

USO DE LA CALCULADORA GRAFICADORA Y SENSOR DE MOVIMIENTO COMO MEDIADOR EN EL APRENDIZAJE DE LA CONSTANTE DE GRAVEDAD Y EL PÉNDULO SIMPLE

Hipólito Hernández P.¹, Edgar J. Morales V.¹

RESUMEN

El presente trabajo da cuenta de los problemas que enfrentan los estudiantes cuando abordan problemas en movimientos uniformemente variados y usan el valor de la gravedad (g), una constante que no tiene significado para los estudiantes ya que en el contexto escolar se maneja como un simple número. Para resolver el problema, se utilizó un marco teórico y metodológico, como la ingeniería didáctica, para diseñar la situación didáctica. Además, se utilizó la calculadora graficadora y sensor de movimiento como mediador, para lograr que los estudiantes aprendieran este valor de la gravedad (g), de modo que el alumno experimente un proceso de enseñanza-aprendizaje en una forma lúdica, participativa y de investigación, diferente de la enseñanza tradicional, es decir, a la exposición del maestro.

Palabras clave: Movimiento, calculadora graficadora, situación didáctica, aprendizaje significativo.

ABSTRACT

The present work gives an account of the problems faced by students when they approach problems on uniformly varied movement and use the value of gravity (g), a constant that has no meaning for students

since in the school context it is handled as a simple number. To solve the problem, a theoretical and methodological framework, such as didactic engineering, was used to design the didactic situation. In addition, the graphing calculator and motion sensor were used as a mediator, to achieve student learning of this value of gravity (g), so that the student experiences a teaching-learning in a playful, participative and inquiry, different from the traditional teaching, ie, to the teacher's exhibition.

Keywords: Graphing, slope, reason of change, graphing calculator.

INTRODUCCIÓN

Hoy día los educadores e investigadores de distintas disciplinas se encuentran preocupados por el bajo rendimiento académico que tienen los alumnos en los diferentes niveles educativos en el aprendizaje y los significados de la matemática y física. Estas disciplinas son consideradas esenciales para el desarrollo académico de los alumnos, en la cual se presentan diversas dificultades de aprendizaje de sus conceptos (Farías y Pérez, 2010).

De lo anterior, dentro de nuestra práctica docente en el nivel medio superior, observamos la dificultad que presentan los alumnos en reconocer el significado físico que se tiene de la constante de gravedad ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$) y en la forma de calcularlo, esta constante solo es vista en los libros de física como un simple valor numérico, al igual que los valores de las constantes de Pi (π), e (2.7182), valores que solo son memorizados y a veces se olvidan por carecer de significado.

Por lo tanto, de acuerdo al problema señalado sobre el significado de este objeto didáctico (g), los alumnos presentan deficiencias en su progreso en niveles escolares superiores, ya que la constante de la gravedad se aborda en temas de física, cálculo dife-

¹ Profesores-investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas. Email: polito_hernandez@hotmail.com; edgarmvdj@hotmail.com

rencial (Swokowski, 1989) e ingenierías. Esta dificultad de aprendizaje, se debe a los métodos de enseñanza dentro del contexto escolar, del mismo modo que los alumnos no llegan a vincular el valor de la gravedad con su entorno; no solo en la clase de física se usa el valor de la gravedad, sino también en matemáticas. En ambas disciplinas son percibidas por los alumnos como materias duras, rigurosas y formales. Los libros de texto que se utilizan aun con las nuevas modificaciones que se han adjuntado a la reforma educativa de la educación media superior (RIEMS) no facilitan el aprendizaje de cómo calcular el valor de la gravedad. Así también las prácticas experimentales que se realiza en el laboratorio están descontextualizados de lo que se aborda en clases.

De lo antes expuesto, no debemos olvidarnos que hoy en día los estudiantes viven en una era de nuevas tecnologías y de comunicación, es por esto que, como profesores de ciencias exactas debemos proponer nuevas alternativas de enseñanza en el aula, mediante el uso de estas herramientas tecnológicas como apoyo en el aprendizaje de las matemáticas, física y fortalecer la enseñanza de una forma innovadora e interactiva. Desde este punto de vista epistemológico, está el desarrollo de la teoría cualitativa de los sistemas dinámicos y, por otro, el desarrollo de recursos tecnológicos (calculadoras, sensores, computadoras, celulares e internet) como procesos de enseñanza-aprendizaje. De acuerdo con el problema planteado, se generaron las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué contribuciones al aprendizaje se obtienen al calcular el valor de la gravedad con el uso de la tecnología en alumnos de nivel medio superior? ¿Cuáles son las ventajas y desventajas usar la calculadora graficadora y sensor en la enseñanza de la matemática y física?

Así, la tecnología se desarrollada en todos los campos, desde las áreas industriales hasta el hogar, este avance tecnológico no es limitado, sino que también, en el campo de la tecnología educativa se está utilizando, como un agente didáctico que organiza el encuentro entre el sujeto y el entorno que genera perturbaciones en el sistema escolar y puede contribuir significativamente a la comprensión en el aprendizaje de la matemática y física. Por lo que, la presente investigación da cuenta de los resultados obtenidos de los estudiantes a través de la situación didáctica del estudio y cálculo de la constante de la

gravedad (g) con ayuda del péndulo simple (modelo físico) y la calculadora graficadora conectada al sensor de movimiento. Cabe señalar que la actividad fue resuelta por estudiantes de nivel medio superior, superior y de posgrado de la Universidad Autónoma de Chipas a partir de la expresión $T=2\pi\sqrt{l/g}$, fórmula para calcular el periodo de un péndulo. En el contexto escolar, el valor de la gravedad se proporciona a los estudiantes como un valor establecido y único de 9.82 m/s^2 , dado en los textos de física.

Por lo tanto, nuestro objetivo fue diseñar e implementar una secuencia didáctica utilizando el sensor de movimiento y la calculadora graficadora antes mencionada, para permitir la significación de la severidad de la constante de gravedad en alumnos de los diferentes niveles educativos antes mencionados. Tanto la matemática como la física tienen gran aplicación en todas las ciencias y en la vida cotidiana, por lo que son indispensables para cualquier sistema educativo (Lluis, 2006). Señalamos que la tecnología puede considerarse una herramienta mediadora para facilitar el aprendizaje de algunos objetos didácticos (constante gravitacional) en los estudiantes, ya que en el caso del valor de la constante de gravedad es un objeto didáctico que tiene diversas aplicaciones, ya que en todo nuestro contexto estamos sometidos a este valor. La gran mayoría de alumnos están inmersos de manera natural y cotidiana con herramientas tecnológicas, por lo que es importante asumir un rol que genere un retorno de conocimiento que les interese en su desarrollo académico y, sobre todo, involucrándolos con situaciones amigables y cotidianas (González y Cantoral, 2014). Los recursos tecnológicos han llegado a las aulas desarrollando situaciones de aprendizaje que refuerzan y replantean los contenidos y métodos de enseñanza. Dentro de nuestra investigación creemos que este tipo de aprendizaje usando calculadoras graficadoras conectadas a sensores de movimiento es nueva forma de aprender matemática y física, ya que es posible interpretar fenómenos físicos del entorno.

Continuando con lo anterior, la herramienta tecnológica permite analizar e interpretar los comportamientos del fenómeno físico por medio de gráficas (Lupiáñez y Codina, 2001). Las gráficas son herramientas de visualización que ayudan a interpretar información de situaciones reales y a comprender los comportamientos de los fenómenos físicos, el cual

provoca un mejor aprendizaje (Suárez y Cordero, 2008).

Es así que, la tecnología puede desarrollar una nueva visión de la matemática y física, como algo interactivo entre el usuario y la computadora, ya que se pueden manipular las construcciones geométricas modificando los objetos en la zona de trabajo, descubriendo nuevos conceptos, generando conjeturas y demostrando teoremas de forma geométrica y numérica (Bainville, 2003).

METODOLOGÍA

Nuestro marco metodológico está basado en el uso de la calculadora graficadora conectada a un sensor de movimiento bajo principios constructivistas, sin embargo, se encuentra que el uso de esta tecnología en la enseñanza de la matemática, por ejemplo, en Gómez (2015) señala que no es la solución a los problemas de la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, sin embargo hay indicios de que ella se convertirá paulatinamente en un agente catalizador del proceso de cambio en la educación matemática, debido a la posibilidad que ofrece de manejar dinámicamente los objetos matemáticos en múltiples sistemas de representación dentro de esquemas interactivos. De lo anterior el uso de estas herramientas abre espacios para que el estudiante pueda vivir nuevas experiencias matemáticas (difíciles de lograr en medios tradicionales como el lápiz y el papel) en las que él pueda manipular directamente los objetos matemáticos dentro de un ambiente de exploración. En el ámbito educativo no es ajeno a este hecho, pero aún es necesario perseverar y profundizar en las discusiones acerca de cómo ha de llevarse a cabo una adecuada implementación de estas herramientas en el aula, y ver cómo pueden adaptarse a los procesos de enseñanza y aprendizaje. Así también Lupiañez y Codina (2001) nos dicen que los ordenadores, Internet, calculadoras y otro tipo de recursos tecnológicos poseen un gran potencial para la educación en general, y para la educación matemática en particular, pero no debe usarse este potencial como excusa para llevar al aula de matemáticas todo aquello que nos sorprende por su versatilidad. En este sentido, es necesario planificar con detalle qué uso queremos darle: qué competencias queremos y podemos desarrollar con nuestros estudiantes, qué tareas debemos diseñar para conseguirlo, y qué

sistema de evaluación pondremos en práctica para medir ese desarrollo.

ACERCA DE LA ACTIVIDAD

Para el diseño de la situación didáctica nos apoyamos en la teoría de las situaciones didácticas de Brousseau (2007) uno de los principales investigadores en didáctica de las matemáticas. De acuerdo con Reeve (2009) la teoría de situaciones didácticas se considera una estructura intelectual que se puede utilizar para identificar y explicar las relaciones que existen entre fenómenos observables. La teoría de las situaciones didácticas estudia y modela fenómenos didácticos, permite diseñar y explorar un conjunto de secuencias de clase planteadas por el profesor. La teoría propone el estudio de las condiciones en las cuales se constituyen los conocimientos matemáticos. Su objetivo es la determinación de las condiciones en las que se produce la apropiación del saber por los alumnos donde el investigador debe participar en la producción (o diseño) de las situaciones didácticas que analiza (Cantoral, Farfán, Cordero, Alanís, Rodríguez y Garza, 2005). Las situaciones didácticas se clasifican en: situación de acción, situación de formulación y situación de validación. En nuestra investigación la situación acción es el primer acercamiento que tiene el alumno con las actividades donde se genera una interacción entre compañeros y el modelo físico. La situación de formulación es el proceso de realizar la actividad de acuerdo a lo que se pretende aprender cuyo objetivo es la comunicación en informaciones entre alumnos. La situación validación el alumno no solo tiene que comunicar una información, sino que también tiene que argumentar lo que él dice es verdadero (Brousseau, 2007). En el trabajo se utilizó como metodología de investigación a la ingeniería didáctica, desde su: análisis preliminar, concepción y análisis a priori de la secuencia didáctica, experimentación, análisis a posteriori, confrontación entre el análisis a priori y el análisis a posteriori. La ingeniería didáctica es, al mismo tiempo, un producto resultante de un análisis a priori, y un proceso, resultante de una adaptación de la puesta en escena del funcionamiento de un producto acorde con las condiciones dinámicas de una clase (Gascón, 2015). La ingeniería didáctica incorpora una visión propia del aprendizaje de la matemática, adoptando una pers-

pectiva Piagetiana cuyo sentido la postula que todo conocimiento se construye por interacción constante entre sujeto y el objeto. Este marco teórico designa un conjunto de secuencias de clase en el tiempo de manera coherente por un profesor-ingeniero, con el fin de realizar un proyecto de aprendizaje para una población determinada de alumnos (Anido, 2004). A continuación se describe lo que se espera de la actividad diseñada.

Análisis a priori

Nuestro trabajo como se ha mencionado anteriormente busca significar al objeto didáctico en los estudiantes, esperamos que en todas las actividades los estudiantes logren una mejor comprensión de cómo calcular la constante de la gravedad de forma lúdica, de investigación y colaboración.

Experimentación

La investigación se ha realizado en tres niveles educativos: la primera con 73 estudiantes del nivel medio superior (NMS) agrupados en equipos de 4 integrantes cada uno, ocupando cronómetros de dispositivos móviles; en el nivel superior se realizó la misma puesta en escena con 24 alumnos de ingeniería y en el otro nivel fueron 13 estudiantes de posgrado que: primero usaron cronómetros y posteriormente tecnología como el sensor de movimiento conectado a la computadora gráfica.



Figura 1. Obtención de datos con alumnos de Educación Media Superior, usando cronómetro.

Análisis a posteriori

Los resultados obtenidos después de la recolección y análisis de datos fueron: primero se hace con estudiantes del NMS cuyos dispositivos usados fueron; un péndulo simple y un cronómetro. Se hizo una sola vez la toma de seis muestras; esta toma de datos proporcionó un resultado para el valor de la gravedad de 10.38 m/s^2 , ver figura 1.

En la segunda parte se realizó con los estudiantes de posgrado; primero con el uso del péndulo y un cronómetro, se hicieron tres repeticiones de cada medición para hacer un promedio de los datos, teniendo como resultado un valor para g de 8.4821 m/s^2 ; asimismo, se repitió el experimento con el uso de un sensor de movimiento obteniendo la toma de muestras con el sensor conectado a la computadora gráfica consiguiendo un resultado de 9.605454 m/s^2 , ver figura 2. Estos resultados son obtenidos con el obstáculo del rozamiento del aire.

Posteriormente los datos obtenidos con este procedimiento se vaciaron en el software Geogebra para obtener la pendiente $m=T^2/l$ como se muestra en la figura 3. En el eje horizontal van los valores de la longitud de la cuerda y en el eje vertical son los valores del periodo T al cuadrado (T^2)

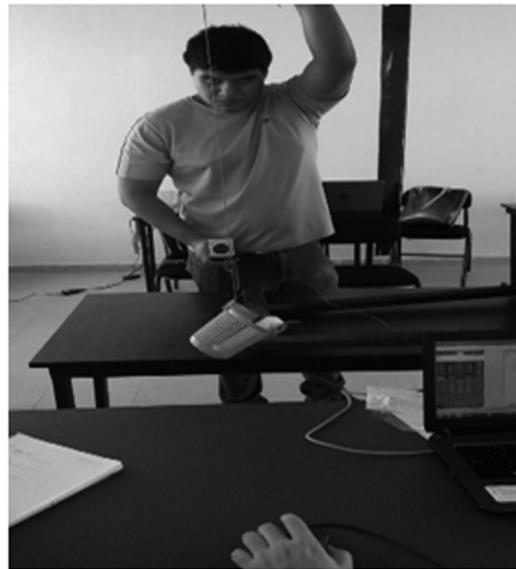


Figura 2. Obtención de datos con el sensor CBR y la computadora gráfica, con estudiantes de posgrado-UNACH.

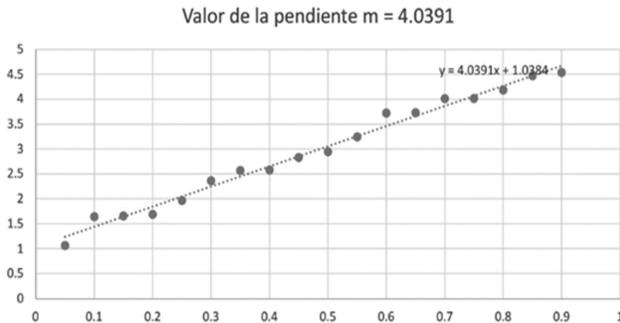


Figura 3. Valores obtenidos para encontrar la pendiente y encontrar la constante de gravedad.

Para los estudiantes de ingeniería obtuvieron un valor de la constante de gravedad de 9.06 m/s^2 . En tanto que otros grupos obtuvieron un valor de $g = 9.774 \text{ m/s}^2$. Los argumentos de los alumnos fueron:

1. El periodo de las oscilaciones que se generaron al mover la botella (masa) de su punto de equilibrio no dependía ni de su masa ni de su amplitud de movimiento, sino de la longitud de la cuerda a la cual estaba sujeta.
2. El periodo varía porque al ser más corto el hilo el tiempo del periodo es más corto. El valor de la gravedad no varía porque sería la misma que se aplica.
3. Entre más datos minuciosos se logren tomar en este experimento; es decir, longitud, tiempo y periodo de oscilaciones, habrá una mayor posibilidad de encontrar un valor de pendiente que nos ayude a una mejor aproximación al valor de la constante de la gravedad $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ valor que se utiliza actualmente en el Sistema Internacional de Medidas SI mediante la ecuación $g = (4\pi^2)/m$, donde m es la pendiente, en la cuál es otro concepto que se estudia en geometría analítica.
4. Los alumnos de posgrado en matemática educativa argumentaron que con el uso de herramientas tecnológicas computacionales, tal es el caso de microsoft excel, se logra visualizar cómo los datos tomados de un experimento pueden repercutir en la elaboración de gráficas y en los elementos que deriven de esto, con la finalidad de alcanzar un cierto objetivo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A manera de conclusión de esta investigación que se realizó durante tres semestres consecutivos y aun se sigue realizando, se puede señalar que el diseño de la **situación didáctica** con el apoyo de la calculadora graficadora conectada al sensor de movimiento permite un aprendizaje en los estudiantes del problema señalado anteriormente. El argumento anterior se señala debido a que los estudiantes argumentaron que el periodo de las oscilaciones que se generaron al mover el péndulo de su punto de equilibrio no dependía de su masa ni de su amplitud de movimiento sino de la longitud (l) de la cuerda a la cual estaba sujeta. Los estudiantes mencionan que con el uso de la calculadora graficadora y sensor de movimiento y el empleo de otras herramientas tecnológicas: permite mejor la toma de datos y se tiene mayor precisión en cuanto a al valor de la constante; el fenómeno de oscilación del péndulo se aprecia más porque la calculadora graficadora permite observar el comportamiento físico en tiempo real del movimiento en tanto su posición, velocidad, tiempo, a diferencia de usar solo cronómetro; entre más tomas de muestras se tengan habrá una mayor posibilidad de encontrar un valor de la pendiente (T^2/l) que ayude a mejorar la aproximación del valor de la constante de la gravedad que se utiliza actualmente en el Sistema Internacional de medidas (SI).

Por lo tanto, se concluye en primera que el diseño didáctico y la tecnología usada en esta investigación permite al alumno visualizar de forma amplia las gráficas, observar parámetros tales como el tiempo, velocidad, distancia, aceleración, correlación, análisis de la gráfica en determinadas porciones del comportamiento del fenómeno como sus pendientes, es decir, una actividad de aprendizaje diferente a las clases tradicionales. En segunda con esta actividad didáctica el alumno al tener mayor significado del conocimiento del valor de la gravedad, será capaz de entender su entorno físico, como saber que el fenómeno de la gravedad se involucra en diferentes procesos a decir en la generación de energía eléctrica (hidráulica), energía eólica, el impacto que genera un edificio sobre el suelo, en los procesos del sistema digestivo (movimiento peristáltico), construcción de muros de gravedad, puentes, como afecta la gravedad en los ríos para saber dónde ubicar las presas,

momento flector en vigas, centros de gravedad. Con esta secuencia didáctica, se tiene un aprendizaje significativo y favorece que el estudiante contraste las diferencias entre las creencias de la idea que llega a la clase y las leyes que gobiernan el mundo real, desde este punto de vista el estudiante mejora el grado de aprendizaje conceptual (Ausubel, 1997).

REFERENCIAS

- Anido, M. (2004). La ingeniería didáctica en el diseño y seguimiento de unidades curriculares. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* 17 (1), pp. 215-220.
- Ausubel, D. (1997). *Psicología educativa. Un punto de vista activo*. México: Trillas.
- Bainville, E. (2003). *Cabri Geometre II Plus*. Francia. Recuperado el 8 de noviembre de 2017 en: <http://www.cabri.com/es/descargar-cabri-2-plus.html#manuales>.
- Brousseau, G. (2007). *Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas*. Buenos Aires: Zorzal.
- Cantoral, R., Farfán, R., Cordero, F., Analís, J., Rodríguez, R. y Garza, A. (2005). *Desarrollo del pensamiento matemático*. México: Trillas.
- Farias, D. y Pérez, J. (2010). Motivación en la enseñanza de las matemáticas y la administración. *Formación Universitaria*, 3(6), pp. 33- 40.
- Gascón, J. (2015). Evolución de la didáctica de la matemática como disciplina científica. *Recherches en didactique des mathématiques*, 18 (1), pp. 7-3.
- Gómez, P. (2015). Tecnología y educación matemática. *Informática Educativa* 10, 93-111. Recuperado el 8 de noviembre de 2016 de <http://scholar.google.com/citations?>
- González, A. y Cantoral, R. (2014). Una propuesta de aprendizaje para la pendiente con el uso de Geogebra. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 27, pp. 2151 – 2158. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- Lluis, E. (2006). Teorías matemáticas, matemática aplicada y computación. *Ciencia Ergo Sum*, 13 (1), pp. 91 – 98.
- Lupiáñez, J. y Codina, A. (2001). Calculadoras y sensores: la matemática en movimiento. uniandes.edu.co, 1, pp. 143-149. Recuperado el 8 de noviembre, en https://scholar.google.es/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=lf9Y4jcAAAAJ Base de datos.
- Reeve, J. (2009). *Motivación y emoción*. México: McGraw-Hill.
- Suárez, L. y Cordero, F. (2008). Elementos teóricos para estudiar el uso de las gráficas en la modelación del cambio y de la variación de un ambiente tecnológico. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 3 (1), pp. 51-58.
- Swokowski, E. (1989). *Cálculo con Geometría Analítica*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.