

## A CLASSROOM EXPERIENCE: VECTOR CONCEPT

Viana García-Salmerón  
Universidad Autónoma de Guerrero  
viana\_nallely@hotmail.com

Flor Rodríguez-Vásquez  
Universidad Autónoma de Guerrero  
flor.rodriguez@uagro.mx

*According to several studies, working with vectors is a problem for students from different educational levels. In this document we propose a Planeación Didáctica Argumentada (PDA) to address the vector concept at lower secondary school level, emphasizing its features (magnitude, direction and sense) such that, it facilitates the formalization of the mentioned concept in a mathematical context. After implementing the PDA, we evidence that with the right instruction, students can develop skills to work with vectors. After analyzing the results, is possible to establish some aspects that must be considered while teaching vectors, for example: the aspects of the teacher, students, curriculums and the previous physics and math necessary contents.*

Keywords: Teaching Activities and Practices, Interdisciplinary Studies.

### Introduction

Vector is a mathematical object whose operation goes further than conventional numerical treatment (Zea, 2013); in Physics it can be characterized by displacement, speed, acceleration and force. Working with vectors in Physics at an early stage will allow students to develop skills and have a better understanding of the topic when they are working with a mathematical context later on. (Poynter & Tall, 2005). There are investigations that have focused on identifying difficulties when working with vectors (Knight, 1995; Nguyen & Meltzer, 2003; Flores et al., 2007; Flores et al., 2008; Mora, 2011; Barniol & Zavala, 2014 and Barrera et al., 2016); the common denominator of these investigations is that students have difficulties mainly with the concepts of scalar quantity and vector quantity, magnitude and direction of a vector, etc. Knight (1995) and Nguyen & Meltzer (2003) agree that students' misconceptions about vectors is the absence of a clear idea about vector. However, despite the fact that the most recurring difficulties of students are known and have been reported to occur at the basic level (Knight, 1995), didactic proposals do not specify how to work with the vector concept at the basic level and it is not known what could enable the formalization of this concept as a mathematical object.

Consequently, the objective of this document was to design and implement a didactic proposal to address the notion of vector at lower secondary school level, emphasizing its characteristics: magnitude, direction and sense. And due to the educational context, the Planeación Didáctica Argumentada (PDA) model was used as a methodology to achieve the objective.

### Method

The actions that were carried out to during the research are described below.

#### **The curriculum**

The Natural Sciences curriculum of basic education in Mexico was consulted to know the lower secondary school topics related to vectors, as well as to find out if the curriculum suggests any specific treatment for this concept and with this, compile elements to include in the didactic proposal, such as: the curricular standards, the didactic approach, the competitions, etc.

The results of the review indicated that the curriculum does not consider a specific topic on the vector concept, therefore no expected learning was found for this concept; however, it is stated that: "the student must be able to represent forces with vectors and add them by the parallelogram and polygon methods."

## The textbooks

The textbooks of the following authors were reviewed: Barragán (2013); Chamizo (2014); González, Lluís and Pita (2014) and Cuervo (2015), to see the characteristics of activities involving vectors. This information was taken as a starting point for the design of activities in the didactic proposal and, to take the aspects that the textbooks do not deepen and that are necessary to address vectors.

We note that the vector concept is implicit in the topic of "motion" to represent displacements. In addition, in the topic of force, it is necessary to use vectors for the graphical representation and the graphical addition of forces. The revised textbooks lack of graphic examples and activities that promote vector learning, which is natural since the curriculum does not mention a particular type of work with the vector concept. We also note that different definitions of vector and the concept of direction are provided (based on the straight line that the vector contains, relative to a positive angle, and based on a reference angle).

## Conceptual aspects for research

Through the reviewed literature, the fundamental concepts for studying vectors were identified, such as: magnitude, scalar magnitude, vector magnitude, vector, features of a vector (magnitude, direction and sense). These concepts were addressed in the activities of the didactic proposal.

The definition of vector depends on the context in which is being worked, in this case it was used in the context of mechanics, since it is the one that fits the contents of the basic level textbooks reviewed. So: Vector is a quantity that has magnitude, direction and sense, according to Dávila and Pajón (2015). In addition, the arrow was used as a vector representation (Hibbeler, 2004).

## Planeación Didáctica Argumentada (PDA)

In this research, the Planeación Didáctica Argumentada (PDA) was used as a methodology to design and implement the activities on the vector concept. The PDA enables students to learn content of their interest, and teachers allow them to review what has been done and what is achieved (Sánchez, 2016).

To design the PDA, the following elements were considered (Sánchez, 2016): internal and external context of the class, diagnosis of the class, preparation of the class plan (in three moments: beginning, development and closure), material resources, organization of the group, space, time, assessment and the argumentation of the planning (justification of the chosen teaching strategies).

The elements mentioned above were organized in a planning format, which can be designed at the teacher's discretion, provided that the essential characteristics of the PDA are considered. The following describes how the PDA was implemented.

**Description of the internal and external context.** The PDA was implemented in a secondary school with an eighth grade group of 16 students (9 girls and 7 boys) between the ages of 13 and 14, during the 2016-2017 school period. The institution is located in Zumpango del Río, Guerrero, Mexico.

**Group diagnosis.** At the time of the implementation of the PDA, the group examined was in the fourth school term and had no Physics teacher. Through an interview, a substitute teacher stated the existence of difficulties in mathematics, a lack of participation in class by students, and the fact of there had not been any work with vectors.

**Students' previous knowledge.** Evidence was found in class notes that students had worked with displacement, velocity, and acceleration, but there was no mention of the vector characteristics of these concepts.

**Class plan.** Six activities were designed to be carried out in three phases: initiation, development and closure. In activities 3, 4 and 5, we worked with the graphic representation of vector, and in

activities 1, 2, 3 and 6 with the definition of vector. Prior to the implementation of the activities, we worked with angle measurement and the use of the protractor. The material resources, organization, space and time were proposed accordingly to the characteristics of each activity.

To assess learning, a checklist with insufficient, sufficient and outstanding scales was used to determine the performance of the students based on the objectives of each activity. As an example, Activity 3 (“Jimena goes home and to school”) is presented below. A time of 90 minutes was proposed to solve this activity following 4 objectives:

1. Establishing the graphical representation of vector quantities using arrows. Use the vector notation  $\vec{X}$ .
2. Applying the characteristics of a vector: magnitude (the distances that Jimena walks), direction (horizontal, vertical, inclined) and sense (up-down, left-right), based on the type of route Jimena takes.
3. Defining the vector as a quantity that has magnitude, direction, and sense.
4. Recognizing and express events around us that can be represented with vectors.

**Planning Argument.** The activities involved contexts known by the students and in accordance with the curriculum guidelines; for their resolution, inexpensive and easily available materials were required. The scenarios were chosen according to the needs of each activity and in the spaces of the educational institution. Individual, team and group participation was encouraged in order to contribute ideas to formalize concepts. The checklist for the evaluation record allowed continuous observation of the progress of students in the development of tasks, actions, procedures, skills and attitudes.

## Results

The analysis of results was carried out based on the suggested objectives for each activity and taking into account a scale to assess performance (insufficient, sufficient and outstanding). Below are some results of Activity 3.

VECTOR	REPRESENTACIÓN
D	
Z	
C	
E	
T	
N	
O	
C	
V	

**Figure 1: Student result who drew curves instead vectors.**

The students managed to describe Jimena's route in words, considering the distance (magnitude), direction and sense; however, they did not discern that Jimena walked twice in the same direction but in a different route. Five students correctly used an arrow (vector) to represent the route, while two others drew "curves" instead of vectors (Figure 1).

To express the features of the distance traveled by Jimena, two students mistakenly determined the direction as “inclined” of some vectors and the sense as “lying down” instead of referring to “left or right”. Three students correctly determined the magnitude, direction and sense of the vectors (see Figure 2).

VECTOR	REPRESENTACIÓN	MAGNITUD	DIRECCIÓN	SENTIDO
		50 m	horizontal	Izquierda
		50 m	horizontal	derecha
		2 m	horizontal	derecha
		2 m	horizontal	Izquierda
		4 m	Vertical	arriba
		4 m	Vertical	abajo
		2 m	Vertical	arriba
		2 m	Vertical	abajo

**Figure 2: Student who obtained outstanding performance in determining the characteristics of a vector.**

To achieve the formalization of the definition of vector, first, we mention that examples of everyday situations can be represented with vectors. Later, with the teacher's guidance, the vector concept was defined, and its features were also defined (Figure 3).

vector: es una cantidad que tiene magnitud, dirección y sentido  
 se representa con una flecha

su notación es  $\vec{x}$  (cualquier letra mayúscula con una flecha arriba)

magnitud: se determina por el tamaño de la flecha  
 ejemplo (se mide de inicio a fin punto)

dirección: cuando están fuera del plano  $\vec{x}$ ,  $\vec{y}$ ,  $\vec{z}$ ,  $\vec{N}$ ,  $\vec{S}$ ,  $\vec{E}$ ,  $\vec{O}$   
 se determina (horizontal, vertical, inclinada)

sentido: lo determina la punta de la flecha  
 (Izquierda, derecha, arriba, abajo, ...)

**Figure 3: Student evidence in relation to the definition of vector and description of its features.**

### Conclusions

The reviewed literature made it possible to know aspects that students require to be able to work with vectors, know strategies that have been implemented and the possible difficulties that they may face.

The implementation of the PDA allowed us to reflect on the role of the teacher, since the fact of designing a class plan requires constant precision and adjustments in their practice, as well as identifying opportunities for improvement. In particular, this work made possible to make connections between Physics, Mathematics and everyday life.

This document suggests developing topics that are easier for students prior to working with vectors, involving different representations or contexts in the same topics, as we believe that those will allow us to know in more detail the learning styles of students. We propose, for the assessment, to implement the use of an evidence portfolio, in addition to the checklist, so that the student takes into account all the activities.

### References

- Barrera, A., Rivas, N. & López, W. (2016). Enseñanza del álgebra de vectores con enfoque por competencias a implementarse en Física de educación secundaria. *Ciencia e Interculturalidad*, 16(1), 7-19.
- Callejas Arévalo, R. E. (2012). *Magnitud y medida: propuesta didáctica desde el desarrollo de habilidades de pensamiento científico* (Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Colombia).
- Carranza, C. F., Oconitrillo, C. R., Mora, J. C. S., & Ramírez, M. (2011). Dificultades que enfrentan los estudiantes de 10° año en el estudio de física.: Alternativas para mejorar el aprendizaje. *Ensayos Pedagógicos*, 6(1), 101-113.
- Chamizo, J. A. (2014). *Ciencias 2, Física*. México: Terra Esfinge.
- Cuervo, A. (2015). *Y sin embargo, se mueve*. México: Oxford.

- Dávila, J. A & Pajón, J. (2015). Álgebra Vectorial; fundamentos. Universidad de Huelva, España. Recuperado de <http://www.uhu.es/javier.pajon/apuntes/mecanicaUD1.pdf>
- De Ercilla, S. B., & Muñoz, C. G. (2003). *Física general*. Madrid: Editorial Tébar.
- Flores-García, S., González-Quezada, M. D., & Herrera-Chew, A. (2007). Dificultades de entendimiento en el uso de vectores en cursos introductorios de mecánica. *Revista mexicana de física E*, 53(2), 178-185.
- Flores-García, S., Terrazas, S. M., González-Quezada, M. D., Chávez Pierce, J. L., & Escobedo Soto, S. (2008). Student use of vectors in the context of acceleration. *Revista mexicana de física E*, 54(2), 133-140.
- González, A., Lluís, H. & Pita, A. (2014). *Ciencias 2, Física*. México: Correo del maestro.
- Hibbeler, R. C. (2004). *Mecánica vectorial para ingenieros: estática*. Pearson Educación. México.
- Knight, R. D. (1995). The vector knowledge of beginning physics students. *The physics teacher*, 33(2), 74-77.
- Mora Muñoz, L. A. (2011). La Metodología Indagatoria Como Herramienta Para Explicitar Preconceptos Sobre Orientaciones Espaciales En Estudiantes De Pedagogía En Ciencias. *Revista Colombiana de Física*, 43(3), 577.
- Nguyen, N. L., & Meltzer, D. E. (2003). Initial understanding of vector concepts among students in introductory physics courses. *American journal of physics*, 71(6), 630-638.
- Poynter, A., & Tall, D. (2005). What do mathematics and physics teachers think that students will find difficult? A challenge to accepted practices of teaching. In *Proceedings of the sixth British Congress of Mathematics Education, University of Warwick* (pp. 128-135). Recuperado de <http://www.annapoynter.net/Articles.html>
- Programas de Estudio (2011). *Guía para el maestro*. Educación Básica secundaria, Ciencias. México: Secretaría de Educación Pública.
- Sánchez, R. (2016). *Planeación Didáctica Argumentada*. México: Trillas.
- Saylor, G. (s.f.). A Hands-on Introduction to Displacement/Velocity Vectors and Frame of Reference through the Use of an Inexpensive Toy.
- Zea Saldarriaga, C. A. (2013). La instauración histórica de la noción de vector como concepto matemático [recurso electrónico](Tesis Doctoral). Recuperado de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/4650/1/CB-0463887.pdf>

---

## UNA EXPERIENCIA DE CLASE: CONCEPTO VECTOR

*De acuerdo con varios estudios, trabajar con vectores es un problema para estudiantes de diferentes niveles educativos. En este documento proponemos una Planeación Didáctica Argumentada (PDA) para abordar el concepto vector en el nivel secundario, enfatizando sus características (magnitud, dirección y sentido) de tal manera que, se facilite la formalización del mencionado concepto en un contexto matemático. Luego de implementar la PDA, evidenciamos que con la instrucción adecuada, los estudiantes pueden desarrollar habilidades para trabajar con vectores. Luego de analizar los resultados, es posible establecer algunos aspectos que deben ser considerados en la enseñanza de vectores, por ejemplo: los aspectos del profesor, estudiantes, plan de estudios y los conocimientos previos de física y matemática necesarios.*

Palabras clave: Actividades y prácticas docentes, Estudios interdisciplinarios.

### Introducción

El vector es un objeto matemático cuyo operatividad va más allá de todo tratamiento numérico convencional (Zea, 2013), en Física se puede caracterizar en desplazamiento, velocidad, aceleración y fuerza. Trabajar con vectores en Física en una etapa temprana permitirá a los estudiantes desarrollar habilidades y tener una mejor comprensión del tema cuando posteriormente trabajen en un contexto matemático. (Poynter y Tall, 2005). Existen investigaciones que se han centrado en identificar las dificultades al trabajar con vectores (Knight, 1995; Nguyen y Meltzer, 2003; Flores et al., 2007; Flores et al., 2008; Mora, 2011; Barniol y Zavala, 2014 y Barrera et al., 2016), el común denominador de estas investigaciones es que los estudiantes tienen dificultades principalmente en los conceptos de cantidad escalar y cantidad vectorial, magnitud y dirección de un vector, etc. Knight (1995) y Nguyen y Meltzer (2003) coinciden en los estudiantes no tienen una idea clara sobre

vector. Sin embargo, a pesar de que se conocen las dificultades más recurrentes de los estudiantes y que se ha informado que estas ocurren en el nivel básico (Knight, 1995), no se ha especificado en propuestas didácticas cómo trabajar con el concepto vector en el nivel básico, lo que podría posibilitar la formalización de este concepto como objeto matemático.

En consecuencia, el objetivo de este documento fue diseñar e implementar una propuesta didáctica para abordar la noción de vector en el nivel secundaria, destacando sus características: magnitud, dirección y sentido. Y debido al contexto educativo, se utilizó el modelo de Planeación Didáctica Argumentada (PDA) como metodología para lograr el objetivo.

### **Método**

Las acciones que se llevaron a cabo durante la investigación se describen a continuación.

#### **El Plan de Estudios**

Se consultó el Plan de Estudios de Ciencias Naturales de educación básica en México para conocer los temas relacionados con vectores señalados en el nivel secundaria, así como conocer si el plan de estudios sugiere algún tratamiento específico para el concepto vector y con ello, recopilar elementos a incluir en la propuesta didáctica, tales como: los estándares curriculares, el enfoque didáctico, las competencias, etc.

Los resultados de la revisión indicaron que el plan de estudios no considera un tema específico sobre el concepto vector, por lo que no se encontraron aprendizajes esperados sobre este concepto, sin embargo, se afirma que: "el alumno debe ser capaz de representar fuerzas con vectores y sumarlos por los métodos del paralelogramo y del polígono".

#### **Los libros de texto**

Se revisaron los libros de texto de los siguientes autores: Barragán (2013); Chamizo (2014); González, Lluís y Pita (2014) y Cuervo (2015), para conocer las características de las actividades que involucran vectores. Esta información se tomó como punto de partida para el diseño de actividades en la propuesta didáctica y, para tomar los aspectos que los libros de texto no profundizan y que son necesarios para abordar el concepto de vector.

Observamos que el concepto de vector está implícito en el tema del "movimiento" para representar los desplazamientos. Además, en el tema de la fuerza, es necesario utilizar vectores para la representación gráfica y la suma gráfica de fuerzas. Los libros de texto revisados carecen de ejemplos gráficos y actividades que promuevan el aprendizaje de vectores, lo cual es natural ya que el plan de estudios no menciona un tipo particular de trabajo con el concepto de vector. También observamos que se proporcionan diferentes definiciones de vector y el concepto de dirección (basadas en la línea recta que contiene el vector, en relación con un ángulo positivo y con base a un ángulo de referencia).

#### **Aspectos conceptuales de la investigación**

A través de la literatura revisada, se identificaron los conceptos fundamentales para el estudio de vectores, tales como: magnitud, magnitud escalar, magnitud vectorial, vector, características de un vector (magnitud, dirección y sentido). Estos conceptos fueron abordados en las actividades de la propuesta didáctica.

La definición de vector depende del contexto en el que se esté trabajando, en este caso se utilizó en el contexto de la mecánica, ya que es el que se ajusta a los contenidos de los libros de texto de nivel básico revisados. Entonces: Vector es una cantidad que tiene magnitud, dirección y sentido, según Dávila y Pajón (2015). Además, se usó la flecha como representación gráfica de vector (Hibbeler, 2004).

## Planeación Didáctica Argumentada (PDA)

En esta investigación se utilizó la Planeación Didáctica Argumentada (PDA) como metodología para diseñar e implementar las actividades sobre el concepto vector. La PDA permite a los estudiantes aprender contenidos de su interés, y a los profesores les permiten revisar lo hecho y lo logrado (Sánchez, 2016).

Para diseñar la PDA se consideraron los siguientes elementos (Sánchez, 2016): contexto interno y externo de la clase, diagnóstico del grupo, elaboración del plan de clase (en tres momentos: inicio, desarrollo y cierre), recursos materiales, organización del grupo, espacio, tiempo, evaluación y la argumentación de la planeación (justificación de las estrategias docentes elegidas).

Los elementos mencionados anteriormente se organizaron en un formato de planeación, que puede diseñarse a criterio del profesor, siempre que se consideren las características esenciales de la PDA. A continuación se describe cómo se implementó la PDA.

**Descripción del contexto interno y externo.** La PDA se implementó en una escuela secundaria con un grupo de octavo grado de 16 alumnos (9 mujeres y 7 hombres) de entre 13 y 14 años, durante el período escolar 2016-2017. La institución está ubicada en Zumpango del Río, Guerrero, México.

**Diagnóstico del grupo.** En el momento de la aplicación de la PDA, el grupo examinado estaba en el cuarto bimestre del período escolar y no contaba con profesor de Física. A través de una entrevista, un profesor suplente manifestó la existencia de dificultades en matemáticas, la falta de participación de los estudiantes en clase y el hecho de no haber trabajado con vectores.

**Conocimientos previos de los estudiantes.** En las notas de clase se encontró evidencia de que los estudiantes habían trabajado con desplazamiento, velocidad y aceleración, pero no se mencionaron las características vectoriales de estos conceptos.

**Plan de clase.** Se diseñaron seis actividades para ser desarrolladas en tres fases: inicio, desarrollo y cierre. En las actividades 3, 4 y 5 se trabajó con la representación gráfica de vector, y en las actividades 1, 2, 3 y 6 con la definición de vector. Previo a la implementación de las actividades, trabajamos con la medición de ángulos y el uso del transportador. Los recursos materiales, la organización, el espacio y el tiempo se propusieron de acuerdo con las características de cada actividad.

















Para evaluar los aprendizajes se utilizó una lista de cotejo con escalas insuficientes, suficientes y sobresalientes para determinar el desempeño de los estudiantes en función de los objetivos de cada actividad. A modo de ejemplo, a continuación se presenta la Actividad 3 (“Jimena se va a casa y a la escuela”). Se propuso un tiempo de 90 minutos para resolver esta actividad siguiendo 4 objetivos:

1. Establecer la representación gráfica de cantidades vectoriales mediante flechas. Usar la notación de vector  $\vec{X}$ .
2. Aplicar las características de un vector: magnitud (las distancias que recorre Jimena), dirección (horizontal, vertical, inclinada) y sentido (arriba-abajo, izquierda-derecha), según el tipo de ruta que tome Jimena.
3. Definir vector como una cantidad que tiene magnitud, dirección y sentido.
4. Reconocer y expresar eventos que nos rodean que puedan representarse con vectores.

**Argumentación de la planeación.** Las actividades involucraron contextos conocidos por los estudiantes y de acuerdo con lo establecido en el plan de estudios, para su solución se requirieron materiales económicos y de fácil acceso. Los escenarios fueron elegidos de acuerdo a las necesidades de cada actividad y en los espacios de la institución educativa. Se incentivó la participación individual, en equipo y grupal con el fin de aportar ideas para formalizar conceptos. La lista de cotejo para el registro de evaluación permitió la observación continua del progreso de los estudiantes en el desarrollo de tareas, acciones, procedimientos, habilidades y actitudes.

### Resultados






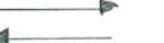










El análisis de resultados se realizó con base a los objetivos propuestos para cada actividad y teniendo en cuenta una escala para evaluar el desempeño (insuficiente, suficiente y destacado). A continuación se muestran algunos resultados de la Actividad 3.

VECTOR	REPRESENTACIÓN
	
	
	
	
	
	
	
	

**Figura 1: Los estudiantes dibujaron curvas en lugar de vectores.**

Los estudiantes lograron describir en palabras la ruta de Jimena, considerando la distancia (magnitud), dirección y sentido, sin embargo, no distinguieron que Jimena caminó dos veces en la misma dirección pero en una ruta diferente. Cinco estudiantes utilizaron correctamente una flecha (vector) para representar la ruta, mientras que otros dos dibujaron "curvas" en lugar de vectores (Figura 1).

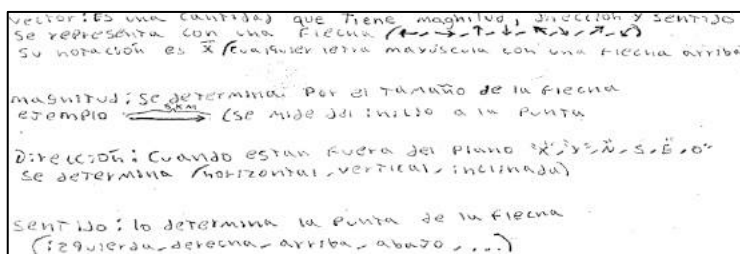
Al expresar las características de la distancia recorrida por Jimena, dos estudiantes determinaron erróneamente la dirección como "inclinada" de algunos vectores y el sentido como "acostado" en lugar de referirse a "izquierda o derecha". Tres estudiantes determinaron correctamente la magnitud, la dirección y el sentido de los vectores (ver Figura 2).

VECTOR	REPRESENTACIÓN	MAGNITUD	DIRECCIÓN	SENTIDO
		50 m	horizontal	izquierda
		50 m	horizontal	derecha
		2 m	horizontal	derecha
		2 m	horizontal	izquierda
		4 m	Vertical	arriba
		4 m	Vertical	abajo
		2 m	Vertical	arriba
		2 m	Vertical	abajo

**Figura 2: Estudiantes que obtuvieron desempeño destacado al determinar las características de un vector (actividad 3).**

Para lograr la formalización de la definición de vector, primero se mencionaron ejemplos de situaciones cotidianas se pueden representar con vectores. Posteriormente, con la orientación del docente, se definió el concepto de vector y también se definieron sus características (Figura 3).





**Figura 3: Producción de un estudiante en relación a la definición de vector y la descripción de sus características.**

### Conclusiones

La literatura revisada permitió conocer aspectos que requieren los estudiantes para poder trabajar con vectores, conocer las estrategias que se han implementado y las posibles dificultades que pueden enfrentar.

La implementación del PDA nos permitió reflexionar sobre el rol del docente, ya que el hecho de diseñar un plan de clase requiere precisión y ajustes constantes en su práctica, así como identificar oportunidades de mejora. En particular, este trabajo permitió establecer conexiones entre Física, Matemáticas y la vida cotidiana.

Este documento sugiere desarrollar temas que sean más fáciles para los estudiantes antes de trabajar con vectores, así como involucrar diferentes representaciones o contextos en los mismos temas, ya que creemos que lo anterior nos permitirá conocer con mayor detalle los estilos de aprendizaje de los estudiantes. Proponemos, para la evaluación, implementar el uso del portafolio de evidencias además de la lista de cotejo, con la finalidad que el alumno tenga en cuenta el total de actividades.

### Referencias

- Barrera, A., Rivas, N. & López, W. (2016). Enseñanza del álgebra de vectores con enfoque por competencias a implementarse en Física de educación secundaria. *Ciencia e Interculturalidad*, 16(1), 7-19.
- Callejas Arévalo, R. E. (2012). *Magnitud y medida: propuesta didáctica desde el desarrollo de habilidades de pensamiento científico* (Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Colombia).
- Carranza, C. F., Oconitrillo, C. R., Mora, J. C. S., & Ramírez, M. (2011). Dificultades que enfrentan los estudiantes de 10° año en el estudio de física.: Alternativas para mejorar el aprendizaje. *Ensayos Pedagógicos*, 6(1), 101-113.
- Chamizo, J. A. (2014). *Ciencias 2, Física*. México: Terra Esfinge.
- Cuervo, A. (2015). *Y sin embargo, se mueve*. México: Oxford.
- Dávila, J. A & Pajón, J. (2015). *Álgebra Vectorial; fundamentos*. Universidad de Huelva, España. Recuperado de <http://www.uhu.es/javier.pajon/apuntes/mecanicaUD1.pdf>
- De Ercilla, S. B., & Muñoz, C. G. (2003). *Física general*. Madrid: Editorial Tébar.
- Flores-García, S., González-Quezada, M. D., & Herrera-Chew, A. (2007). Dificultades de entendimiento en el uso de vectores en cursos introductorios de mecánica. *Revista mexicana de física E*, 53(2), 178-185.
- Flores-García, S., Terrazas, S. M., González-Quezada, M. D., Chávez Pierce, J. L., & Escobedo Soto, S. (2008). Student use of vectors in the context of acceleration. *Revista mexicana de física E*, 54(2), 133-140.
- González, A., Lluís, H. & Pita, a. (2014). *Ciencias 2, Física*. México: Correo del maestro.
- Hibbeler, R. C. (2004). *Mecánica vectorial para ingenieros: estática*. Pearson Educación. México.
- Knight, R. D. (1995). The vector knowledge of beginning physics students. *The physics teacher*, 33(2), 74-77.
- Mora Muñoz, L. A. (2011). La Metodología Indagatoria Como Herramienta Para Explicitar Preconceptos Sobre Orientaciones Espaciales En Estudiantes De Pedagogía En Ciencias. *Revista Colombiana de Física*, 43(3), 577.
- Nguyen, N. L., & Meltzer, D. E. (2003). Initial understanding of vector concepts among students in introductory physics courses. *American journal of physics*, 71(6), 630-638.
- Poynter, A., & Tall, D. (2005). What do mathematics and physics teachers think that students will find difficult? A challenge to accepted practices of teaching. *In Proceedings of the sixth British Congress of Mathematics Education, University of Warwick* (pp. 128-135). Recuperado de <http://www.annapoynter.net/Articles.html>

- Programas de Estudio (2011). *Guía para el maestro*. Educación Básica secundaria, Ciencias. México: Secretaría de Educación Pública.
- Sánchez, R. (2016). *Planeación Didáctica Argumentada*. México: Trillas.
- Saylor, G. (s.f.). A Hands-on Introduction to Displacement/Velocity Vectors and Frame of Reference through the Use of an Inexpensive Toy.
- Zea Saldarriaga, C. A. (2013). La instauración histórica de la noción de vector como concepto matemático [recurso electrónico](Tesis Doctoral). Recuperado de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/4650/1/CB-0463887.pdf>