlos. En otras palabras, dejar en claro que el docente ve con buenos ojos que sus estudiantes expresen aquello que no comprenden, por más trivial que pueda parecer.

En definitiva, considero que la verbalización de los problemas puede resultar útil para:

- analizar hipótesis;
- estimular preguntas interesantes;
- evaluar formativamente respetando las individualidades;
- analizar el progreso;
- permitir a los estudiantes que no suelen participar un espacio en el que puedan expresar sus ideas.
- vislumbrar algunas ideas previas;
- reforzar temas o conceptos ya impartidos;
- hacer visible a los compañeros las propias ideas en pos de fomentar el diálogo y el aprendizaje grupal.

Se trata aquí de reconsiderar a los problemas de física como ocasión privilegiada para construir y profundizar los conocimientos en vez de convertirlos, como es usual, en refuerzo de errores conceptuales y metodológicos (Gil Pérez et al, 1988).

Proponer una tarea que implique la verbalización de un problema o ejercicio, supone un trabajo de elaboración posterior, en el cual el docente debería considerar diseñar propuestas de clase teniendo en cuenta lo que manifestaron los estudiantes y posibilitando el intercambio de ideas a través de distintas estrategias didácticas (William et al, 2002). Algunas propuestas de interés, podrían ser, por ejemplo, anotar las preguntas que hayan surgido y hacer una puesta en común, abriendo el diálogo y proponiendo como tema de discusión esas preguntas o bien, siguiendo alguna rutina de pensamiento orientada a algún fin didáctico (Ritchhart et al, 2014).

### B. Los protocolos de pensamiento verbal

Uno no dice todo lo que piensa, muchas cosas quedan en la memoria a corto plazo y se pierden. Lo que uno dice sobre el pasado, está de alguna manera distorsionado (Nisbett y Wilson, 1977). Una manera de observar las dificultades que encuentran los alumnos a medida que resuelven un problema, es a través de la verbalización. La técnica de pensamiento en voz alta o de pensamiento verbalizado, fue ampliamente cuestionada desde que, según la manera en la que se lleve a cabo, puede resultar en un procedimiento inválido (Ericsson, 2003). Ericsson y Simon (1993) proponen un modelo de verbalización para obtener información válida y no reactiva<sup>1</sup>. En este sentido, se trata de evitar reportes en los que se manifieste actividad introspectiva, por ejemplo, evitando que el sujeto justifique sus pensamientos por el mero hecho de creer que está siendo evaluado u observado. Hay otra razón por la cual en los informes de pensamiento verbalizado se trata de evitar la introspección y es que se desea que el hecho de manifestar preguntas o inquietudes no altere el camino hacia la resolución de una determinada actividad. Es decir, si el acto de

---

<sup>1</sup>La reactividad es el fenómeno que se produce cuando los individuos alteran su desempeño o comportamiento debido a ser conscientes de que están siendo observados.

verbalizar los procesos de pensamiento no cambia la secuencia de pensamientos mientras se lleva a cabo una tarea, entonces el desempeño no debería verse alterado debido a la verbalización (Ericsson, 2003). En este trabajo, en realidad interesa ver, entre otras cosas, si en efecto los resultados cambian al pedir a los estudiantes que verbalicen sus pensamientos, y esto se tomará como un efecto positivo de la actividad. Es por ello, que si bien será importante evitar que cambien sus resultados debido a lo que suponen que se espera de ellos, no se impedirá a los estudiantes que manifiesten inquietudes, preguntas y conclusiones que se deriven de aquello que piensan.

### C. El foco de análisis: las preguntas y las hipótesis

Analizaremos dos aspectos de la resolución de un ejercicio de física: las preguntas realizadas por los estudiantes y las hipótesis que plantean.

-*Las preguntas.* El poder poner en palabras las preguntas que surgen cuando estamos estudiando, no siempre resulta ser una tarea sencilla y, para aprendices no familiarizados con rutinas de estudio (Ritchhart et al, 2014), o con la organización de la información, se observa en ocasiones en la experiencia cotidiana, que éstos no poseen como hábito el escribirse preguntas mientras toman apuntes o mientras están estudiando. Describiremos y compararemos, entonces, las preguntas que surgen de la actividad que se les propone en la experiencia.

- *Las hipótesis.* Siguiendo la línea anterior, el planteo de hipótesis al resolver un ejercicio o problema es crucial, pero muchas veces, cuando se pide a estudiantes que escriban hipótesis, éstas son demasiado generales, de naturaleza casi memorística. Por ejemplo, es usual que los estudiantes recuerden mencionar en un problema de mecánica elemental en el que aparecen fuerzas de vínculo producidas por sogas o cuerdas, que éstas son “inextensibles” y de masa despreciable. Sin embargo, al indagar en profundidad, se observa que los estudiantes no comprenden realmente las implicaciones de estas dos hipótesis fuertes. En consecuencia, suele ocurrir que a dos cuerpos vinculados por una soga de masa despreciable se asignen distintos valores de aceleración aun habiendo planteado las hipótesis mencionadas. En ciertas ocasiones se observa también que los alumnos justifican que dos cuerpos tienen la misma aceleración porque se hallan vinculados por una soga de masa despreciable.

El interés en las hipótesis reside en que su tratamiento es uno de los puntos centrales de la enseñanza en ciencias. Los sujetos formulan hipótesis acerca de la realidad cotidiana basadas en concepciones alternativas acerca del mundo. Pensar en una formación en ciencias basada en la resolución de problemas por investigación (Gil Pérez y Valdés Castro, 1997) implica poner en evidencia a nuestros estudiantes el hecho de que ellos mismos, casi naturalmente, proponen hipótesis cuando se enfrentan a situaciones problemáticas nuevas. Acorde a esto, el investigador británico Douglas Barnes, quien ha estudiado a lo largo de su carrera el papel del lenguaje en la adquisición del aprendizaje, comenta que a un aprendiz cuanto más se le permita “pensar en voz alta”, puede asumir con mayor responsabilidad la formulación de hipótesis explicativas y evaluarlas (Barnes, 1976 en Ritchhart et al, 2014).

## II. METODOLOGÍA

Este trabajo parte de la observación y tiene como fin una descripción de la producción escrita sobre la resolución de un problema de física (anexo I) de dos grupos de estudiantes de Física 1. Este estudio puede encuadrarse como descriptivo - observacional (Yuni y Urbano, 2003; Hernández Sampieri, 1998) y se centrará en dos aspectos principales de la resolución de problemas: las preguntas que se formulan los estudiantes en la resolución y el planteo de hipótesis. Con este fin, se analizarán comparativamente las producciones, poniendo el foco en los siguientes puntos:

- *Resultado final:* acercamiento a la solución del problema. ¿El camino planteado conduce a la solución del ejercicio de manera unívoca? ¿Se ha podido resolver el ejercicio?

- *Cantidad y características de las preguntas expresadas.* Qué tipos de dudas y cuántas dudas manifiestan los estudiantes luego de la resolución y qué dudas se observaron en la producción escrita. Comparar lo expresado en un cuestionario (anexo I) sobre la resolución del problema en cuestión con el abordaje por escrito del problema que se intentó resolver.

- *Cantidad y características de las hipótesis expresadas.* Comparar lo que expresan los estudiantes en el cuestionario con las hipótesis que se observaron en las producciones escritas. Aquí se define como “hipótesis” a los supuestos que se tienen en cuenta para resolver el problema así como también las predicciones acerca de cómo se comportarán los objetos en estudio. Tanto los supuestos como las predicciones guiarán, en principio, las estrategias y avalarán el uso de enunciados teóricos.

Esta investigación es la segunda luego de una primera prueba piloto llevada a cabo con anterioridad en otro grupo de estudiantes de Física 1. Esta experiencia es esencialmente la misma, salvo algunas

modificaciones orientadas a aumentar su validez (Yuni y Urbano, 2003). Los ajustes realizados se apuntaron a mejorar el criterio de selección de la población de estudio así como también a realizar modificaciones a las preguntas del cuestionario con el fin de evitar ambigüedades en las respuestas. La prueba se llevó a cabo durante el tiempo de clase de un curso de Física 1 para ingeniería de sonido de la Universidad Nacional de Tres de Febrero. Previamente, a los estudiantes se les había avisado que se realizaría dicha actividad con el objeto de ayudarlos a resolver un ejercicio de un parcial domiciliario que debían entregar. La población se dividió en dos grupos. En la tabla I se describen las características de los grupos 1 y 2.

**TABLA I.** Características de la población de estudio. El grupo 1 corresponde a los estudiantes que debieron realizar la tarea verbalizando el proceso de resolución. Al grupo 2, en cambio, se le pidió que simplemente resuelvan el ejercicio.

<i>Grupo 1 (N = 5)</i>	<i>Grupo 2 (N = 4)</i>
Manifestaron no haber estudiado, repasado o intentado resolver el ejercicio que se les dio con anterioridad.	Manifestaron haber repasado, leído acerca de la teoría y/o intentado resolver el ejercicio con anterioridad.
Deben resolver el ejercicio verbalizando lo que piensan.	Deben resolver el ejercicio escribiendo sus dudas e hipótesis.
No resolvieron previamente ningún ejercicio verbalizando. Durante la actividad se les recordó que deben escribir todo lo que van pensando.	Durante la actividad se les recordó que deben escribir las preguntas y las hipótesis que les fueran surgiendo al resolver el ejercicio.

Al grupo 1 se le entregó una hoja con un problema que debían resolver, verbalizando el proceso de resolución, esto es, pidiéndoles que manifiesten por escrito todas las ideas que les fueran surgiendo. Dado que con anterioridad no se había realizado ninguna actividad similar, se les mostró y se les leyó un ejemplo de cómo se esperaba que procedieran (anexo I). Al grupo 2 se le entregó una hoja con el mismo problema, y se le pidió que escribieran las dudas que les fueran surgiendo. El problema elegido fue una actividad (anexo I) del mencionado parcial domiciliario. Para hacer dicho parcial contaban con un plazo de ocho días. La mayoría de los estudiantes había manifestado que por cuestiones de tiempo y por tener que rendir otras materias antes, se les iba a dificultar el poder realizar con tranquilidad y tiempo el parcial.

Al principio de la clase se preguntó a los estudiantes si habían estudiado el tema “cantidad de movimiento lineal” y/o si habían intentado resolver el ejercicio “de choque” del parcial. Se les pidió que fueran honestos en la respuesta porque en función de eso se iba a realizar una actividad orientada a ayudarlos a resolver el problema de cantidad de movimiento del parcial durante la clase. De esta manera, se les brindaría parte del tiempo de la clase para que al menos pudieran comenzar a plantear el ejercicio y despejar algunas dudas que los ayudaría en el parcial. Esto se hizo así para aumentar la motivación de los estudiantes a la hora de resolver el ejercicio. El grupo 1 fue aquel que manifestó no haber estudiado ni intentado hacer el problema de conservación de cantidad de movimiento. El grupo 2, por el contrario afirmó haber intentado resolver el ejercicio y/o haber “repasado” el tema “conservación de la cantidad de movimiento”. La elección de estos grupos de estudio se basó en observar cuán cerca podían llegar los estudiantes del grupo 1 a la solución del problema sin haber estudiado y sólo verbalizándolo, sin embargo, consideramos a ambos grupos conformado por estudiantes novatos (Larkin, 1980). Ambos grupos tenían 1 h 30 min para hacer la actividad. Pasado ese tiempo, se les pidió que no continuaran y se les entregó un cuestionario. Una vez entregada la hoja con la actividad del problema, se recordaba a los estudiantes del grupo 1 que intentaran verbalizar todos los pensamientos que les fueran surgiendo. Por el otro lado, a los estudiantes del grupo 2 se les recordaba que escribieran las preguntas y las hipótesis que les fueran surgiendo. Algunos de los estudiantes se levantaron a pedir ayuda, pero se les pidió que siguieran, porque después se realizaría un análisis que les permitiría despejar dudas.

### III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En función de las respuestas obtenidas por los estudiantes en el cuestionario (Anexo II) se observó que la mayoría de los estudiantes estaban altamente motivados a hacer la actividad. Ambos grupos asignaron puntajes de entre 4 y 5 a su nivel de motivación. Hubo sólo un estudiante del grupo 1 que asignó un 2 a su nivel de motivación. Ese estudiante fue el único que no contestó el cuestionario y que casi no verbalizó el proceso de resolución, expresando en voz alta: “no sé nada”. Por otro lado, si bien los estudiantes que

verbalizaron no mostraron evidencias de estar encaminados hacia la solución, las causas de ello podrían deberse a:

- falta de tiempo.
- no haber estudiado, repasado, intentado resolver el ejercicio con anterioridad.

En términos generales, de la lectura de la producción de los estudiantes del grupo 1, se observó que, aún no habiendo estudiado, repasado ni teniendo en claro conceptos teóricos (Larkin, 1980; Gil Pérez et al, 1988; Buteler et al., 2001; William et al, 2002):

- realizaron análisis cualitativos acerca de la situación planteada, manifestando así la necesidad de apelar a un conocimiento conceptual y diferenciándose de esta manera de los estudiantes del grupo 2, cuyas preguntas estaban dirigidas casi en su totalidad a la estrategia de resolución y a la búsqueda de ecuaciones para resolver el problema.

- formularon hipótesis.

- intentaron enunciar estrategias de resolución. En este caso, debido, quizás, a que los estudiantes no habían estudiado/repasado, se evidenció prácticamente nula utilización del aparato matemático. Aún así, hubo quienes manifestaron conocimiento acerca de la relación entre el problema y conceptos de conservación de cantidad de movimiento.

En términos generales, los estudiantes del grupo 1 -quienes prácticamente no habían resuelto problemas similares-, fueron capaces de formular hipótesis, plantear dudas, hacer análisis cualitativo, aún cuando estas hipótesis no eran compatibles con la teoría o no eran correctas. Por el otro lado, si bien estudiantes del grupo 2 mostraron un camino hacia la solución correcta del problema, pusieron de manifiesto -a través de las respuestas que proporcionaron en el cuestionario- características propias de resolvedores novatos -al contrario de estudiantes del grupo 1 quienes manifestaron actitudes de resolvedores expertos-, siguiendo la línea de investigación de Larkin (1980).

#### A. Análisis de las preguntas

Con el fin de analizar las producciones de los estudiantes y las respuestas del cuestionario, se recopiló casi textualmente las preguntas que surgieron en la actividad que se les presentó a los estudiantes (Anexo II). En la tabla II, se detalla la cantidad de preguntas que formuló cada grupo, cuáles de estas preguntas fueron obtenidas en la tarea y cuáles en el cuestionario. Se consideran preguntas repetidas o similares, dado que en algunos casos no se estaría en condiciones de saber si en efecto, esas preguntas refieren a la misma inquietud o no.

**TABLA II.** Cantidad de preguntas formuladas por cada grupo.

	<i>Grupo 1</i>	<i>Grupo 2</i>
<i>Tarea</i>	10	3
<i>Cuestionario</i>	3	8
<i>Total</i>	13	11

Si bien sería apropiado investigar con un número mayor de sujetos acerca de si el hecho de pedirles que verbalicen la resolución de los problemas posibilita la aparición de más dudas que en un informe retrospectivo de sus tareas (como es un cuestionario), esta hipótesis tendría sustento sobre la base de que, al verbalizar, los sujetos llevan al papel aquello que tienen en la memoria de trabajo, mientras que en un informe retrospectivo algunas de esas preguntas se pierden o bien por un proceso de síntesis o bien por olvido (Ericsson, 2003). También sería posible que el grupo 2, al ser un grupo que ya había estudiado o intentado resolver el problema, tuviera menos dudas que el grupo 1.

A partir de la lectura de las producciones de cada grupo (Anexo II), se observaron algunas características generales que habilitan a agrupar las preguntas en tres categorías.

- *Conceptuales.* Aquí entran las preguntas que permitirían conceptualizar y/o modelizar la situación del ejercicio desde un punto de vista físico, es decir, las preguntas relativas a “la física del problema”. Se incluyen preguntas sobre conceptos físicos y dudas acerca de qué modelo utilizar. Por ejemplo: “¿la velocidad de B se ve afectada luego del choque con C”?

- *Relativas al enunciado.* En esta categoría entran preguntas relativas a los datos o a información proporcionada (o no) por el enunciado que pudiera ser necesaria para resolver el ejercicio. Un ejemplo de este tipo de preguntas puede ser: “¿a qué choque se refiere el enunciado en cada momento”?

- *Estratégicas.* Son preguntas relativas a la estrategia de resolución. Relacionadas con cómo resolver los ejercicios mecánicamente, haciendo uso del aparato matemático. Por ejemplo: “¿cómo hago

para saber la velocidad del cuerpo A si tengo sólo una ecuación y dos incógnitas?”.

A partir de esta clasificación, se generó la tabla III.

**TABLA III.** Preguntas realizadas por estudiantes para cada categoría.

Grupo	Conceptuales en tarea	Conceptuales en cuestionario	Enunciado en tarea	Enunciado en cuestionario	Estratégicas en tarea	Estratégicas en cuestionario
1	6	1	1	3	3	6
2	0	0	0	1	3	7

De la observación de los resultados en la tabla III se desprenden las siguientes conclusiones:

a) Los sujetos del grupo 2 expresan preguntas estratégicas casi en su totalidad.  
 b) Los estudiantes del grupo 1 y del grupo 2 tienen aproximadamente la misma cantidad de preguntas estratégicas y de hecho, se podría incluso afirmar que estas preguntas son similares entre un grupo y otro.  
 Por ejemplo:

Estudiante grupo 1:

- ¿Cómo hago para saber la posición de A después del primer impacto con B?

Estudiante grupo 2:

-No sé cómo utilizar el dato 10 m y ninguna fórmula de cantidad de movimiento y energía llevan una distancia.

Lo anterior lleva a suponer que en ambos grupos se ponen de manifiesto dificultades similares en el manejo algebraico y de utilización de fórmulas.

c) Los estudiantes del grupo 2 no manifiestan preguntas conceptuales ni en tarea ni en cuestionario. Los alumnos de este grupo evidencian la búsqueda de ecuaciones que les permitan resolver el ejercicio. Por el contrario, los estudiantes del grupo 1, aún cuando no habían estudiado el tema, el análisis cualitativo y la formulación de hipótesis se hizo más evidente. Con respecto a esto, cabría indagar sobre si:

- la forma en la que se les presenta la tarea influye en el modo en el que es abordada, esto es, como un mero ejercicio de resolución directa para el grupo 2, quienes buscarán la estrategia matemática que les permita llegar al resultado.

- el hecho de verbalizar “activa” procesos cognitivos y/o metacognitivos que conducen a la necesidad de traer a la memoria de trabajo contenido teórico y conceptual necesario para resolver la tarea.

- los estudiantes del grupo 1 -simplemente por el hecho de haber estudiado menos- se enfocaron más en el aspecto conceptual que en el uso de herramientas matemáticas. En este sentido, podría pensarse que para ellos fue más fácil o de mayor importancia quizás, pensar en la física del problema que en las herramientas matemáticas necesarias para resolverlo.

d) Cuando a través del cuestionario se pide a estudiantes del grupo 1 que expresen preguntas, sólo manifiestan las preguntas estratégicas, dejando de lado así las conceptuales que habían surgido durante la realización de la tarea. De hecho, se observa casi la misma cantidad de preguntas estratégicas para ambos grupos. Es decir, en la fase de la actividad en la que se requiere hacer una retrospcción sobre las preguntas o dudas, el grupo 1 al igual que el grupo 2 manifiesta casi únicamente preguntas estratégicas. Esta es una observación no menor a la hora de diseñar actividades en las que se requiera que los estudiantes manifiesten preguntas que hayan surgido durante la resolución de algún problema o ejercicio. Según lo observado en esta prueba, cuando se les indaga explícitamente acerca de las dudas, al parecer los estudiantes expresan preguntas más “superficiales” de poca complejidad conceptual y esto no necesariamente está indicando que esas otras preguntas conceptuales no hayan aparecido, sino que se perdieron por alguna razón en el proceso de retrospcción.

e) Las preguntas conceptuales permiten obtener información sobre ideas alternativas, interpretación y comprensión por parte de los estudiantes de los contenidos teóricos. De esta experiencia, al menos en una primera aproximación se podría proponer que evaluar a los estudiantes a través de la resolución de ejercicios o problemas es una manera bastante incompleta de hacerlo, en donde puede haber pérdida de información valiosa. De hecho, a través de esta experiencia se puede deducir que tanto los estudiantes que habían estudiado como los que no, compartían el mismo tipo de inquietudes respecto a cómo llevarlo a cabo.

## B. Análisis de las hipótesis

Se realizó un trabajo análogo al de las preguntas pero esta vez con las hipótesis formuladas por los estudiantes. Nuevamente, se recopilaron casi textualmente las hipótesis (Anexo II) que surgieron durante la actividad. A partir de lo cual, se armó una clasificación de las hipótesis halladas, en función de características relacionadas con la tarea propuesta. De esta manera, se pueden agrupar las hipótesis en alguno de los tres grupos siguientes:

- *Hipótesis específicas del problema.* En este grupo entran aquellas hipótesis que aplican enunciados teóricos para predecir o interpretar el comportamiento del sistema. Estas hipótesis no son simplemente enunciados “memorísticos” de teoremas, sino que denotan la interpretación del fenómeno físico a la luz de ese teorema. Ejemplo: “Cuando A choca a B le transmite energía para que se acelere, pero, no TODA, por lo cual A avanza un poquito más luego de que B se acelere. El punto en el cual A y B vuelven a chocar (luego de la colisión de B y C) debería estar corrido a derecha de la posición inicial de B”.

- *Hipótesis relativas al enunciado.* Estas hipótesis son las que establecen las restricciones y condiciones de contorno al problema y que podrían permitir la utilización de determinados teoremas y ecuaciones. En este grupo de hipótesis se incluyen aquellas que se derivan de la interpretación del enunciado. Ejemplo: “Las fuerzas externas como el rozamiento con el aire o la superficie se consideran despreciables” o “A golpea a B, que se pone en movimiento en el mismo sentido que A tenía. B choca a C, cambia de dirección y vuelve a chocar con A”.

- *Enunciados teóricos.* Esta clase de hipótesis son la mera reproducción de un enunciado o teorema de manera general, sin que ello implique algún tipo de predicción acerca del comportamiento del sistema. Por ejemplo: “Se conserva la energía por ser choque elástico”.

En la tabla IV se presentan las hipótesis discriminadas por categorías formuladas por cada grupo tanto en la resolución del ejercicio (o tarea) como las expresadas en el cuestionario.

**TABLA IV.** Hipótesis formuladas por estudiantes para cada categoría.

Grupo	Específicas en tarea	Específicas en cuestionario	Relativas al enunciado en tarea	Relativas al enunciado en cuestionario	Enunciados teóricos en tarea	Enunciados teóricos en cuestionario
1	8	1	5	1	2	1
2	0	2	2	5	8	2

Al igual que con lo observado en el análisis de las preguntas, en esta instancia también se observa un gran número de hipótesis específicas para el grupo 1 -relativas a la utilización de conceptos- durante la realización de la tarea. Sin embargo, cuando se les pidió explícitamente en el cuestionario que señalaran las hipótesis formuladas, los estudiantes del grupo 1 detallaron muy pocas. Por otro lado, los estudiantes del grupo 2, formularon principalmente hipótesis del tipo “relativas al enunciado” “enunciados teóricos”. En este sentido, el informe verbalizado permitió obtener información acerca del conocimiento y la comprensión de los estudiantes de mucha más riqueza que el cuestionario y que simplemente pidiendo a los estudiantes que enuncien sus hipótesis en la tarea.

#### IV. CONCLUSIONES

En este trabajo se observó que:

- Los estudiantes del grupo 1 -quienes debieron resolver el problema a través de la verbalización de los procesos- manifestaron haber realizado un análisis cualitativo de la situación y haber formulado hipótesis aún no habiendo estudiado ni habiendo intentado resolver el problema con anterioridad.

- Los estudiantes del grupo 1 manifestaron durante la resolución del problema preguntas mayoritariamente del tipo conceptual, a diferencia de los estudiantes del grupo 2, quienes no manifestaron preguntas conceptuales.

- Los estudiantes del grupo 2, aún cuando habían manifestado haber estudiado y/o haber intentado resolver el problema con anterioridad, formularon preguntas estratégicas, dirigidas a operar con fórmulas para obtener la resolución directa del problema. No evidenciaron haber realizado un análisis cualitativo previo de la situación planteada.

- Cuando a los estudiantes del grupo 1 se les pidió que manifestaran las preguntas que les hubieran surgido durante la resolución del problema en un cuestionario posterior, sólo se enfocaron en escribir preguntas estratégicas, al igual que los estudiantes del grupo 2. Es decir, que en un cuestionario acerca de la actividad previa, pareciera que pueden estar sucediendo alguna de estas cosas: a) al fin de cuentas, lo

importante parece ser resolver el ejercicio, sin importar la comprensión de aquello que se intenta resolver, o bien b) las preguntas conceptuales no son fácilmente recordables luego de terminada la actividad. En futuros trabajos de investigación se podría analizar en mayor profundidad de qué manera cambian las preguntas que se formulan durante la realización de una actividad respecto de las que se formulan luego de terminada la actividad.

- Con respecto al análisis de las hipótesis, se observó un mayor número de hipótesis específicas del problema en el grupo 1, respecto del grupo 2. Los estudiantes del grupo 1 expresan casi la totalidad de sus hipótesis durante la realización de la tarea, reduciendo el número total de hipótesis de 15 a 3 cuando deben expresar las hipótesis en el cuestionario. Por otro lado, mientras que los estudiantes del grupo 1 formulan en su mayoría hipótesis específicas del problema, las hipótesis formuladas por el grupo 2 son en su mayoría relacionadas con el enunciado del problema o la mera enunciación de un enunciado teórico.

## REFERENCIAS

Armengol Castells, L.(2007). Los protocolos de pensamiento en voz alta como instrumento para analizar el proceso de escritura. *RESLA* (20) pp. 17-35.

Barnes, D. R. (1976). *From communication to curriculum*. Nueva York: Penguin.

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

Ericson, K.A., Simon H. A. (1993). Verbal report as data. *Psychological review*, 87(5), pp. 215-251.

Ericsson, K. A. (2003). Valid and non- reactive verbalization of thoughts during performance of tasks. Towards a solution to the central problems of introspection as a source of scientific data. *Journal of consciousness studies*, 10(9-10), pp.1-18.

Gil Pérez, D., Martínez Torregrosa, J., Senent Pérez, F. (1988). El fracaso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las ciencias*, 6(2), pp. 113-146.

Gil Pérez, D., Valdés Castro, P. (1997). La resolución de problemas de física: de los ejercicios de aplicación al tratamiento de situaciones problemáticas. *Revista de Enseñanza de la Física*, 10(2), pp.5-20.

Hernández Sampieri R. (1998). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill. Interamericana Editores.

Larkin, J.H. (1980). Teaching Problem Solving In Physics: The Psychological Laboratory And The Practical Classroom; en *D.T. Tuma & F. Reif (Eds.), Problem Solving and Education: Issues in Teaching and Research*. New York: Wiley.

Leonard William, J., Gerace, W.J. & Dufresne, R.J. (2002). Resolución de problemas basada en análisis. Hacer del análisis y del razonamiento el foco de la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 20(3), pp. 387-400.

Nisbett, R.E. & Wilson, T.D. (1977). Telling more than we can know: verbal reports on mental processes. *Psychological Review*, 84, pp. 231-259.

Ritchhart, R., Church, M. & Morrison, K. (2014). *Hacer visible el pensamiento. Cómo promover el compromiso, la comprensión y la autonomía de los estudiantes*. Buenos Aires: Paidós.

Sanmartí, N. (2010). *Diez ideas clave. Evaluar para aprender*. Barcelona: Graó.

William, L., William, G., Dufresne, R. (2002). Resolución de problemas basada en el análisis. Hacer del análisis y del razonamiento el foco de la enseñanza de la Física. *Enseñanza de las ciencias*, 20(3), pp. 387-400.

Yuni, J.A. & Urbano, C.A. (2003). *Recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación, volumen II*. Editorial Brujas.

## ANEXO I – ACTIVIDADES PROPUESTAS

### Prueba grupo 1

#### Tema 1

##### Instrucciones

Resolvé el problema. La idea es que al resolver el problema, pongas por escrito, lo más rápido posible, cada pensamiento o idea que te viene a la mente, tratando de no omitir ninguno. Mientras, podés hacer dibujos, tachar (sin borrar), usar calculadora, siempre poniendo por escrito cada pensamiento de la manera en la que aparece en tu mente, aunque creas que no tiene nada que ver o que es incoherente. También anotá las dudas que vayan surgiendo. No le des importancia a la gramática ni ortografía. Una vez que termines, avisá a la profe.

A continuación, te presentamos un fragmento de un texto realizado por alguien que tuvo que resolver una actividad similar sobre un problema de hidrostática.

*(...) lectura atenta del problema. Me piden la aceleración mínima para que la pared frontal del tanque quede seca. Comprendo la situación, la relaciono con inercia y movimientos en sistemas no inerciales. Imagen mental: auto que acelera. Hallar la distribución de presiones. No me gusta cómo suena esa oración, parece algo difícil, después me doy cuenta de que no. Voy a comenzar a trabajar en papel. Voy a hacer un dibujo para esquematizarme la solución. No pienso en nada más, no pienso en ninguna estrategia, sólo voy a ver qué sale. Voy a tratar de no perderme con los datos que me dan (esto es algo que suele pasarme), voy a dejar que la necesidad de usarlos aparezca sola. Sólo voy a prestar atención a comprender y resolver el problema. En el dibujito noto que hay como una “chimenea” que está de más, no sé para qué la pusieron. Esto parece casi un problema geométrico de volúmenes. Me doy cuenta de que el área que ocupa el fluido en movimiento debe ser la misma que la que ocupa el fluido en reposo” (...)*

La persona siguió resolviendo el problema poniendo en palabras lo que le venía a la mente.

##### 1) Resolver el siguiente problema.

El carrito B ( $m_B = 2$  kg) está en reposo sobre una superficie horizontal a 10 m de la pared rígida C. El carro A ( $m_A = 10$  kg,  $v_A = 10$  m/s) choca con B y luego B choca con C. Considerar todos los choques perfectamente elásticos.

- ¿Dónde chocan A y B por segunda vez?.
- ¿Cuál es la velocidad de B después de chocar la segunda vez con A?
- ¿Se conserva el impulso lineal?
- Detallá todas las hipótesis que consideraste para resolver el problema. En la medida de lo posible, no omitas ninguna.
- Releé lo que escribiste. Hay alguna otra pregunta que se te ocurra ahora o se te haya ocurrido y que no hayas escrito en el ítem c? Marcá con una cruz las que fueron resueltas.

### Prueba grupo 2

#### Tema 2

##### Instrucciones

1) Resolver el siguiente problema. A medida que vayas resolviendo el ejercicio, anotá TODAS las dudas/preguntas e hipótesis que vayan surgiendo. Una vez que termines, avisá a la profe.

El carrito B ( $m_B = 2$  kg) está en reposo sobre una superficie horizontal a 10 m de la pared rígida C. El carro A ( $m_A = 10$  kg,  $v_A = 10$  m/s) choca con B y luego B choca con C. Considerar todos los choques perfectamente elásticos.

- ¿Dónde chocan A y B por segunda vez?.
- ¿Cuál es la velocidad de B después de chocar la segunda vez con A?.
- ¿Se conserva el impulso lineal?

##### 2) Cuestionario

- Del 1 al 5, ¿qué puntaje le asignarías a tu nivel de motivación para hacer esta actividad?
- ¿Estudiaste/repasaste en estos últimos días conservación de **P** o intentaste resolver el ejercicio que se propone?
- ¿Qué dudas/preguntas concretas te surgieron al resolver el problema? Señalá con una cruz las que lograste resolver.
- ¿De qué cosas te diste cuenta que estabas haciendo mal en el camino? ¿Lograste cambiarlas?
- ¿Verificaste de alguna manera y en algún momento si estabas haciendo bien la tarea o una parte de ella?
- Detallá todas las hipótesis que consideraste para resolver el problema. En la medida de lo posible, no omitas ninguna.
- Releé lo que escribiste. Hay alguna otra pregunta que se te ocurra ahora o se te haya ocurrido y que no hayas escrito en el ítem b? Marcá con una cruz las que fueron resueltas.

## ANEXO II – PREGUNTAS E HIPÓTESIS

	<i>Grupo 1</i>	<i>Grupo 2</i>
<i>Motivación</i>	4,4,4,5,2	5,5,5,4
<i>Preguntas expresadas en cuestionario</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cómo relacionar los datos dados a mis hipótesis.</li> <li>-Si el rozamiento se debía considerar.</li> <li>- Cómo aplicar el concepto de momento lineal.</li> <li>- ¿Aplico Newton?</li> <li>- ¿Los cuerpos son puntuales?</li> <li>-Si son puntuales, ¿no calculo el cm?</li> <li>-¿por qué en el enunciado se pide calcular un choque elástico cuando por intuición deduzco que no?</li> <li>-También la duda de la <math>a=0</math> del móvil A que haría 0 a la <math>F</math> de A.</li> <li>-¿Cómo plantear el problema?</li> <li>-¿Qué herramientas (ecuaciones) necesito para resolver el problema?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-¿Cómo encarar el 2do choque, ya que B cambia el sentido del movimiento?</li> <li>-¿Había rozamiento con el piso?</li> <li>- ¿Cómo hallar las velocidades?</li> <li>-¿Cómo sacar las velocidades de los cuerpos después del choque?</li> <li>- ¿Hay que plantear las ecuaciones de Newton?</li> <li>-Qué ecuaciones usar para averiguar la velocidad de B luego del choque.</li> <li>-Cómo explicar si se conservaba el impulso lineal.</li> <li>-qué ecuaciones o forma de iniciar el problema era la adecuada para el punto a).</li> </ul>
<i>Preguntas expresadas en la tarea</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-¿A qué choque se refiere el enunciado en cada momento?</li> <li>-¿La velocidad de B se ve afectada luego del choque con C?</li> <li>-¿Hay transmisión de energía de B hacia la pared?</li> <li>-¿La falta de rozamiento minimiza la posibilidad de transmisión de energía haciendo que la velocidad y el momento de C se conserven?</li> <li>-¿Cómo hago para saber la posición de A después del primer impacto con B?</li> <li>-¿Se trata de un choque “ideal”?</li> <li>-Al momento del impacto, ¿cuánta energía se transfiere de A a B? ¿Cuánta se “queda” A para seguir desplazándose? ¿Cuánto recorre gracias a la energía que “le queda”?</li> <li>-¿Será B capaz de frenar a A en el segundo impacto?</li> <li>- ¿Cómo quedan las variables del problema al relacionarlas mediante la segunda ley de Newton?</li> <li>-Después de plantear Newton, no sé cómo seguir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cómo hacer para sacar la velocidad de A teniendo sólo una ecuación y dos incógnitas.</li> <li>-Tengo una ecuación y dos incógnitas.</li> <li>- No sé cómo utilizar el dato 10 m y ninguna fórmula de cantidad de movimiento y energía llevan una distancia.</li> </ul>
<i>Hipótesis expresadas en cuestionario</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-A golpea a B, que se pone en movimiento en el mismo sentido que A tenía. B choca a C, cambia de dirección y vuelve a chocar con A. A transmite cierta energía a B para que éste se ponga en movimiento. Luego, también transmite energía a C. El choque era inelástico (para mí). Como se considera inelástico, <math>P</math> se conserva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-B al chocar con la pared “rebotará “ y se “moverá” en sentido contrario con la misma velocidad.</li> <li>- Cuando B choca por segunda vez con A, volverá a cambiar el sentido de su movimiento.</li> <li>-En ningún momento A cambiará el sentido de su movimiento.</li> <li>-Cuerpos de masas puntuales.</li> <li>-No existe rozamiento.</li> <li>-No hay rozamiento.</li> <li>-Cuerpos puntuales.</li> <li>-Al ser choque elástico la <math>E</math> del sistema y su <math>P</math> son constantes.</li> <li>-Consideraré utilizar la ecuación <math>E_{mi} = E_{mf}</math> ya que al ser una colisión elástica, la cantidad de movimiento se conserva y la energía también (al no actuar fuerzas externas).</li> </ul>
<i>Hipótesis expresadas en la tarea</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cuando A choca a B le transmite energía para que se acelere, pero, no TODA, por lo cual A avanza un poquito más luego de que B se acelere. El punto en el cual A y B vuelven a chocar (luego de la colisión de B y C) debería estar corrido a derecha de la posición inicial de B.</li> <li>- No existe rozamiento con el suelo (situación ideal).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se conserva la energía por ser choque elástico.</li> <li>-Se conserva la cantidad de movimiento.</li> <li>- B cambia el sentido de movimiento.</li> <li>-Sé que en ausencia de fuerzas externas se conserva la cantidad de movimiento.</li> <li>- Como el choque es elástico también se</li> </ul>

<p>-En un caso ideal, toda la energía sería transmitida de A a B al momento del impacto y A dejaría de moverse instantáneamente.</p> <p>-Al haber una transferencia de energía, se supone que hay un trabajo.</p> <p>- El cuerpo A deja de estar en movimiento luego del choque porque B presenta una fuerza opuesta a su dirección, y esto hace que se frene.</p> <p>-La distancia recorrida por A luego del impacto tiene relación con la energía cinética de A, con la pérdida de ésta luego del choque y con la energía potencial de B.</p> <p>-Si no hay rozamiento con el suelo ni el aire, A no se detendría, seguiría en v constante.</p> <p>-E cinética A – E potencial B = E restante en A “para desplazarse”.</p> <p>-Los choques son completamente elásticos por lo tanto, los cuerpos son masas puntuales que NO disipan energía deformándose en el impacto.</p> <p>-Las fuerzas externas como el rozamiento con el aire o la superficie se consideran despreciables.</p> <p>-Luego del impacto el cuerpo B obtendrá una aceleración que lo hará tomar velocidad, el cuerpo A quizás sólo se desacelere un poco y finalmente luego de que el cuerpo B impacte con la pared C y tome una aceleración en el sentido contrario volvería a encontrarse con el cuerpo A.</p> <p>-Considerando la diferencia de masa entre A y B, puedo inferir que al momento de recibir el impacto, B saldrá despedido pero no será capaz de frenar lo suficiente a A, como para evitar un segundo choque.</p> <p>-La intuición me dice que B no va a frenar a A en el segundo impacto, o si fuera el caso, es probable que no quepa la posibilidad de pensar en un desplazamiento (de A) contrario al del comienzo.</p> <p>-Pared rígida: siempre mantendrá las mismas características para todos los eventos.</p> <p>-Lo relevante de este momento es considerar que el carro A posee velocidad constante.</p> <p>-<i>Sobre el análisis del segundo choque:</i> Esto me hace pensar en una suposición de que si las masas de los carros fueran iguales, por consecuencia de la tercera ley de Newton, las velocidades se reducirían a la mitad.</p> <p>-Asumo que el carro A está más lejos de la pared que el B para que lo choque y viaje en dirección de la pared.</p>	<p>conservará la energía mecánica del sistema.</p> <p>-Por otro lado, también sé que el impulso es la variación de la cantidad de movimiento (<math>\Delta \mathbf{P}</math>), entonces en este caso también se conservará el impulso ya que se conserva la cantidad de movimiento del sistema.</p> <p>- los cuerpos son puntuales.</p> <p>- como los choques son elásticos se conserva la energía mecánica y <math>\mathbf{P}</math> del sistema.</p> <p>-Como el choque es elástico, la energía se conserva.</p> <p>- Supongo que la energía se conserva <math>\rightarrow V_f = V_i</math>.</p>
--	--