

Uso de TIC en el contexto de una enseñanza basada en la investigación

Use of ICTs in the context of inquiry based learning

María Paz Gazzola^{1,2}, María Rita Otero^{1,2}, Viviana Carolina Llanos^{1,2}

¹ Núcleo de Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología (NIECyT), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), Tandil, Argentina

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

mpgazzola@exa.unicen.edu.ar, rotero@exa.unicen.edu.ar, vcllanos@exa.unicen.edu.ar

Recibido: 06/05/2019 | Corregido: 03/12/2019 | Aceptado: 03/05/2020

Cita sugerida: M. P. Gazzola, M. R. Otero, V. C. Llanos, "Uso de TIC en el contexto de una enseñanza basada en la investigación," *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, no. 25, pp. 31-38, 2020. doi: 10.24215/18509959.25.e03

Esta obra se distribuye bajo **Licencia Creative Commons CC-BY-NC 4.0**

Resumen

En este trabajo se presentan resultados parciales sobre el uso de TIC en el contexto del *inquiry based learning*, tal como lo propone la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD). Específicamente nos centramos en el desarrollo de un Recorrido de Estudio e Investigación (REI) codisciplinar. El texto describe el tipo de herramientas utilizadas para colaborar con las actividades de modelización en física y en matemática involucradas en el REI. Se proponen ejemplos sobre cómo fueron utilizadas las TIC durante cinco implementaciones realizadas en cursos habituales de la escuela secundaria y se analiza el papel que juegan en una enseñanza basada en el cuestionamiento. Los resultados permiten señalar algunas potencialidades de estas herramientas para ampliar el alcance del estudio así como identificar algunas dificultades de su uso en las aulas.

Palabras clave: TIC; Enseñanza basada en la investigación; Teoría antropológica de lo didáctico; REI.

Abstract

In this paper we present partial results related to the use of ICTs in the context of *inquiry based learning*, as it is proposed by the Anthropological Theory of the Didactic (ATD). Specifically, we focus on developing a co-disciplinary Study and research Path (SRP). The text describes the type of tools used during the implementation to collaborate with the modelling activities in physics and mathematics involved in the RSP. Examples of how ICTs were used during five implementations in regular courses in secondary school are presented, to analyse its role in a study processes based on questioning. The results allow to point out some potentialities of these tools extending the scope of the study as well as to identify some difficulties of its use in the classrooms.

Keywords: ICTs; Inquiry based learning; Anthropological theory of the didactic; SRP.

1. Introducción

Este trabajo presenta resultados relativos al uso de las TIC durante el desarrollo de una enseñanza genéricamente denominada *Inquiry* [1] en la escuela secundaria. La Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD) [2], [3], [4], [5], [6] propone una forma particular como *inquiry based learning* (IBL) que se desarrolla en los llamados Recorridos de Estudio e Investigación (REI). Los REI fueron creados para superar la enseñanza tradicional o monumental dominante [4]. Esta enseñanza se identifica y caracteriza por presentar el saber como un objeto con fin en sí mismo, carente de sentido y de utilidad. En contraposición, la TAD plantea un nuevo paradigma a partir de una reorganización de la enseñanza basada en el cuestionamiento e incorpora los REI como los dispositivos didácticos que permitirían llevarla a cabo, dado que posicionan a las preguntas como el punto de partida de cualquier saber [6].

Los REI se generan mediante el desarrollo y estudio de una pregunta en “sentido fuerte” cuya respuesta no se conoce de antemano y a la cual no se puede acceder fácilmente. Es decir, una respuesta que no se obtiene mediante una simple búsqueda de información, sino que es necesario elaborarla a partir del estudio de diversos campos de conocimiento, incluso de diversas disciplinas. Un aspecto muy relevante de los REI es el papel que se le asigna a la modelización, que a diferencia de la enseñanza monumental, donde se la considera como una aplicación de un saber ya estudiado, en la TAD se la entiende como un proceso que genera un modelo que permite dar respuesta a la pregunta estudiada [6]. En este contexto las TIC pueden resultar un recurso valioso.

En esta investigación realizamos cinco implementaciones de un REI en la escuela secundaria, en las cuales se enfatizó fuertemente la utilización de las TIC, que resultaron claves para el desarrollo del REI. Este trabajo se centra en describir los recursos utilizados y como colaboraron con las actividades de modelización (en este caso, física y en matemática) involucradas en el REI. Esto nos permite analizar el papel de estos recursos en el contexto de una enseñanza basada en el cuestionamiento y señalar algunas potencialidades de estas herramientas así como identificar algunas dificultades de su uso en las aulas.

2. Los REI y las TIC

El inicio de un REI es una pregunta cuya respuesta no es inmediata y requiere de un largo proceso de construcción. En la TAD una pregunta con estas características se denomina *generatriz* y se denota utilizando la letra *Q*. En una enseñanza por REI, el profesor propone la pregunta *Q* y el grupo de clase debe producir una respuesta posible. Para eso, se requiere

elaborar un medio apropiado, en términos de los conocimientos necesarios y los instrumentos. Recurriendo a una metáfora ecológica, el *medio didáctico* [5] puede entenderse como un ambiente apropiado para elaborar las respuestas: está formado por un conjunto de *preguntas derivadas*, que se desprenden de la pregunta generatriz *Q*; de posibles *respuestas* a esas preguntas, que son respuestas que se pueden encontrar en un libro, en un sitio web, en un applet o simulación, etc.; y las llamadas *obras* que se utilizan como herramientas –matemáticas o no– para estudiar las distintas respuestas halladas y construir la respuesta a *Q*. A diferencia de lo que ocurre en la enseñanza monumental, donde es el profesor quien toma todas las decisiones relativas al medio de estudio, en un REI su elaboración es también responsabilidad de los estudiantes [5], [6]. Ellos pueden incorporar a él cualquier instrumento y herramienta que consideren pertinente y posiblemente útil.

Una característica esencial de los REI es el papel que se otorga a la modelización, que en nuestro caso involucra tanto a la matemática como a la física. La modelización tradicionalmente se ha entendido como una respuesta matemática a problemas de contexto extra-matemático, es decir, que se limita a la aplicación de un conocimiento matemático previamente estudiado a determinadas situaciones “reales” [6]. En un REI, en cambio, se trata de un proceso, en el cual es preciso delimitar cierto sistema (por ejemplo físico), describir sus variables, relacionarlas, formular un primer modelo, someterlo a prueba y perfeccionarlo tantas veces como sea necesario, hasta que sea capaz de construir una respuesta razonable, que pueda ser validada y aceptada por el grupo de estudio [7]. En este proceso y siempre que se cumplan ciertos requisitos, el uso de herramientas tecnológicas puede resultar un recurso clave, que permitiría acceder a representaciones y experimentaciones que no son posibles de recrear dentro de un aula habitual. Por ejemplo, la utilización de applets o simulaciones permiten el análisis y descripción de sistemas físicos “reales” a través de la construcción de un modelo matemático y su posible ejecución mediante la utilización de algún software; y por su parte, la utilización de software matemático permite el análisis del propio modelo matemático y sus componentes y características específicas. Por otro lado, la posibilidad de utilizar conjuntamente distintas herramientas informáticas permite considerar los conocimientos desde distintos sistemas de representación, lo cual permitiría favorecer su conceptualización [8].

Así, podemos decir que para dar respuesta a la pregunta de un REI, los estudiantes se involucran en un proceso de cuestionamiento, que implica de cierta manera una actividad científica: plantearse preguntas, desarrollar y usar modelos, interpretar datos, obtener conclusiones, etc. En este contexto, disponer y utilizar diversos recursos es fundamental. Sin embargo, el uso de recursos TIC no implica *per se* una mejora de los

procesos de enseñanza-aprendizaje [9], [10]. Los recursos pueden no hacer ninguna diferencia a menos que se utilicen de manera funcional al conocimiento. Tradicionalmente se los emplea de una manera ostensiva o mostrativa, considerando que sólo son instrumentos para realizar una tarea “más rápido” o “ver mejor” algún resultado, subestimando incluso el papel de los símbolos y signos del software. En contraposición, la TAD promueve la utilización de las TIC en medio de un dispositivo que favorece el cuestionamiento y como tal, los propios recursos son cuestionados, analizados y aclarados a la luz de si efectivamente permiten responder una pregunta.

3. El REI

El REI diseñado e implementado en esta investigación es codisciplinar en matemática y física. La pregunta generatriz es Q : *¿Por qué se cayó la Piedra Movediza de Tandil?* [7], [11], [12], [13], [14]. La denominada Piedra Movediza era una voluminosa “piedra oscilante” que durante miles de años permaneció en equilibrio al borde de un precipicio, en la cima de un cerro, hasta que a principios de siglo XX se cayó sin un motivo aparente. El REI pretende dar una respuesta “científica” a este problema, intentando dar cuenta de cómo se conservaba el equilibrio de dicho sistema y la posible causa de la caída, apoyados en la conjetura de que podría haber sido producto del fenómeno de resonancia mecánica, provocado por los propios lugareños que se acercaban al lugar para “poner ellos mismos en movimiento la piedra” [15], [16]. Esto requiere del estudio de una variedad de conocimientos físicos relativos a las oscilaciones mecánicas y de conocimientos matemáticos relativos a las funciones armónicas, que permiten modelar sistemas físicos existentes y también “nuevos”, más apropiados para el fenómeno real [13].

Por una cuestión de espacio, no nos detendremos en este trabajo sobre estos aspectos, pero presentamos en la *Figura 1* un mapa elaborado con la herramienta libre CmapTools que sintetiza todos los conocimientos matemáticos y físicos involucrados en el REI y sus relaciones. Puede encontrarse una construcción detallada de una respuesta a Q y de los conocimientos involucrados en [7], [11], [13].

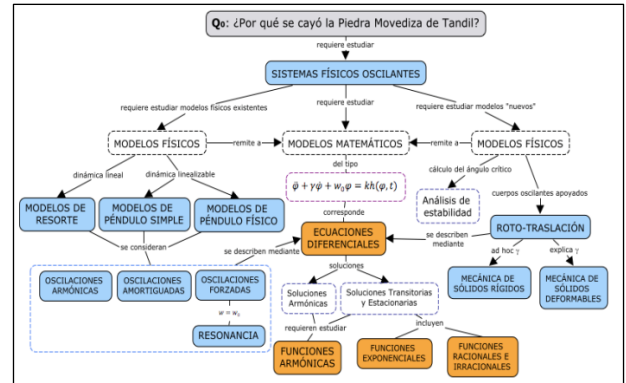


Figura 1. Mapa del REI

Este REI requiere diferentes recursos tales como: libros, textos científicos, internet, secuencias de actividades diseñadas por los investigadores. Además, se utilizan recurrentemente herramientas TIC: planillas de cálculo, calculadoras gráficas, software matemático como el GeoGebra, applets y physlets. En la siguiente sección describimos todos los recursos involucrados en las implementaciones, indicando cómo y para qué fueron utilizados.

4. Recursos utilizados en las implementaciones del REI

El REI se implementó cinco veces en distintas escuelas secundarias de la ciudad de Tandil. El propósito de cada grupo de clase fue estudiar la pregunta Q y aportarle una respuesta “científica”. En todos los recorridos realizados se pueden identificar la regularidad de ciertas epatas: revisión bibliográfica, estudio de conocimientos específicos (matemáticos y físicos) e interpretación y análisis de la resonancia en la Piedra. Se requirió del acceso a recursos variados, que fueron utilizados en distintos momentos del REI y en algunos casos se usaron más de uno a la vez y de manera conjunta y complementaria. Principalmente se destacan: *textos*, *páginas web*, *applet*, *physlet*, *GeoGebra*, *planillas de cálculo*. A continuación se describe el papel de cada uno de ellos en las distintas etapas del estudio en el aula.

En un REI, el profesor es quien propone la pregunta Q . En una primera etapa los estudiantes realizaron una revisión bibliográfica a partir de:

- *Textos*. Se consultaron una variedad de libros historiográficos, recortes de diario, crónicas, etc. para estudiar la historia de la Piedra Movediza de Tandil y sus principales características.
- *Búsqueda en la web*. Los estudiantes realizaron búsquedas en internet relativas a las conjeturas sobre la caída de la piedra, sus características morfológicas, datos específicos del sistema y sus condiciones.

En esta instancia se analizaron críticamente diversos textos aportados por el profesor, junto con libros de la biblioteca y el material disponible en internet, lo que

llevó a considerar algunas hipótesis (y textos) y desestimar otras. Esto marca una diferencia respecto de la enseñanza habitual tradicional, donde la utilización de textos se casi nula o se reduce a uno sólo que ha sido seleccionado por el profesor. Aquí, cada grupo de estudio contó con al menos diez textos e innumerables páginas web, cuya pertinencia debió ser analizada por los propios estudiantes.

En una etapa siguiente, relativa al estudio de los conocimientos específicos, los investigadores elaboraron un conjunto de situaciones de enseñanza, que en el marco de TAD se denominan Actividades de Estudio y de Investigación (AEI) [4], [5]. Estas AEI contenían un conjunto de tareas destinadas a estudiar la física de las oscilaciones mecánicas y las funciones armónicas, utilizando TIC. Esto generó diversas “salidas del tema”, gesto característico de una enseñanza por REI y particularmente de un estudio codisciplinar, porque es preciso “salir” el tema principal, para ir a estudiar otros y luego volver a ingresar para reinterpretarlos. Es decir, se generaron “salidas” para estudiar la física necesaria y “salidas” para estudiar la matemática, para luego utilizarlas de manera pertinente y funcional al problema considerado. Además fue necesario “salirse del tema” para estudiar las propias herramientas TIC, sus funciones, especificaciones, simbología, etc.

Para realizar las distintas tareas se utilizaron:

- *Applets*. El profesor creó un applet con el software GeoGebra para el estudio del MAS. Se realizó una simulación del sistema masa-resorte que permite establecer el valor del ángulo de fase φ y relacionarlo con las condiciones iniciales del movimiento. Se encuentra disponible en <https://www.geogebra.org/classic/wtyrwcgj>. A partir de este applet se estudiaron las características principales de este movimiento: oscilación, período, frecuencia y amplitud y los aspectos cinemáticos y dinámicos.
- *Physlets*. Se consideraron simulaciones de sistemas físicos disponibles en el sitio web *física con ordenador*¹ <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/oscilaciones/oscilacion.htm>. Se trata un curso interactivo de física general en internet, al que se puede acceder con una computadora, tablet o smartphone. También puede descargarse y utilizarse posteriormente sin conectividad en cualquier dispositivo. De este curso particularmente se utilizaron los physlets relativos a las oscilaciones amortiguadas y forzadas. A partir de ellos se analizó el movimiento de este tipo de sistemas, considerando la posición en función del tiempo y la variación de la energía en cada caso.
- *GeoGebra*. Se utilizó para analizar gráficamente:
 - Las funciones del tipo $f(x) = A \cdot \text{sen}(Bx + C) + D$ y $g(x) = A \cdot \text{cos}(Bx + C) + D$. Esto permitió hacer una primera distinción entre variables y parámetros. Se analizaron los cambios que produce la variación de los

parámetros A , B , C , y D y se consideraron a partir de ellos las distintas familias de funciones que generan. Posteriormente, esto sirvió para interpretar las ecuaciones de movimiento.

- Las ecuaciones que describen el MAS: posición $x(t) = A \cdot \text{cos}(wt)$, velocidad $v(t) = -Aw \cdot \text{sen}(wt)$, fuerza $f(t) = -kA \cdot \text{cos}(wt)$ y aceleración $a(t) = -Aw^2 \cdot \text{cos}(wt)$, siendo A la amplitud, w la frecuencia y k la constante del resorte. A partir de los gráficos se analizaron los extremos de cada trayectoria, la posición de equilibrio y la amplitud, comparándolos con distintos tramos del sistema masa-resorte del applet.
- La energía total de un oscilador armónico considerando la representación funcional de la energía cinética (E_c) y la energía potencial (E_p): $E_c(t) = \frac{1}{2}kA^2 \text{sen}^2(wt + \varphi_0)$ y $E_p(t) = \frac{1}{2}kA^2 \text{cos}^2(wt + \varphi_0)$. Se graficaron cada una de estas energías tomando las condiciones iniciales del oscilador del applet. Se compararon estas gráficas con la de $x(t)$ y con los distintos tramos del applet masa-resorte, analizando la E_c y E_p en cada caso.
- Las soluciones de las ecuaciones que modelan los sistemas amortiguados y forzados: $x_A(t) = Ae^{-\gamma t} \cdot \text{cos}(wt + \varphi_0)$, $x_F(t) = A_M \cdot \text{cos}(wt - \varphi_0)$, con γ el coeficiente de amortiguación y φ_0 la fase. Se realizaron también los gráficos de las funciones que modelan la amplitud de estos sistemas. Por ejemplo, se graficó por un lado la función dada por $x_A(t) = Ae^{-\gamma t} \cdot \text{cos}(wt + \varphi_0)$ y por el otro, $f(t) = Ae^{-\gamma t}$ lo que permitió observar cómo el decrecimiento de la oscilación tiene un comportamiento exponencial. Análogamente se analizó el caso de las oscilaciones forzadas, considerando la función amplitud A_M .
- La función amplitud que modela el movimiento de la Piedra Movediza como sistema amortiguado y forzado: $\varphi(t) = \frac{M_0/I}{\sqrt{(w_0^2 - w^2)^2 + w^2\gamma^2}}$. Considerando el valor del ángulo máximo de oscilación posible [7, 8], se analizaron diversos casos que permitieron establecer posibles condiciones en las que la función A_m adopta valores superiores a él, lo que significa que la piedra se cae.
- *Planillas de Cálculo*. Se construyeron tablas de valores para analizar numéricamente las funciones mencionadas anteriormente y el significado de esos valores en los gráficos. También se construyeron tablas para estimar distintas condiciones del sistema real, por ejemplo, la amortiguación γ y la fuerza externa M_0 .

Por medio de todas estas herramientas se obtuvieron resultados en distintos marcos de solución y se compararon. Esto permitió que gran parte de los conceptos estudiados fueran reinterpretados de manera

funcional al problema. Por ejemplo, los parámetros de las funciones armónicas que fueron analizados con el GeoGebra, fueron reinterpretados en los Applet y physlet considerando el movimiento oscilatorio y posteriormente considerando el caso particular de la Piedra Movediza. El análisis de un resultado a partir de distintos sistemas de representación es un gesto infrecuente en la enseñanza habitual.

A continuación describimos algunas de las tareas realizadas como parte del REI que nos permiten ejemplificar cómo se utilizaron todos estos recursos.

4.1. Algunos ejemplos

El estudio del Movimiento Armónico Simple (MAS) se se llevó a cabo a partir de un conjunto de situaciones de enseñanza basadas en simulaciones realizadas con GeoGebra sobre el sistema masa-resorte horizontal considerando las características del MAS. La Figura 2 representa una visualización de el Applet utilizado.

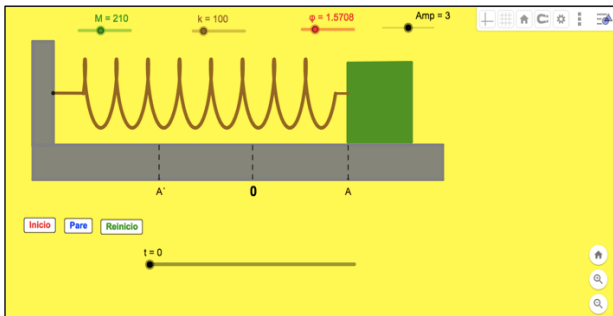


Figura 2. Visualización del applet masa-resorte. Disponible en: <https://www.geogebra.org/classic/wtvrwcj>

El profesor decidió utilizar primero el Applet sin visualizar los deslizadores, creados para modificar las condiciones iniciales del problema, de modo que los estudiantes anticiparan las características de este tipo movimiento. En la Figura 3, se muestran las anticipaciones relativas a la posición del resorte, la velocidad y la fuerza. También se consideraron los diferentes factores que podrían influir en ese movimiento: peso del objeto, material y tipo de resorte, “fuerza inicial”. Se analizaron, además, los conceptos de ciclo y frecuencia.

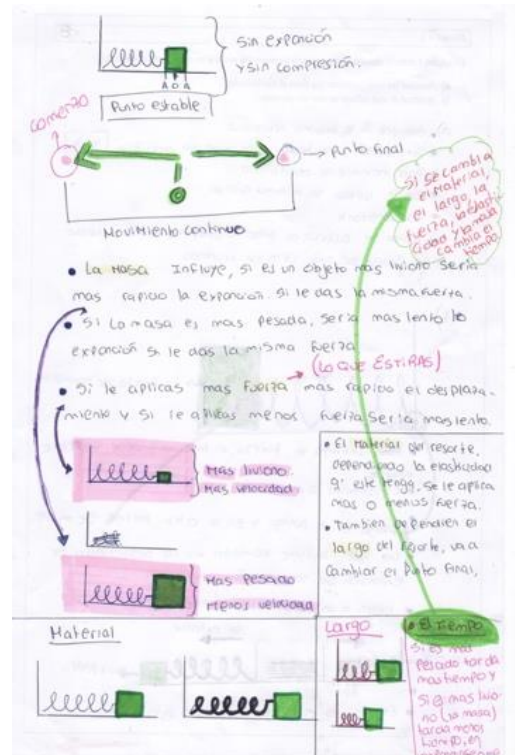
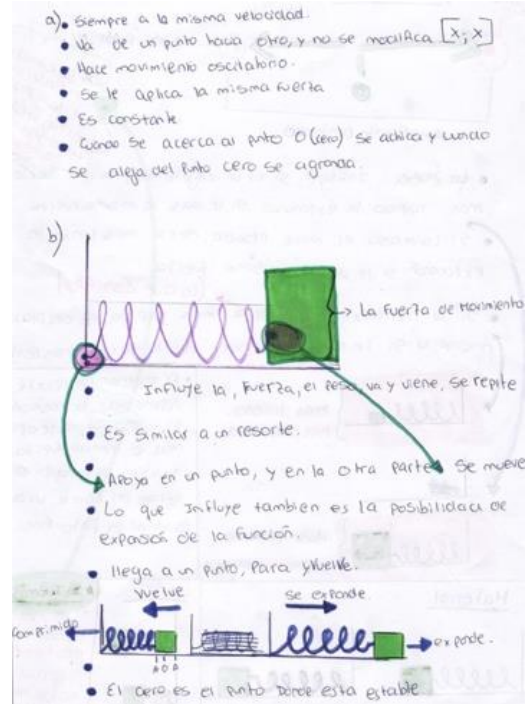


Figura 3. Algunas anticipaciones realizadas por los estudiantes Fuente: datos de la Investigación

Posteriormente, los estudiantes accedieron al applet desde sus computadoras y Smartphones, con la opción de usar los deslizadores y variar la masa m , la constante del resorte k , la amplitud A y el ángulo de fase ϕ . Esto permitió comprobar o desestimar alguna de las anticipaciones realizadas. El análisis conjunto de estos conceptos permitió definir el MAS e identificar algunos puntos clave de la oscilación, que permitieron considerar 4 tramos del movimiento que serían analizados.

Considerando estos tramos (Figura 4) se analizó la evolución temporal del sistema masa-resorte. Se analizaron las magnitudes: posición, velocidad y fuerza y se realizó de manera estimada una representación gráfica en función del tiempo de cada una. Esto fue contrastado luego a partir de las ecuaciones generales del movimiento, que se analizaron gráficamente utilizando el GeoGebra. Todas estas representaciones del MAS fueron comparadas y cada uno de los conceptos fue reinterpretado en cada modelo, tal como se muestra en la Figura 4, donde se aprecia que en la representación gráfica los estudiantes identifican los tramos del movimiento, cuando se cumple un ciclo, los máximos y mínimos. Las simulaciones tratadas de esta manera conjunta en la clase, contribuyeron al estudio del MAS al permitir considerar dicho movimiento en distintos sistemas de representación mientras se toma en cuenta la variación y los valores que adoptan las distintas magnitudes en función del tiempo.

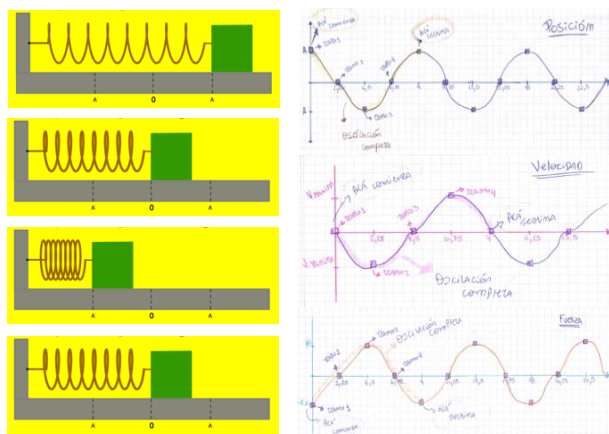


Figura 4. Relaciones entre algunos tramos del movimiento y la representación funcional de la posición, la velocidad y la fuerza. Fuente: datos de la Investigación

Por otro lado, podemos ejemplificar cómo las TIC se utilizaron de manera conjunta y complementaria, para estudiar un modelo de la Piedra Movediza y la resonancia. Dicho sistema se consideró como un sistema oscilante amortiguado y forzado y el profesor propuso el siguiente modelo matemático para describirlo:

$$\varphi(t) = A_M \cos(\omega t - C)$$

La amplitud A_M y la fase C vienen dados por

$$A_M = \frac{M_0/I}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \omega^2 \gamma^2}} \quad C = \text{tg}^{-1} \left(\frac{\gamma \omega}{\omega_0^2 - \omega^2} \right)$$

con:

M_0 es la intensidad de la fuerza del torque externo ejercido,

I es el momento de inercia,

ω_0 es la frecuencia propia de oscilación del sistema,

ω es la frecuencia del torque externo.

En esta instancia, se utilizaron principalmente el GeoGebra y las planillas de cálculo, que permitieron

analizar la plausibilidad de la conjetura de la caída por resonancia con cálculos y gráficos.

Primero, los estudiantes realizaron diversas búsquedas en internet relativas a la fuerza promedio que podría ejercer un hombre. Se realizaron tablas de valores utilizando el Excel para determinar posibles torques, considerando los valores encontrados, la cantidad de hombres que podrían haber ejercido el torque, la distancia del brazo de palanca. Luego, se realizaron diferentes parametrizaciones fijando ciertos valores, como la inercia y la frecuencia natural (que son datos que se encuentran en la bibliografía disponible y fueron proporcionados por el profesor), y variando otros, como la amortiguación y los torques posibles. Considerando el valor máximo de oscilación permitido (calculado a partir de algunas estrategias geométricas sencillas [7]) se analizaron diferentes casos que les permitieron a los estudiantes elaborar su respuesta final.

Por ejemplo, en la Figura 5 se puede ver la solución de un grupo de estudio que consideró que la piedra podría haber sido empujada por entre 2 a 4 personas y que la fuerza promedio que cada una podía ejercer era de entre 40 y 70 kg, por lo que se estableció un rango de posibles torques entre [11000; 19000] Nm. Se tomó $\omega = 6,28\text{Hz}$ y se estimó un coeficiente de amortiguación del orden de 10^{-2} (particularmente aquí $\gamma = 0.015$). Se analizaron cuáles eran los casos en que las funciones graficadas superaban el valor de la recta $y = 0,11$ (0,11 rad es el ángulo crítico de oscilación). Se pudo comprobar que para determinados torques la piedra se caía. En el gráfico se puede ver que esta condición se cumple para la función de color amarillo.

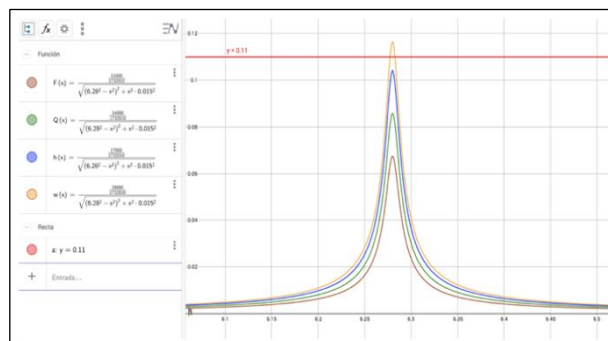


Figura 5. Visualización de una respuesta realizada con GeoGebra. Fuente: datos de la Investigación

Por otro lado, también se realizaron tablas de valores para analizar numéricamente el comportamiento de la función amplitud y comparar con los gráficos realizados. En la Figura 6 se puede ver un ejemplo de las planillas de cálculo utilizadas, en este caso, tomando como variable es el coeficiente de amortiguación γ . Así, se consideraron distintos torques, en la condición de resonancia, haciendo $\omega = \omega_0$, entonces $\varphi_M = \frac{M_0/I}{\omega^2 \gamma^2}$ y se varió la amortiguación tomando $0,010 \leq \gamma \leq 0,022$. En estas tablas, las filas pintadas de naranja indican las condiciones en que la amplitud máxima supera el

ángulo crítico (0,11 rad), lo que indicaría que la piedra se cayó.

The figure displays four spreadsheets, labeled 'Caso 1' through 'Caso 4', each containing data for three variables: Frecuencia propia (Natural Frequency), Inercia (Inertia), and Torque. Each spreadsheet has two columns: 'Amortiguación' (Damping) and 'Amplitud Máxima' (Maximum Amplitude). The data points are numerical values, with some cells highlighted in orange. For example, in 'Caso 1', the natural frequency is 6,28, inertia is 1732010, and torque is 10000. The damping values range from 0,01 to 0,023, and the maximum amplitude values range from 0,091936922298 to 0,041789510136.

Figura 6. Planillas realizadas por los estudiantes.
Fuente: datos de la Investigación

Este análisis permitió establecer una serie de condiciones, compatibles con el sistema real, que justificaría la conjetura de que la piedra se pudo caer por efecto de la resonancia. Además permitió que los estudiantes analizaran las posibilidades desde diferentes sistemas de representación y finalmente, con todo esto, elaborar una respuesta a Q.

Conclusiones

En este trabajo describimos los recursos utilizados durante el desarrollo de un Recorrido de Estudio y de Investigación en la escuela secundaria. En el marco de la TAD, la enseñanza basada en el cuestionamiento requiere de un uso de los recursos diferente al que se le asigna tanto en los enfoques habituales de *inquiry based learning (IBL)* como en la enseñanza monumental. En un REI, los recursos deben ser funcionales al problema que se estudia y colaborar con la elaboración de respuestas posibles.

En nuestro caso, se destaca el papel de las TIC durante el desarrollo del REI en las aulas, y los resultados obtenidos son auspiciosos en términos de la actividad matemática y física que se ha generado. Por ejemplo, la utilización de applets, physlets, planillas de cálculo y graficadores colaboraron en la realización de las actividades de modelización, usualmente ausentes en la escuela secundaria. Se destaca la actividad matemática de parametrización de funciones y la interpretación de los resultados considerando sistemas físicos, lo cual resultó favorecido porque las herramientas mencionadas amplían los sistemas de representación disponibles.

Sin embargo, el profesor enfrentó diversas dificultades a nivel institucional y también de infraestructura. Por un lado, existe una desvinculación entre la disciplina informática, donde se debería enseñar a usar los recursos, y el resto de las materias (en este caso particular, la matemática) donde se debería emplearlos. Habitualmente en la clase de informática se proponen actividades que subvalúan el potencial de las TIC. Esto generó que el profesor a cargo del REI haya tenido que

dedicar un tiempo para enseñar cómo usar la mayoría de las herramientas: desde cómo consultar páginas web y analizar su confiabilidad, hasta los comandos e interface del software. Por ejemplo, en el caso del GeoGebra el profesor destinó una clase entera a enseñar sus características principales, sus componentes, cómo introducir una función, etc.

Por otro lado, las condiciones de infraestructura generaron dificultades, ya que no todos los establecimientos cuentan con el acceso libre a la biblioteca, con una conexión a internet segura y de calidad, con espacios flexibles para el uso de dispositivos tecnológicos, etc.

A nivel didáctico, el momento en que se usaban las TIC, o una determinada herramienta, y bajo qué condiciones fueron responsabilidad del profesor. Él proporcionó la mayoría de los recursos y arbitró la gestión de los mismos sin poder dar lugar a que los estudiantes intervengan, debido a que estos no están habituados a usar las TIC de manera funcional en las clases. Esto lleva a plantearse el carácter transversal de las TIC o la necesidad de un abordaje interdisciplinar, para el cual aún no existen condiciones institucionales. Por ejemplo, los applets y physlets, fueron construidos previamente por los investigadores y sería deseable también que fueran los estudiantes quienes pudiesen generarlos. Se espera que en futuras implementaciones, la inclusión de contenidos de programación en la disciplina informática, permita que los estudiantes construyan sus propios recursos y que decidan cuándo y cómo utilizarlos.

Notas

¹ Á. F. García. Universidad del País Vasco (España). Disponible: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>

Referencias

- [1] M. R. Otero, M. A. Fanaro and V. C. Llanos, “La Pedagogía de la Investigación y del Cuestionamiento del Mundo y el Inquiry: un análisis desde la enseñanza de la Matemática y la Física,” *REIEC*, vol. 8, no. 1, pp. 77-89, June 2013.
- [2] Y. Chevallard, (2007). *Passé et présent de la théorie anthropologique du didactique* [Online]. Available: <http://yves.chevallard.free.fr/>
- [3] Y. Chevallard (2009). *La notion de PER: problèmes et avancées* [Online]. Available: <http://yves.chevallard.free.fr/>
- [4] Y. Chevallard (2013). *Éléments de théorie anthropologique du didactique (TAD) Une initiation à la didactique fondamentale* [Online]. Available: <http://yves.chevallard.free.fr/>

[5] M. R. Otero, M. A. Fanaro, A. Corica, V. C. Llanos, P. Sureda and V. Parra, *La Teoría Antropológica de lo Didáctico en el Aula de Matemática*. Tandil: Dunken, 2013.

[6] V. Parra and M. R. Otero, “Antecedentes de los Recorridos de Estudio e Investigación (RED): características y génesis,” *REIEC*, vol. 13, no. 2, pp. 1-18, Dic 2018.

[7] M. P. Gazzola, “Diseño, implementación y análisis de un Recorrido de Estudio e Investigación co-disciplinar en matemática y física en la Escuela Secundaria,” Tesis Doctoral, UNICEN, Tandil, Argentina, 2018.

[8] M. P. Gazzola, M. R. Otero, V. C. Llanos and M. Arlego, “El uso de simulaciones en el aula para vincular los modelos físicos y matemáticos asociados,” in *Actas de las Jornadas Virtual USATIC 2018*, 2018, p.152.

[9] M. R. Otero, I. M. Greca and F. Long da Silveira, “Imágenes visuales en el aula y rendimiento escolar en física: un estudio comparativo,” *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 2, no. 1, pp. 1-30, 2003.

[10] V. López Simó, “El papel de las tic en la enseñanza de las ciencias en secundaria desde la perspectiva de la práctica científica,” *Revista Enseñanza de las Ciencias*, no. extraordinario, pp. 691-697, 2017.

[11] M. R. Otero, V. C. Llanos and M. Arlego, “Development of research and study paths in the pre-service teacher education,” *European Journal of Educations Studies*, vol. 8 no. 3, pp. 214-240, 2017.

[12] M. P. Gazzola, M. R. Otero, V. C. Llanos and M. Arlego, “Enseñanza por investigación en la escuela secundaria: diseño, implementación y análisis de Recorridos de Estudio y de Investigación codisciplinarios en matemática y física,” in *Actas del Segundo Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias y la Matemática (2 CIECyM) y Tercer Encuentro Nacional de Enseñanza de la Matemática (3 ENEM)*, Tandil, 2016, pp. 671-677.

[13] M. R. Otero, M. P. Gazzola, V. C. Llanos and M. Arlego, “Co-disciplinary Physics and Mathematics Research and Study Course (RSC) within three study groups: teachers-in-training, secondary school students and researchers,” *Science, Mathematics and ICT Education*, vol. 10, no. 2, pp. 55- 78, Dic. 2016.

[14] M. P. Gazzola, M. R. Otero, V. C. Llanos and M. Arlego, “Enseñanza co-disciplinar a la Física y la Matemática en la Escuela Secundaria por medio de Recorridos de Estudio y de Investigación,” *Revista de Enseñanza de la física*, no. especial, pp. 117-124, 2015.

[15] E. El Hage and P. Levy, *La Piedra viva*. 2nd ed. Tandil: Artes Gráficas, 2012.

[16] R. Rojas, *La Piedra Muerta*. Buenos Aires: Martín García, 1912.

[17] M. H. Peralta, N. L. Ercoli, M. L. Godoy, I. Rivas, M. I. Montanaro and R. Bacchiarello, “Proyecto estructural de la réplica de la piedra movediza: comportamiento estático y dinámico”, in *XX Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural*, Buenos Aires, 2008.

Información de Contacto de los Autores:

María Paz Gazzola
NIECyT - Pinto 399
Tandil
Argentina
mpgazzola@exa.unicen.edu.ar

María Rita Otero
NIECyT - Pinto 399
Tandil
Argentina
rotero@exa.unicen.edu.ar

Viviana Carolina Llanos
NIECyT - Pinto 399
Tandil
Argentina
vcllanos@exa.unicen.edu.ar

María Paz Gazzola
Doctora en Enseñanza de las Ciencias. Mención Matemática, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN). Becaria CONICET, Investigadora del NIECyT (UNICEN).

María Rita Otero
Doctora en Enseñanza de las Ciencias, Universidad de Burgos (UBU); Investigador Principal del CONICET, Directora del NIECyT (UNICEN).

Viviana Carolina Llanos
Doctora en Enseñanza de las Ciencias. Mención Matemática, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN). Investigadora Asistente del CONICET, Investigadora del NIECyT (UNICEN).