



Estrategia didáctica para la enseñanza de equilibrio de una partícula en 2D con el enfoque constructivista y uso de las Tic

Jesús Enrique Rodríguez Sandoval^a, Ma. Magdalena Sorcia Rocha^b

^aTecnológico Nacional de México, Av. Tecnológico s/n, C.P. 7600, Santiago de Querétaro, Qro. México

^bUniversidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas s/n C.P. 76010, Santiago de Querétaro, Qro. México

ARTICLE INFO

Received: 24 septiembre 2018

Accepted: 30 octubre 2018

Available on-line: 01 noviembre 2018

Keywords: Geometry, APOS theory, teaching, technology, physics, mathematics.

E-mail addresses:

jrodriguezandoval@gmail.com

magdas@uaq.mx

ISSN 2007-9842

© 2018 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

In this paper a teaching strategy for teaching and learning equilibrium of a particle in two dimensions for engineering students is designed; in which a series of activities based on theory and APOS to be developed using the software developed GeoGebra. The theoretical framework consists of three components: theoretical analysis of the concept, design and implementation of the strategy and evaluation and conclusions. The theoretical perspective APOE begins with the following statement of what it means to learn mathematics: "The mathematical knowledge of an individual is its tendency to respond to mathematical problem situations reflecting on them in a social context and building or rebuilding actions, processes and mathematical objects and organizing schemes in order to handle situations". The types of mental constructs that are considered in APOS theory are: action, process, object and scheme.

En este trabajo se diseña una estrategia didáctica para la enseñanza y aprendizaje de equilibrio de una partícula en dos dimensiones para estudiantes de ingeniería; en la cual se desarrollan una serie de actividades basadas en la teoría APOE y para ser desarrolladas utilizando el software GeoGebra. El marco teórico utilizado consta de tres componentes: análisis teórico del concepto, diseño e implementación de la estrategia y evaluación y conclusiones. La perspectiva teórica APOE inicia con el siguiente enunciado de lo que significa aprender matemáticas: "El conocimiento matemático de un individuo es su tendencia a responder ante situaciones matemáticas problemáticas reflexionando sobre ellas en un contexto social y construyendo o reconstruyendo acciones, procesos y objetos matemáticos y organizándolos en esquemas con el fin de manejar las situaciones". Los tipos de construcciones mentales que son consideradas en la teoría APOE son: acción, proceso, objeto y esquema.

I. INTRODUCCIÓN

Esta propuesta de estrategia didáctica para la enseñanza de equilibrio de una partícula, es una continuación a otro trabajo realizado y presentando en LASERA 2015, Propuesta de enseñanza de las operaciones básicas con vectores basada en la teoría APOE y uso del software GeoGebra, ambos temas contextualizados en la materia de estática en las carreras de ingeniería del Instituto Tecnológico de Querétaro, del Tecnológico Nacional de México. La suma de vectores y equilibrio de partícula son la base del curso de estática, así como de cursos posteriores del aérea de física, dinámica y electromagnetismo.

I.1 Marco Teórico

El marco teórico utilizado en esta investigación consta de tres componentes. En la figura 1 se ilustran cada uno de estos componentes y las relaciones entre ellos. Un estudio del desarrollo cognitivo de un individuo intentando aprender un determinado concepto se lleva a cabo por sucesivos refinamientos a través de las actividades de los componentes de la figura 1.

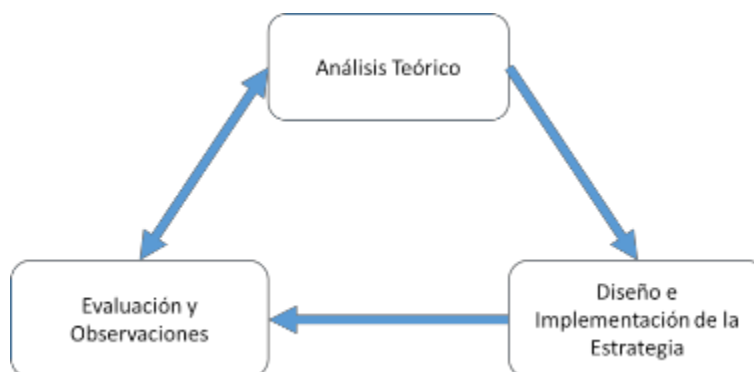


FIGURA 1. Componentes del marco teórico.

La investigación comienza con un análisis de modelos teóricos de la epistemología del concepto en cuestión: lo que significa entender el concepto y la forma en que este puede ser construido por un individuo. Este análisis inicial, que marca la entrada de los investigadores en el ciclo de los elementos del marco teórico, se basa principalmente en la comprensión del concepto en cuestión y sobre sus experiencias como estudiantes y profesores del concepto. El análisis determina el diseño de la estrategia didáctica. La implementación de la estrategia didáctica proporciona una oportunidad para la recopilación de datos y para reconsiderar el análisis teórico inicial con respecto a estos datos. El resultado puede ser una revisión del análisis teórico que luego sienta las bases para la siguiente iteración del estudio. Esta siguiente iteración comienza con el análisis teórico revisado y termina con una revisión adicional o más profunda comprensión de la epistemología del concepto en cuestión que puede convertirse en la base para una nueva repetición del ciclo. Estas repeticiones continuarán durante el tiempo necesario para lograr la estabilidad en la comprensión en la epistemología del concepto.

I.2. Análisis Teórico

El propósito del análisis teórico de un concepto es proponer un modelo de aprendizaje: es decir, una descripción de determinadas construcciones mentales que un estudiante puede hacer para desarrollar su entendimiento del concepto. Al resultado de este análisis lo llamaremos descomposición genética del concepto. Es decir, una descomposición genética de un concepto es un conjunto estructurado de construcciones mentales que podría describir cómo el concepto puede desarrollarse en la mente de una persona.

I.3 Teoría APOE

La perspectiva teórica APOE inicia con el siguiente enunciado de lo que significa aprender matemáticas. “El conocimiento matemático de un individuo es su tendencia a responder ante situaciones matemáticas problemáticas reflexionando sobre ellas en un contexto social y construyendo o reconstruyendo acciones, procesos y objetos matemáticos y organizándolos en esquemas con el fin de manejar las situaciones” (Asiala et al., 2004).

Hay, en esta afirmación, las referencias a una serie de aspectos de aprendizaje y conocimiento. Por un lado, reconoce que lo que una persona sabe y es capaz de hacer no está necesariamente disponible para él o ella en un momento dado y en una situación dada. Todos los que han enseñado (o estudiado) están familiarizados con el fenómeno de un estudiante que falta por completo una pregunta en un examen y luego saber realmente la respuesta correcta después. La reflexión, en el sentido de prestar atención consciente a las operaciones que se realizan, es una parte importante de aprender y saber. La matemática en particular está llena de técnicas y algoritmos para utilizar en el tratamiento de situaciones. Muchas personas pueden aprender estas bastante bien y a utilizarlas para hacer cosas en matemáticas. Pero la comprensión de las matemáticas va más allá de la habilidad para realizar cálculos, no importa cuán sofisticado. Es necesario ser consciente de cómo la labor de los procedimientos, para sentir el resultado sin tener que realizar todos los cálculos, para poder trabajar con variaciones de un único algoritmo, a ver las relaciones y poder organizar experiencias (matemáticos y no matemáticos).

La idea completa de “situación problemática” se relaciona con la dicotomía desequilibrio/reequilibrio. El estudiante debe ver el problema en la situación y ser perturbado por éste cuando el aprendizaje se está llevando a cabo.

El contexto social se refiere, al menos, al papel del aprendizaje cooperativo. Pero la parte más importante de esta afirmación, y la que hace específica a las matemáticas, es la parte sobre las construcciones específicas y se describen a continuación. A continuación, se describen los tipos de construcciones mentales: acción, proceso, objeto y esquema, consideradas en la teoría APOE (Asiala et al., 2004). Una acción es una transformación de objetos que el individuo percibe como algo que es hasta cierto punto externo. Es decir, un individuo cuyo entendimiento de una transformación está limitado a una concepción de acción puede realizar la transformación únicamente reaccionando a indicaciones externas que le proporcionan detalles precisos sobre qué pasos dar.

Se tienen los siguientes ejemplos de acciones, primero, cuando un estudiante que no es capaz de interpretar una situación como una función a menos que tenga una fórmula para calcular valores está restringido a un concepto de acción de una función; segunda, resolver una ecuación imitando los pasos de la resolución de una ecuación similar y, por último, procurar soluciones de una ecuación sustituyendo valores específicos y verificando si satisfacen o no la ecuación.

Si un individuo limita la comprensión de un concepto a realizar acciones para obtener una transformación dada, entonces decimos que posee una concepción de acción de dicha transformación. Aunque una acción esté limitada a la construcción de acciones, ésta es crucial al inicio de la comprensión de un concepto (Asiala et al., 2004).

Cuando una acción se repite y el individuo reflexiona sobre ella, puede interiorizarse en un proceso. Es decir, se realiza una construcción interna que ejecuta la misma acción, pero ahora no necesariamente dirigida por un estímulo externo. Un individuo que tiene una concepción de proceso de una transformación puede reflexionar sobre, describir, o incluso invertir los pasos de la transformación sin realizar en realidad dichos pasos. En contraste con una acción, el individuo percibe el proceso como algo interno, y bajo su control, en lugar de algo que se hace como respuesta a señales externas. En el caso de las funciones, una concepción de proceso permite al sujeto pensar en una función como algo que recibe una o más entradas, o valores de las variables independientes, que realiza una o más operaciones sobre las entradas y que regresa las salidas, o los valores de las variables dependientes, como resultado. Por ejemplo, para entender una función tal como la dada por $\sin(x)$, se requiere una concepción proceso del concepto de función porque no se cuenta con instrucciones explícitas para obtener una salida para una entrada dada; con el fin de calcular la función, uno debe imaginar el proceso de asociar un número real con su seno. Con una concepción de proceso de función, un individuo puede ligar dos o más procesos para construir una composición o invertir el proceso para obtener funciones inversas.

Cuando un individuo reflexiona sobre las operaciones aplicadas a un proceso en particular, toma conciencia del proceso como un todo, realiza aquellas transformaciones (ya sean acciones o procesos) que pueden actuar sobre él, y puede construir de hecho esas transformaciones, entonces está pensando en este proceso como un objeto. En este caso, decimos que el proceso ha sido encapsulado en un objeto. En el curso de la realización de una acción o un proceso sobre un objeto, suele ser necesario desencapsular y regresar el objeto al proceso del cual se obtuvo con el fin de usar sus propiedades al manipularlo. Es fácil ver cómo la encapsulación de procesos en objetos y la encapsulación de objetos de regreso a procesos aparecen cuando se piensa en la manipulación de funciones como encontrar la suma, el producto, o cuando se forman conjuntos de funciones. Una colección de procesos y objetos pueden ser organizados de manera

estructurada para formar un esquema. Los esquemas pueden ser tratados como objetos e incluirlos en la organización de esquemas de “alto nivel”.

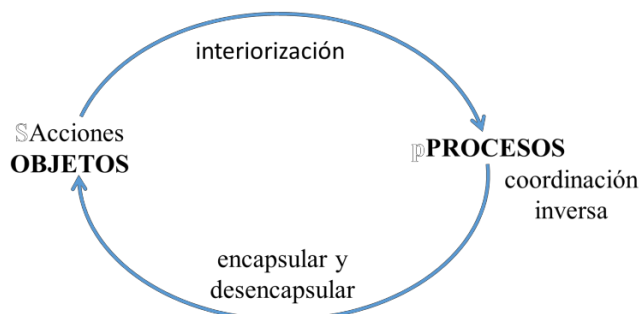


FIGURA 2. Etapas del Proceso.

II.4 Equilibrio de una Partícula

Una partícula se dice que está en equilibrio si permanece en reposo si originalmente en reposo, o tiene una velocidad constante si originalmente en movimiento. Más a menudo, sin embargo, el término “equilibrio” o, más específicamente, “equilibrio estático” se utiliza para describir un objeto en reposo. Para mantener el equilibrio, es necesario satisfacer a la primera ley de Newton del movimiento, lo que requiere que la fuerza resultante que actúa sobre una partícula que es igual a cero. Esta condición puede expresarse matemáticamente como:

Donde es la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre la partícula. Una partícula sometida a la acción de dos fuerzas estará en equilibrio si ambas fuerzas tienen la misma magnitud, la misma línea de acción, pero sentidos opuestos. Entonces la resultante de las dos fuerzas es cero. Esto se muestra en la figura 3.

Otro caso de una partícula en equilibrio se muestra en la figura 4, donde aparecen cuatro fuerzas que actúan sobre A. En la figura 5, la resultante de las fuerzas dadas se determina por el método del polígono.

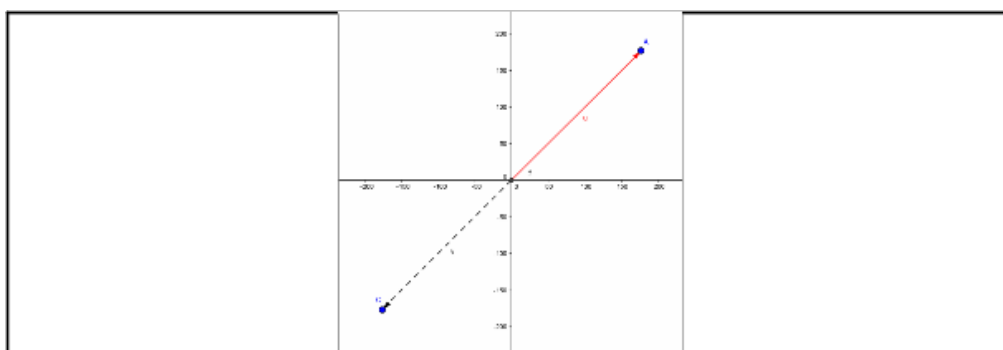


FIGURA 3.

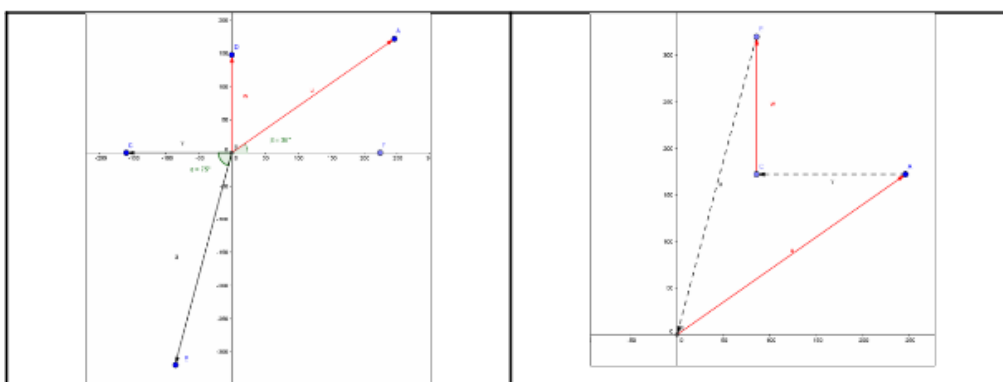


FIGURA 4.

FIGURA 5.

II. DESARROLLO

El propósito del presente trabajo es diseñar una secuencia didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto de equilibrio en dos dimensiones: sumas de vectores mediante el método del polígono y/o método del paralelogramo, así como recopilar y analizar las construcciones que realizan los alumnos al resolver situaciones problemáticas, dicho trabajo se realiza desde la perspectiva de la teoría APOE y utilizando el software GeoGebra.

A continuación, se presenta el procedimiento que seguimos para el diseño de la secuencia didáctica para la enseñanza del concepto de equilibrio en dos dimensiones, basada en la teoría APOE. Al aplicar la teoría APOE básicamente lo que realizamos es proponer una primera secuencia de actividades que incluye situaciones problemáticas seleccionadas previa revisión de los libros de texto recomendados para este tema en programas de la materia de estática en las carreras de ingeniería. Las situaciones fueron seleccionadas de tal manera que cubran el ciclo de acciones, procesos, objetos y esquemas. Acciones: se considera a un estudiante que posee una concepción de acción en el concepto de equilibrio de fuerzas en dos dimensiones.

- Cuando solo puede realizar la suma, de n números de fuerzas algebraica o geoméricamente, para valores específicos de su magnitud y dirección.
- Si requiere recibir las instrucciones precisas de los pasos que tiene que seguir.
- Si las realiza bajo la supervisión de un experto (maestro, compañero, libro o software).
- Puede realizar las operaciones por memorización del algoritmo y/o tomando de referencia ejercicios similares a los presentados.

Procesos: se considera a un estudiante que posee una concepción de proceso en el concepto de equilibrio de fuerzas en dos dimensiones:

- Un estudiante que es capaz de realizar suma de fuerzas, para diferentes valores de su magnitud y dirección.
- Realiza adecuadamente diagramas de cuerpo libre.
- Puede percibir (conjeturar) las propiedades de los vectores.
- Es capaz de invertir los pasos de las operaciones.
- Es capaz de expresar el algoritmo de las operaciones en forma verbal.
- Es capaz de interpretar los resultados de la suma de vectores.

Objetos “Fuerzas en Equilibrio”: un estudiante que posee una concepción de objeto en el equilibrio de fuerzas en dos dimensiones:

- Es capaz de identificar fuerzas en situaciones problemáticas diversas.
- Es capaz de utilizar el procedimiento algorítmico de equilibrio de fuerzas para encontrar otras variables, como las direcciones de las fuerzas, longitudes de cables y longitudes de resortes.
- Es capaz de determinar valores mínimos y máximos de fuerzas

Esquemas: se considera que un estudiante posee una concepción de esquema cuando ha incorporado los nuevos conocimientos del concepto de equilibrio de partícula a esquemas previamente establecidos cuando:

- Cuando puede manejar el concepto de equilibrio de partícula en cualquier situación problemática tanto de la materia de estática, como en otras aéreas, por ejemplo, en situaciones de equilibrio de fuerzas eléctricas o equilibrio de campos eléctricos.

II.1 Secuencia didáctica

Esta secuencia didáctica se realiza en un ciclo con tres componentes: actividades con la computadora en el salón de clase, trabajo en clase sobre problemas relacionados con las actividades con la computadora y discusión de estos problemas y sus soluciones; y ejercicios con objeto de reforzar los que se ha aprendido y señalar el trabajo futuro.

Las actividades de computadora consisten principalmente en la solución de problemas, estas actividades se presentan a los estudiantes en forma de tareas que conducen a la desequilibración y les dan una oportunidad de construir una base de experiencias para los conceptos matemáticos y para descubrir ideas matemáticas específicas. Estas actividades están diseñadas de tal manera que, como resultado de realizarlas, o aun de intentarlas, el estudiante haga abstracciones reflexivas mediante las cuales se efectúan las construcciones mentales de acciones, procesos y objetos apropiados.

III. CONCLUSIONES

Esta secuencia didáctica se presenta como una alternativa para la enseñanza del concepto de equilibrio, la cual está compuesta por diversas actividades, tales como ejercicios en clase, actividades utilizando software GeoGebra, trabajo individual y colaborativo, con el objetivo primordial de que los estudiantes tengan la oportunidad de interactuar y reflexionar directamente con el objeto de conocimiento, a través de dichas actividades.

REFERENCIAS

Asiala, M., Brown, A., J. DeVries, D., Dubinsky, E., Mathews, D., & Thomas, K. (2004). A Framework for Research and Curriculum Development in Undergraduate Mathematics Education. In J. Kaput, A. H. Schoenfeld, & E. Dubinsky, Research in *Collegiate Mathematics Education II* (pp. 1-34). USA: American Mathematical Society.

Beer, F. P., Johnston Jr., R. E., Mazurek, D. F., & Cornwell, P. J. (2013). *Vector Mechanics for Engineer Statics and Dynamics*. New York: Mc Graw Hill.

Geogebra. (2016). Geogebra. Retrieved from <https://www.geogebra.org/>

Hibbeler, R. C. (2013). *Engineering Mechanics Statics*. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.