

Implementación de una propuesta sobre vectores, para articular matemática y física, con uso de TIC y actividad experimental

Implementation of a proposal on vectors, for mathematical and physical articulation, use of ICT and experimental activity

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Patricia Torroba¹, María de las Mercedes Trípoli¹, Eugenio Devece¹, y Luisina Aquilano²

¹IMApEC, Dpto. de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, 1 y 47, La Plata. Argentina.

²Dpto. de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, 1 y 47, La Plata. Argentina.

E-mail: patricia.torroba@gmail.com

Resumen

Docentes de la primera asignatura de física de una carrera de ingeniería, han observado que muchos estudiantes presentan dificultades al momento de trabajar con magnitudes vectoriales, a pesar de ser parte de los contenidos que se estudian previamente en matemática. Se implementó, en el aula de clase matemática, una propuesta interdisciplinaria, pensada para articular las magnitudes vectoriales. Se realizó una actividad experimental con uso de elementos tradicionales combinados con TIC. Se espera que el estudiante se motive en la necesidad de estudiar matemática ya que es una herramienta fundamental en su formación profesional como futuro ingeniero, mostrando su utilidad mediante la aplicación a situaciones concretas reales. Además, se trabajó con el fin de vincular las notaciones, simbología y lenguajes propios de cada disciplina. Se realizó una evaluación cualitativa de la actividad, y de la misma se puede concluir que a los estudiantes les resultó motivadora para el estudio de la matemática y que pudieron seguir la propuesta presentada siendo la parte experimental lo que los ayudó al entendimiento.

Palabras clave: Matemática y física; Ingeniería; Magnitudes vectoriales; Fuerzas; Cantidad de movimiento.

Abstract

Professors of elementary courses of Physics of engineering careers have observed that most students present difficulties when working with vector magnitudes, although previously studied contents in Mathematics. An interdisciplinary proposal, designed to articulate vector magnitudes, was implemented in Mathematics classrooms. An experimental activity was carried out with the use of traditional elements combined with ICT. It is expected that the student will be motivated in the need to study Mathematics, certainly a fundamental tool in their professional development as future Engineers, showing its usefulness through applications to real situations. In addition, the aim was to link the notations, symbology and languages of each discipline. A qualitative evaluation of the activity is carried out. It can be concluded that the students, following the presented proposal, were motivated for the study of Mathematics, where the experimental part essentially helped them in understanding.

Keywords: Mathematics and physics; Engineering; Vector magnitudes; Forces; Momentum.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enmarca en el Proyecto de Investigación y Desarrollo Acreditado, de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP): “Articulación en la enseñanza de las Ciencias Básicas en carreras de Ingeniería”, mediante el cual se reflexiona sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje que se lleva a cabo en las aulas de física, química y matemática, con alumnos de ingeniería.

En gran parte de las investigaciones relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje de la física y la matemática se han detectado dificultades de aprendizaje para desarrollar un entendimiento funcional de los conceptos básicos de la física introductoria y una falta de entendimiento funcional de los conceptos

centrales de matemática (Flores y otros, 2008). Asimismo, es una realidad que a los alumnos les resulta dificultoso relacionar los temas enseñados en una asignatura con conceptos similares vistos tanto en materias previas como simultáneas. En particular, docentes de la primera asignatura de física que se dicta en la Facultad de Ingeniería (FI) de la UNLP, han observado a través de los años que muchos estudiantes presentan dificultades al momento de trabajar con magnitudes vectoriales, a pesar de ser parte de los contenidos que se estudian previamente en Matemática A, asignatura del semestre anterior (Torroba y otros, 2017).

Uno de los problemas más notorios que se han encontrado es la dificultad que muestran los estudiantes en relación a operar con vectores (suma y resta, producto de un escalar por un vector, producto escalar y producto vectorial), como así también al hecho de escribir un vector en coordenadas polares (considerando su módulo y el ángulo que forma con la horizontal). Específicamente, los alumnos presentan dificultades al momento de tener que utilizar las propiedades y operaciones entre vectores en un problema físico concreto.

En el estudio de la física, en los cursos introductorios que se dictan en la FI, se requiere por parte del estudiante un buen manejo de las operaciones con magnitudes vectoriales. En el primer curso de física, Física I, se estudia Mecánica Clásica en el marco de las Leyes de Newton, donde la gran mayoría de las magnitudes que se definen son vectoriales. En el segundo curso de física, Física II, se estudia electromagnetismo clásico. Se inicia con la ley de Coulomb, el campo eléctrico, el campo magnético, hasta finalizar con las ecuaciones de Maxwell. Todas las leyes involucran magnitudes vectoriales. Por lo tanto, para un buen entendimiento de la física es clara la necesidad de haber adquirido desde el comienzo un muy buen manejo de la operatoria vectorial (Torroba y otros, 2017).

En este trabajo se presenta la implementación en el aula de clase, de una estrategia didáctica pensada para articular física y matemática. La propuesta consiste en que docentes de física concurren a la clase de matemática con el fin de trabajar con los estudiantes en dos situaciones físicas, mediante una actividad experimental y uso de TIC: una de ellas relacionada con las fuerzas involucradas en un sistema en equilibrio, y la otra con la conservación de la cantidad de movimiento. Además de motivar a los alumnos mostrando el uso de la matemática en una situación concreta en la cual pueden ver cómo se utilizan los vectores o magnitudes vectoriales para explicar el fenómeno físico, se trabajó en la vinculación entre los distintos usos de terminología, nomenclatura, simbología y definiciones involucradas en las situaciones planteadas.

II. LA PROBLEMÁTICA DE LOS VECTORES

Los problemas observados en las clases de física de la FI con respecto al uso de vectores no son propias de dicha Facultad, son varios los investigadores que han manifestado que una de las dificultades más notorias es la poca capacidad que muestran los estudiantes en relación a trabajar con las magnitudes vectoriales cuando comienzan los cursos introductorios de física, lo cual provoca que la mayoría de los estudiantes no comiencen dichos cursos con el conocimiento suficiente.

Aguirre y Rankin (1989) estudiaron concepciones que tenían los alumnos de primer año que ya habían recibido un curso de mecánica, sobre el carácter vectorial de las variables cinemáticas. Sus resultados mostraron que el 50% de ellos no habían entendido el tratamiento formal de las componentes de las velocidades.

Shaffer y McDermott (2005) realizaron una investigación sobre la habilidad de los estudiantes universitarios para tratar la velocidad y aceleración como vectores en una y dos dimensiones. Identificaron serias dificultades de razonamiento en alumnos de cursos introductorios. A partir de la investigación desarrollaron material de instrucción con el fin de mejorar el aprendizaje a nivel introductorio. Asimismo, observaron que el desempeño de los estudiantes de física introductoria fue mejor cuando la tarea vectorial la realizaron en un contexto matemático que en uno físico.

Flores y otros (2007) realizaron una investigación sobre el entendimiento de los estudiantes sobre las operaciones de suma y resta entre vectores, mediante entrevistas personales a alumnos y además, preguntas escritas. Las preguntas escritas se aplicaron en tareas de clases y laboratorio, siendo más de carácter cualitativo que cuantitativo, debido al interés en el entendimiento conceptual de la física. En el formato de las preguntas se tuvo en cuenta el hecho que diversos investigadores en el campo de la física educativa habían encontrado que ciertos formatos de preguntas escritas son útiles para detectar errores sobre las ideas y el razonamiento de los estudiantes. Las entrevistas fueron voluntarias y los estudiantes fueron estimulados a explicar, en todo momento, la base de su razonamiento. Flores y otros (2008) volvieron a realizar el mismo tipo de preguntas luego de realizar modificaciones a la instrucción, intentando enfatizar los procedimientos gráficos con vectores. Concluyeron que el porcentaje de respuestas correctas mejoró sustancialmente, sin embargo los alumnos siguieron presentando ciertas dificultades con la suma.

Barniol y Zabala (2014) realizaron un test para analizar el entendimiento de los estudiantes sobre la dirección, la magnitud y las componentes de un vector, el vector unitario, la suma y resta de vectores, la multiplicación de un vector por un escalar negativo, y los productos escalar y vectorial entre vectores. El test lo realizaron alumnos de un último curso de física introductoria en una universidad. Los resultados mostraron la necesidad de modificar la manera en que dan los conceptos vectoriales en los cursos de física para intentar incrementar el entendimiento conceptual de los estudiantes en este tema. Los mismos autores, en otro trabajo posterior (Barniol y Zabala, 2017) presentaron una descripción detallada del proceso de diseño de un examen con preguntas de opciones múltiples sobre los conceptos vectoriales de manera que sirva para investigadores que deseen diseñar exámenes con estas características.

Gutiérrez y Martín (2015) consideraron que el hecho que en la actualidad se privilegien los métodos analíticos basados en ecuaciones o sistemas de ecuaciones algebraicas dejando de lado los métodos gráficos, donde se debe reconstruir el problema físico, alejando de esta manera los puntos de contacto que existen entre la física y la geometría, puede ser un factor que influya en las dificultades al trabajar con vectores. La falta de contextualización de las cantidades vectoriales también podría ser una posible causa (Flores y otros, 2017).

Serrano y otros (2018) realizaron una investigación con el objetivo de identificar y comprender los factores que obstaculizan los procesos de apropiación de saberes de los estudiantes de Física II. Realizaron pruebas diagnósticas y, mediante el análisis de los resultados de las mismas, encontraron que uno de los principales factores de obstaculización en el aprendizaje era el tema “vectores”. Diseñaron una propuesta que consistió en un taller de vectores, con diferentes instancias que incluían un enfoque motivacional, trabajo individual, trabajo grupal y puesta en común. El objetivo principal fue promover en los estudiantes la atribución de sentido al aprendizaje, aprendizaje autónomo y aprendizaje colaborativo.

III. DESACUERDOS O ACUERDOS ENTRE MATEMÁTICA Y FÍSICA

En la FI, los alumnos que toman el primer curso de física, deben aprobar previamente Matemática A, asignatura en la cual una de las unidades del programa analítico está dedicada al estudio de las funciones vectoriales, con los contenidos que se muestran en la tabla I.

TABLA I. Distribución de contenidos, de la unidad referida a funciones vectoriales, en Matemática A

Unidad 6	
Vectores en el plano y en el espacio Vectores y desplazamientos Operaciones entre vectores Vectores en coordenadas polares Vectores en el espacio. Coordenadas en \mathbb{R}^3	Ecuaciones de las rectas y los planos Ecuación vectorial de una recta Ecuación implícita de un plano en el espacio
El producto punto El ángulo entre dos vectores El producto punto	Funciones a valores vectoriales Curvas parametrizadas Movimiento en el espacio. Funciones a valores vectoriales La derivada de una función vectorial

El hecho que los alumnos hayan trabajado con los vectores previamente a cursar física, hizo que algunos docentes se cuestionaran: ¿por qué los estudiantes presentan tantas dificultades al momento de tener que manipular con las magnitudes vectoriales en otras asignaturas como lo es Física I, considerando que estudiaron los conceptos previamente?

Las reuniones entre los docentes de física y matemática, cuyas formaciones de base son en matemática, en física y en ingeniería, resultaron muy enriquecedoras ya que de ellas surgieron las diferencias referidas a la forma de trabajar con las magnitudes vectoriales.

Como ya se ha relatado en un trabajo anterior (Torroba y otros, 2017), en Matemática A, en el material de estudio de la cátedra, para nombrar un vector se utilizan letras en minúscula y en negrita (generalmente \mathbf{u} , \mathbf{v} y \mathbf{w}). En libros que figuran dentro de la bibliografía recomendada por la cátedra, como el de los autores Smith y Minton (2001), y Stewart (2002), también se utilizan letras en minúscula y en negrita pero las primeras letras del alfabeto. Aparece el vector \mathbf{u} cuando se quiere señalar un vector que es unitario. Tanto en el material de la cátedra como en los libros propuestos mencionados, cuando se quiere explicitar las componentes del mismo, se utilizan los signos $\langle \rangle$, es decir, el vector $\mathbf{u} = \langle u_1, u_2 \rangle$ donde u_1 es la primera componente y u_2 la segunda. También se presenta la notación $\mathbf{u} = u_1 \mathbf{i} + u_2 \mathbf{j}$, es decir un vector escrito como combinación lineal de los versores \mathbf{i} , \mathbf{j} ; sin embargo, esta última notación no es la que

más se utiliza. En cambio, en Física I, dentro de la bibliografía recomendada por la cátedra, como el libro de Tipler (2001), los vectores, en general, se representan de acuerdo a la magnitud que representan. El vector fuerza se escribe \mathbf{F} , velocidad con \mathbf{v} , torque la letra griega tau mayúscula y negrita, entre otras. Lo general es en negrita y en componentes rectangulares si la geometría del movimiento lo amerita. En el movimiento circular, también en componentes radial y tangencial. La notación de los vectores en las clases es con una flecha en la parte superior de la letra, por ejemplo \vec{F} .

En referencia al lenguaje, por ejemplo, el vector que resulta de la suma entre dos o más vectores, en Matemática A se lo llama “vector suma”, tanto en el material de la cátedra como en los textos recomendados más utilizados por los alumnos, mientras en Física I se habla de “resultante”.

En cuanto a las aplicaciones, en Matemática A aparece como tema de aplicación solamente el movimiento rectilíneo uniforme, pero desde una manera más teórica sin presentar ejercicios de aplicación.

Otras cuestiones que han surgido es que en general, en Física I se trabaja con las componentes del vector en forma separada escribiendo el vector de acuerdo a su módulo y al ángulo que forma con la horizontal mientras que en Matemática A generalmente el vector aparece escrito con las componentes a la vez, ya sea con la notación de los signos $\langle \rangle$ o como combinación de los versores \mathbf{i}, \mathbf{j} . Al escribir el módulo del vector, por ejemplo del vector \mathbf{v} , la notación utilizada en matemática es $|\mathbf{v}|$, mientras que en física es la misma letra v pero sin negrita (en los libros) o sin la flecha correspondiente (en las clases).

¿Podría influir lo mencionado en los párrafos previos en las dificultades que presentan los estudiantes en física al momento de utilizar los vectores como una herramienta para resolver las situaciones físicas que se le presentan?

En los trabajos de investigación que se analizaron, las propuestas para abordar las dificultades que presentan los estudiantes con respecto a las magnitudes vectoriales, se realizan en los mismos cursos de física. Sin embargo, luego de diversos intercambios, charlas y discusiones realizadas entre docentes de matemática y física, se decidió diseñar una situación de aprendizaje para ser implementada en el aula de clase de matemática. La propuesta educativa pretende que los estudiantes, en la clase de matemática, una vez que hayan estudiado los conceptos relacionados a vectores, trabajen sobre alguna aplicación física en donde se utilicen dichas magnitudes. La estrategia contempla que se recuperen contenidos vistos por los estudiantes en la escuela media o, en el caso que no lo hayan visto, se mencionen conceptos físicos que se pueden entender de manera intuitiva, los cuales serán estudiados posteriormente en profundidad en la clase de física. Se considera que el entendimiento del objeto matemático, en este caso los vectores, podría entenderse de manera más significativa al momento de ver una aplicación concreta de dicho objeto (Flores y otros, 2008), que el aprendizaje puede enriquecerse si el objeto matemático está en un contexto real aplicable para el alumno. De esta manera, los estudiantes de ingeniería pueden reconocer la utilidad de la matemática ya que la trabajan en un contexto real, y así motivarse en el estudio de la misma.

Es sustancial resaltar que se analizó la importancia de conservar el lenguaje y notaciones propias de cada disciplina, manteniendo la identidad de las mismas. Lo que se propone, es trabajar en conjunto entre los docentes de ambas áreas, con el fin de colaborar con los estudiantes de primer año para vincular no sólo los conceptos involucrados sino los distintos usos de terminología, nomenclatura, simbología y definiciones, haciendo una comparación entre los mismos para tratar de evitar las confusiones a las que dan lugar. Esta idea es parte de distintas actividades que están llevando a cabo un grupo de docentes, que consideran que el alumno de primer año no posee aún la competencia necesaria para articular por sí solo los conocimientos previos y los nuevos que va incorporando, siendo indispensable la colaboración del docente para que pueda llevar a cabo dicho proceso, basando las investigaciones que vienen realizando en la teoría cognitiva del aprendizaje significativo (Torroba y otros, 2016). Las teorías cognitivas del aprendizaje sostienen la idea de combinar la información previa, es decir el conjunto de conceptos, ideas que un individuo posee en un determinado campo del conocimiento así como su organización, con la nueva para arribar a una comprensión más profunda. En el proceso educativo es importante considerar lo que el individuo ya sabe de tal manera que establezca una relación con aquello que debe aprender. Además, para que se produzca aprendizaje significativo, el aprendiz debe querer aprender (Ausubel y otros, 1976). Una forma de propiciar el aprendizaje y en forma significativa, es considerar lo expresado por Moreira (1997) que sugiere crear situaciones de enseñanza en el aula que motiven el aprendizaje.

Se pretende, con la propuesta, familiarizar a los estudiantes con el tratamiento de la suma y resta de vectores en una situación concreta en la cual se pone en evidencia la necesidad de utilizar la matemática, y además, brindarles una ayuda con el objetivo que adquieran habilidades que les permita, a lo largo de su formación, realizar por sí sólo las vinculaciones necesarias.

IV. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

La propuesta se desarrolló en el ámbito de la FI de la UNLP, en una clase de Matemática A con docentes de física y matemática, días después de terminada la unidad correspondiente a vectores. Dicha asignatura la deben cursar todos los alumnos que ingresan a la facultad y deben aprobarla para poder cursar Física I. En esta oportunidad, se realizó la propuesta en una de las comisiones que tiene la materia, con alumnos de las especialidades de Telecomunicaciones, Electricista, Hidráulica y un grupo reducido de Civil.

La carga horaria de Matemática A es de 12 horas semanales y se trabaja con una metodología teórico-práctica en la cual el estudiante es el centro y se utiliza un material impreso, confeccionado como guía de las clases tanto para los estudiantes como para los docentes. En el contexto de estas clases, en las que en general, las acciones didácticas que se llevan a cabo son más bien de índole matemáticas sin un contexto físico, es que se realizó la propuesta.

Se considera importante mencionar que, durante las clases de matemática previas a la implementación de la propuesta, se trabajó mostrando las distintas notaciones con las que se van a encontrar los estudiantes tanto en matemática como en física, se propusieron ejercicios con consignas escritas de manera diferente a la que están acostumbrados en matemática, como así también se propusieron ejercicios no habituales en dichas clases (algunos ejercicios se plantearon de manera opcional y no todos los estudiantes del curso los hicieron). Es decir, que se trabajó con los estudiantes realizando consideraciones no tradicionales en las clases de matemática que dicta la docente de matemática involucrada, de manera que la propuesta sea el “cierre” de la unidad correspondiente a las magnitudes vectoriales.

A. Primera propuesta

Se realizó una primera actividad, cuya idea fue extraída de un libro de la escuela media (Muszcats y Ojeda, 2001). La experiencia consistió en presentar los elementos como se muestran en la figura 1 y preguntar a los estudiantes si la soga que sostiene el cuerpo puede quedar completamente en posición horizontal.

Luego de que pasaran algunos estudiantes a colocar pesas en los extremos de las sogas observando que no podían dejar la soga en forma horizontal, se realizó una pequeña introducción sobre un sistema en equilibrio y cuáles son las fuerzas involucradas en dicho sistema, retomando los conocimientos que los alumnos vieron en la escuela media. El arreglo experimental se diseñó, por simplicidad, de modo que exista una total simetría en relación al eje y , lo que permite afirmar que ambos ángulos y tensiones (en módulo) son iguales. Se trabajó con la suma de las fuerzas involucradas (que deben dar cero) y para ello se realizó un esquema de la situación (figura 1) con el fin de colaborar con los alumnos en la comprensión de las operaciones que deben utilizarse.

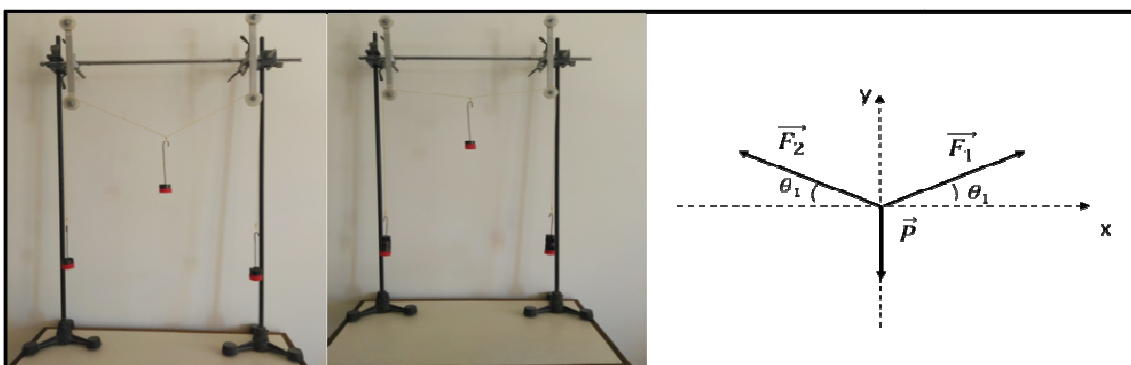


FIGURA 1. Sistema físico propuesto y esquema de la situación.

De acuerdo a lo que se había planificado, una de las docentes de física realizó las operaciones necesarias entre vectores para mostrar la imposibilidad de dejar la soga en forma horizontal.

Los docentes de ambas áreas intercambiaron los distintos lenguajes y notaciones tanto al momento de explicar los conceptos teóricos que fundamentan el problema como al realizar las operaciones correspondientes, tratando que los estudiantes hagan, en el momento, la vinculación y observen que los conceptos involucrados (matemáticamente) ya habían sido trabajados por ellos.

B. Segunda propuesta

Consistió, en primer lugar, en liberar dos carritos de igual masa, que están pegados (figura 2) utilizando una pista de bajo roce con dos carritos. Mediante la observación se concluyó que la rapidez con la que

llegan los carritos al borde de la pista es la misma. Luego se corroboraron los resultados en forma teórica. Para ello, se introdujo el concepto de cantidad de movimiento, pero se les dijo a los estudiantes que lo estudiarían formalmente en física, al semestre siguiente. Algunos alumnos dijeron haberlo visto en la escuela media. Además, se mencionó que la cantidad de movimiento total de los dos cuerpos antes y después de la liberación es la misma, propiedad necesaria para poder obtener el resultado del problema, y que la cantidad de movimiento total es la suma de la cantidad de movimiento de cada móvil.

Entonces, ¿cuál es la cantidad de movimiento de cada móvil antes de la liberación?, ¿cuál es la cantidad de movimiento después de la liberación? Se trabajó con el esquema que se muestra en la figura 2.

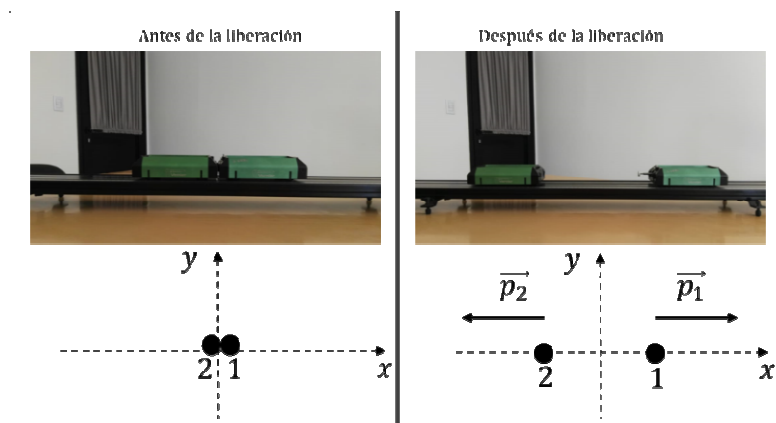


FIGURA2. Pista con los dos carritos antes y después de la liberación y los esquemas correspondientes.

En segundo lugar, se analizó el choque entre dos carritos de igual y distinta masa, que luego de chocar continúan pegados (figura 3). Mediante la observación se concluyó que la rapidez de los dos carritos juntos después del choque era menor que la del carrito que chocaba contra el que estaba en reposo. En esta parte de la actividad experimental se emplearon TIC, las cuales consistieron en un sensor de posición (se lo puede observar en el extremo izquierdo de la pista en la figura 3), el carro de roce despreciable y la pista de aluminio mencionados antes, y además una interface y un software que permite la toma de datos en tiempo real y su respectiva representación. Dichos elementos permitieron medir la rapidez de los carritos antes y después del choque. Los resultados encontrados se contrastaron con los que surgieron a partir del desarrollo teórico.

Entonces, ¿la cantidad de movimiento de los dos carritos luego del choque es la misma que la cantidad de movimiento del carrito que realiza el choque, si la masa de ambos móviles es la misma?, ¿qué pasa si se modifican las masas? Se trabajó con el esquema que se muestra en la figura 3.

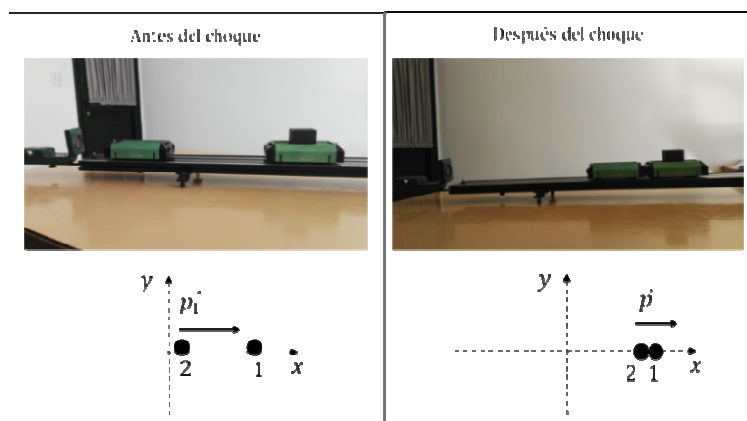


FIGURA 3. Pista con los dos carritos antes y después del choque y los esquemas correspondientes.

En esta segunda propuesta se trabajó de igual forma que la primera, donde los docentes participaron en conjunto vinculando los conceptos, notaciones y simbología involucrada.

La actividad concluyó con un docente ingeniero contando que el concepto de cantidad de movimiento, que es una magnitud vectorial, es uno de los aspectos que se analizan cuando se realiza un peritaje de un choque entre dos vehículos. El comentario se realizó para relacionar la experiencia de los carritos con una situación real.

V. ALGUNAS OBSERVACIONES

Durante el desarrollo de ambas propuestas, hemos observado una buena predisposición de los estudiantes. Mostraron interés y participaron activamente cuando se les hacía preguntas (figura 4).



FIGURA 4. Distintos momentos del desarrollo de la propuesta.

Consideramos que la intervención de los docentes de ambas áreas fue necesaria para que los estudiantes pudieran vincular los aspectos matemáticos con los físicos. A pesar que la operatoria entre vectores se realizó por componentes, pareciera que esto no fue una gran dificultad para seguir la clase.

Se realizó, a la siguiente clase, una encuesta a los estudiantes, como una manera de evaluar en forma cualitativa la actividad.

El total de los alumnos manifestaron que pudieron seguir, en términos generales, el desarrollo de las actividades propuestas. Ante la pregunta de cómo les pareció la notación utilizada por la docente de física optando entre práctica, difícil o confusa, un 74% la consideró práctica, un 21% confusa y al 2% restante le pareció difícil. El 91% de los estudiantes encuestados consideró que las actividades propuestas sobre las distintas situaciones físicas trabajadas fueron útiles para reconocer la importancia de las magnitudes vectoriales y un 98%, es decir casi la totalidad de los alumnos, creen que es importante que se brinden actividades en las que puedan vincular la matemática con situaciones concretas de otras áreas.

Al momento de dar comentarios sobre su respuesta, muchos fueron los alumnos que consideraron que el uso de material experimental ayudó al entendimiento de los contenidos, algunos manifestaron que pudieron seguir el desarrollo de la clase porque los vectores ya los habían estudiado en Matemática A mientras que otros por haber visto los temas en la escuela media. Finalmente, les pareció útil por ser ejemplos que muestran la aplicabilidad de los vectores.

VI. CONCLUSIÓN

En esta primera implementación de la propuesta se obtuvieron resultados, mediante encuestas y conversaciones con los estudiantes, que afirman que la actividad les resultó motivadora desde dos puntos de vista. Por un lado, porque pudieron ver una aplicación de la matemática donde se utilizan conceptos recientemente estudiados por ellos y por otro, porque realizar la experiencia les permitió ver el manejo de operaciones básicas entre vectores, en una situación real concreta. Además, la inclusión de una actividad experimental les brindó la posibilidad de contrastar los resultados que se obtienen empleando la teoría con los que se obtienen mediante la experiencia dando validez a los modelos físicos empleados. Asimismo, la inclusión de TIC con toma de datos a tiempo real les permitió contrastar de manera inmediata una predicción cualitativa del modelo físico con el resultado experimental. Esto es importante ya que este aspecto ayuda a afianzar que las expresiones usadas en el pizarrón son válidas en la vida real bajo las condiciones que cumple el modelo físico.

Dado que, en la FI, las magnitudes vectoriales forman parte de los contenidos analíticos de la asignatura de matemática que se cursa previamente a Física I, se considera que lo novedoso de esta propuesta es haber diseñado una estrategia para ser realizada en el aula de matemática, a diferencia de lo manifestado en las investigaciones analizadas, que abordan el problema en los cursos introductorios de física. Además, que la propuesta se haya realizado con la participación de docentes que dictan Matemática A y Física I, y que tienen distinta formación académica.

El hecho de incorporar actividades en las clases de matemática, que involucren aplicaciones físicas concretas (en general, vinculando la matemática con otras áreas), y que luego el estudiante empleará en materias más avanzadas, es una motivación para su aprendizaje. Además, permite trabajar con antelación aspectos tales como las vinculaciones entre las distintas notaciones, lenguajes y definiciones propias de cada disciplina, adelantándose en el tratamiento de las dificultades que tienen los alumnos, las que ya han sido identificadas.

Se eligió para esta primera experiencia, en el caso de los carritos (conservación de la cantidad de movimiento), analizar sólo una situación unidimensional dado que se cuenta con los elementos necesarios para realizar la misma en forma experimental. Sin embargo, se proyecta incluir un problema de dos dimensiones para que los estudiantes trabajen en grupo en lápiz y papel. En este caso se piensa incluir una simulación utilizando el *software GeoGebra*, que lo usan en matemática. Esta última propuesta permitirá que los alumnos tengan una participación más activa. También se proyecta extender la propuesta a otros cursos.

Asimismo, se considera que se debe trabajar en forma interdisciplinaria para diseñar ejercicios y/o actividades de aplicación de los vectores, para ser desarrollados a lo largo de la unidad correspondiente en matemática.

REFERENCIAS

Aguirre, J. y Rankin, G. (1989). College students' conceptions about vector kinematics. *Physics Education*, 24(5), 290-294.

Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1976). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*, vol. 3. México: Trillas.

Barniol, P. y Zavala, G. (2014). Evaluación del entendimiento de los estudiantes en la representación vectorial utilizando un test con opciones múltiples en español. *Revista Mexicana de Física*, 60,86-102.

Barniol, P. y Zavala, G. (2017). El proceso de diseñar un test con opciones múltiples en el área de educación de las ciencias naturales: el caso de vectores. *XIV Congreso Nacional de Investigación Educativa. Revista Mexicana de Física*. San Luis, Potosí.

Flores García, S., González Quezada, M., Herrera Chew (2007). Dificultades de entendimiento en el uso de vectores en cursos introductorios de mecánica. *Revista Mexicana de Física*, 53(2), 178-185.

Flores García, S., Chávez Pierce, J., Luna González, J., González Quezada, M., González Demoss M. y Hernández Palacios A. (2008). El aprendizaje de la física y las matemáticas en contexto. *Revista Cultura Científica y Tecnológica*, 5(24),19-24.

Flores García, S., González Quezada, M., Alfaro Avena, A., Hernández Palacios, A., Barrón López, J. y Chávez Pierce, J. (2008). Uso de vectores en su propio contexto. Parte I. *Revista Cultura Científica y Tecnológica*, 5(26),17-25.

Flores García, S., Cuellar, C., González Quezada, M., Ramírez Sandoval, O., Cruz Quiñones, M. y Aguirre, V. (2017). Problemas de entendimiento conceptual con las operaciones entre vectores. *Latin-American Journal of Physics Education*. 11(4), 7.

Gutiérrez, E. y Martín, J. (2015). Dificultades en el aprendizaje de vectores, en los estudiantes que cursan materias del ciclo introductorio de la FCEFYN de la UNC. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27(Extra), 89-96.

Moreira, M. (1997). Aprendizaje significativo. Un concepto subyacente. *Actas del II Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo*, Burgos, España.

Muszcats, J. y Ojeda, D. (2001). Matemática Instrumental. En *Matemática I (Polimodal)*. Buenos Aires: Puerto de Palos.

Serrano, M., Herrero, M., Anise Chirino, S. y Palma, N. (2018). Implementación de estrategias didácticas para favorecer el aprendizaje significativo de física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 30(Extra), 171-179.

Shaffer, P. y McDermott, L. (2005). A research-based approach to improving student understanding of kinematical concepts. *American Journal of Physics*, 73,921-931

Smith, R. T. y Minton, R. B. (2001). *Cálculo. Tomo II*. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana.

Stewart, J. (2002). *Cálculo. Trascendentes Tempranas. Cuarta Edición*. México: Thomson Learning.

Tipler, P.A. (2001). *Física para la ciencia y la tecnología, cuarta edición, vol.1*. Barcelona: Reverté.

Torroba P., Trípoli, M., Devece, E. y Aquilano, L. (2017). Cinemática y el análisis de una función: una propuesta didáctica para su articulación en el contexto de una facultad de ingeniería. *Revista de la enseñanza de la Física*, 28(Extra), 91-99.

Torroba P., Trípoli, M., Devece, E. y Aquilano, L. (2017). Magnitudes vectoriales: una propuesta didáctica para articular matemática y física. *Revista de la enseñanza de la Física*, 29 (Extra),305-313.