

## **Análisis del discurso de estudiantes de ingeniería respecto de una actividad didáctica mediada por TIC sobre Movimiento Oscilatorio**

Claudio Enrique<sup>1</sup>Marta Yanitelli<sup>2</sup>Silvia Giorgi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *UDB Física, Departamento de Materias Básicas, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe*

<sup>2</sup> *Departamento de Física y Química, Facultad de Cs Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario*

<sup>3</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral*

cenrique@frsf.utn.edu.ar, myanitel@fceia.unr.edu.ar,  
sgiorgi@fiq.unl.edu.ar

### **Resumen**

Este trabajo presenta el análisis del discurso de estudiantes de ingeniería sobre una intervención didáctica mediada por TIC sobre los Movimientos Oscilatorios. Para ello, se diseñó como instrumento de recolección de información un cuestionario orientado a detectar aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales que pusieron en juego en una clase con asistencia de sistemas de toma de dato en tiempo real y en experiencias con Laboratorios Virtuales de Aprendizaje. Los testimonios registrados se contrastaron con los distintos Perfiles Conceptuales de estos aprendices, de modo de establecer el contexto desde el que elaboraron sus respuestas. Los resultados preliminares fueron muy interesantes desde el punto de vista de la evaluación educativa, presente en una propuesta innovadora con las TIC.

**Palabras Clave:** Mecánica clásica – Movimiento Oscilatorio – TIC – Enseñanza en Ingeniería.

### **1. Introducción**

Este trabajo forma parte de una tesis doctoral titulada “Integración Conceptual de los Movimientos Oscilatorios Armónico y Amortiguado a través de Actividades Problemáticas Significativas Mediadas por TIC en el Nivel Universitario Básico: Diseño, Desarrollo y Evaluación”, en donde la

investigación se llevó adelante con el objetivo general de analizar los procesos de comprensión que ponen en juego los estudiantes cuando enfrentan actividades que incorporan TIC en el estudio de los Movimientos Oscilatorios Armónico Simple (MAS) y Amortiguado (MOA). Interesó específicamente:

- Evaluar una propuesta de intervención didáctica, centrada en estrategias de comprensión mediada por TIC, para favorecer la construcción de conceptos asociados a sistemas oscilatorios.
- Identificar indicadores de comprensión derivados de la implementación de la propuesta didáctica.
- Caracterizar los Perfiles Conceptuales desarrollados por los estudiantes y su evolución temporal durante el estudio de los movimientos oscilatorios.

En este contexto, en el presente trabajo se procedió a analizar las “voces” – presentes en el discurso - de estudiantes de ingeniería sobre la propuesta de intervención didáctica mediada por TIC sobre los Movimientos Oscilatorios (MO) a partir de los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales que pusieron en juego.

### **2. Referentes Teóricos**

En esta investigación se tuvieron como referentes las teorías del Aprendizaje Significativo de Ausubel y Sociocultural de Vygotsky; como así también la noción de Perfil Conceptual de Mortimer.

Un aspecto fundamental que tiene en cuenta la primera de ellas son los saberes previos del alumno, dado que según [1], el aprendizaje significativo se produce cuando el estudiante da sentido o establece relaciones entre los nuevos conceptos - o la nueva información - y los conceptos y conocimientos existentes - o con alguna experiencia anterior -. Esta interacción ocasiona que las nuevas informaciones adquieran significado y sean integradas a la estructura cognitiva de manera no arbitraria y sustancial, favoreciendo la diferenciación, evolución y estabilidad de los subsunores preexistentes y, consecuentemente, de la estructura cognitiva.

Otra de las condiciones para que se produzca el aprendizaje significativo es que el material a ser aprendido sea relacionable, de manera sustantiva y no literal, a la estructura cognitiva de quien aprende [2]. Un material que posee esas características sería factible de ser aprendido significativamente [3]; de lo contrario, el aprendizaje puede ser mecánico o automático.

En relación con los materiales computacionales y su contexto educacional, resulta evidente que la tecnología, por sí misma, no puede resolver los problemas de la enseñanza. No obstante, puede ser una herramienta que, como cualquier otro artefacto, puede facilitar la ejecución de una actividad determinada; en consecuencia, lo importante es la manera en cómo se usa. Desde la perspectiva de la teoría del Aprendizaje Significativo, esta interrelación entre el contenido o el material a aprender, junto a la predisposición del estudiante, puede provocar un nuevo conocimiento significativo, siempre y cuando haya sido incorporado de modo coherente a los esquemas cognitivos del alumno, propiciándose “una reestructuración de los contenidos anteriores sobre la misma área representacional de manera cualitativa”, y produciendo “un conocimiento más firme, duradero y con menos posibilidad de ser olvidado en el tiempo” [4].

Lo expuesto anteriormente fundamenta la importancia que tiene la realización de actividades de aprendizaje que promuevan el análisis de los fenómenos físicos por parte del

alumno, que utilicen un soporte visual importante, que propicien la motivación y el trabajo colaborativo entre los estudiantes [3]. En este trabajo se considera que todos estos aspectos deben ser contemplados cuando se diseñan actividades tanto con software de simulación como con equipos de adquisición de datos en tiempo real.

La teoría sociocultural de Vygostky considera que todas las actividades humanas, entre ellas las de aprendizaje, están mediadas por instrumentos de naturaleza sociocultural. Las herramientas y los símbolos son aspectos de un mismo fenómeno que se conjugan en todo artefacto cultural [5].

Esto nos dirige a una de las tesis fundamentales de la perspectiva sociocultural, que es la consideración de la mente humana como mediada por instrumentos. Uno de los agentes mediadores son los instrumentos psicológicos, que son los que “transforman la interacción no mediada del ser humano con el mundo en una interacción mediada” [6]. Es en esta dirección donde se encamina la propuesta de considerar a las TIC como herramientas cognitivas o mindtools [7]. Dicho de otro modo, son “instrumentos que permiten que las personas, en general, y los aprendices, en particular, representen de diversas maneras su conocimiento y puedan reflexionar sobre él, apropiándose de manera más significativa” [8]. Desde esta perspectiva, las TIC constituyen un medio de representación y comunicación novedoso, cuyo uso puede introducir modificaciones importantes en determinados aspectos del funcionamiento psicológico de las personas; un medio que, si bien no constituye en sentido estricto un nuevo sistema semiótico – puesto que utiliza fundamentalmente sistemas semióticos previamente existentes, como el lenguaje oral y escrito, la imagen audiovisual, las representaciones gráficas, etc. –, crea, a partir de la integración de tales sistemas, condiciones totalmente nuevas de tratamiento, transmisión, acceso y uso de la información [8].

Por otra parte, Vigotsky planteó dos niveles de desarrollo en los sujetos: el nivel actual de desarrollo y la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP), la que se encuentra en proceso de

formación, es el desarrollo potencial al que el sujeto puede aspirar. La ZDP “se puede concebir como una zona donde los conceptos científicos presentados por los enseñantes interaccionan con los conceptos espontáneos que ya poseen” [6]. Este concepto es básico para los procesos de enseñanza y aprendizaje, pues los docentes deben tomar en cuenta el desarrollo del estudiante en sus dos niveles: el real y el potencial para promover niveles de avance y regulación.

En este esquema tiene una vital importancia el concepto de Perfil Conceptual de Mortimer, en el cual “la intención es construir un modelo para describir la evolución de las ideas tanto en el espacio social de la clase como en los individuos, a consecuencia del proceso de aprendizaje” [9].

Los Perfiles Conceptuales (PC) se consideran como una perspectiva o un referente teórico y metodológico para pensar el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias o la educación en ciencias. En los PC se contempla que en cualquier cultura o persona no existe una forma homogénea de pensar, sino diferentes tipos de pensamiento verbal. Esta heterogeneidad del pensamiento verbal reconoce la coexistencia en el individuo de dos o más significados para una misma palabra o concepto [10], que se emplean de modo correcto en diferentes contextos. Esta coexistencia es posible también en un concepto científico en el que la visión clásica y moderna de un mismo fenómeno no es siempre equiparable. En este contexto, la evolución conceptual no es entendida como la sustitución de las concepciones previas de los aprendices por ideas científicas, sino como un enriquecimiento del espectro de ideas de las que se dispone para la comprensión de un asunto dado [9] [10]. El aprendizaje de las ciencias debe hacer énfasis en el “esfuerzo por aumentar la capacidad de los estudiantes de distinguir entre las concepciones apropiadas para cada contexto específico” [11], y no el esfuerzo para cambiar las concepciones ya existentes entre los estudiantes [9].

Así, cualquier problema u objeto, según este principio de la pluralidad representacional, sería susceptible de ser analizado o representado de

formas alternativas, que implicarían de hecho diferentes niveles de análisis, jerárquicamente organizados, basados en estructuras conceptuales de diferente complejidad, que pueden ser analizados mediante las zonas de los distintos PC. Las diversas teorías deberían ser susceptibles de encajarse o integrarse unas en otras, de tal modo que existiera una secuencia de construcción necesaria, pero también una integración genética de unos modelos en otros.

### 3. Descripción de la investigación

Como se mencionó anteriormente esta investigación es parte de una más amplia, desarrollada en el marco de una tesis de doctorado, en la que se realizaron distintas acciones:

- Se diseñó, elaboró, y validó un cuestionario para, en primera instancia, identificar los conocimientos previos sobre sistemas oscilatorios que disponían un grupo de alumnos de ingeniería que cursaban Física I [12].

- En base a los resultados del pretest, se diseñaron y valoraron actividades para el aprendizaje de los MO mediadas por TIC, en particular, con sistemas de adquisición de datos en tiempo real y laboratorios virtuales de aprendizaje (LVA [13].

- Se analizaron los resultados con los LVA, dado que fueron las actividades donde los alumnos participaron activamente en la gestión de sus conocimientos [14].

- Posteriormente al desarrollo de las intervenciones didácticas mencionadas se procedió a la administración, a modo de postest, del mismo cuestionario que se usó como pretest a fin de facilitar a continuación un estudio comparativo.

- Finalmente, se elaboraron, evaluaron y compararon los PC de estos alumnos [15]. Cabe destacar como característica novedosa, la inclusión del análisis del grado de confianza de cada sujeto en sus respuestas tanto al pretest como al postest.

Particularmente en esta indagación, participaron cinco alumnos, que fueron identificados como 6; 17; 35; 42; y 47. Cada uno de estos estudiantes fue considerado como un caso. El caso en sí mismo se considera importante por lo que puede revelar acerca del evento educativo, ya sea, dando lugar al descubrimiento de nuevos significados, ampliando la experiencia del investigador o confirmando lo que ya conoce [16].

Cabe aclarar que los casos identificados como 6, 17; 35; y 42, aprobaron Física I por promoción directa, mientras que el caso 47 al momento de la entrega del cuestionario se encontraba recursando la materia.

Si bien el tema sobre MO se desarrolló durante el mes de octubre del año 2017, este cuestionario fue presentado para la misma fecha, pero del año 2019. Se entregó digitalmente a cada uno de los estudiantes vía correo electrónico, y se estableció una fecha de entrega.

Al incorporar sus “voces”, nos preguntamos qué “huellas” dejaron en estos estudiantes la lectura, manipulación, interpretación, y asimilación de los mensajes propios de una acción comunicativa con TIC tendiente a favorecer los aprendizajes sobre los MO.

Como instrumento de recolección de datos se elaboró un cuestionario orientado a detectar aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales que pusieron en juego estos alumnos en una clase con asistencia de sistemas de toma de dato en tiempo real y en experiencias con LVA. De manera resumida, el cuestionario estuvo conformado por una presentación que ofició de recordatorio, seguido de preguntas asociadas a:

1. Las experiencias demostrativas introductorias, desarrolladas en la primera clase con sensores con toma de datos en tiempo real y su visualización en una pantalla sobre el MAS y el MOA descrito por los péndulos: simple y físico;

2. Los LVA, en los que se llevaron a cabo experiencias con simulaciones de los

movimientos de un péndulo simple y otro de resorte;

3. La transferencia de los resultados; y

4. Los aspectos emocionales y actitudinales involucrados en el uso de las TIC.

Estos ítems constituyeron las categorías sobre las que se efectuó un análisis global del discurso de los estudiantes por una parte y un análisis descriptivo minucioso por otra.

#### 4. Resultados

A continuación, se presentan los resultados correspondientes al análisis global del discurso de los estudiantes efectuado a partir de las respuestas al cuestionario. Se analizó para cada alumno la cantidad de palabras presentes en cada una de las cuatro categorías. Los resultados se muestran, en porcentaje, en la siguiente Tabla:

Categoría	Alumno 6	Alumno 17	Alumno 35	Alumno 42	Alumno 47
1. Experiencia introductoria con sensores	17,4 %	16,0 %	16,3 %	13,6 %	1,6 %
2. Experiencia con simuladores de péndulo simple y de resorte	36,5 %	37,4 %	36,0 %	39,9 %	35,9 %
3. Transferencia de resultados	18,9 %	19,1 %	27,0 %	23,4 %	19,0 %
4. Aspectos emocionales y actitudinales	27,2 %	27,5 %	20,7 %	23,2 %	43,5 %
Cantidad total de palabras	924	570	781	509	184

En líneas generales se observa que:

- las experiencias con sensores, presentada en la primera clase sobre MO, fueron recordadas por todos excepto el alumno 47;

- se observaron descripciones más detalladas sobre los LVA. Esto resulta razonable de esperar, dado que en esta instancia de la intervención didáctica fueron los estudiantes quienes participaron activamente en el desarrollo de las acciones con simulaciones;

- la transferencia de los resultados fue similar en todos los aprendices, siendo mayor en el identificado como 35;

- en relación a los aspectos emocionales y actitudinales, no existen diferencias apreciables, con excepción del alumno 47 que registra el mayor porcentaje.

De la cantidad de palabras presentes en el discurso, se desprende que, en orden decreciente, los alumnos que más han escrito fueron: 6; 35; 17; 42; y 47.

A continuación, se presenta un análisis descriptivo para cada categoría de preguntas.

#### 4.1. Experiencia introductoria con sensores

Los alumnos 6; 17; 35; y 42 recordaron las gráficas de tipo periódicas, que se obtuvieron con sensores de toma de datos en tiempo real, como el caso de las funciones seno y coseno para el MAS, y para el MOA “disminuían su amplitud, debido al amortiguamiento, hasta ser prácticamente nulas, en el momento que el péndulo se detiene” (alumno 35). Una respuesta similar se registró por parte del alumno 42. Los otros dos estudiantes al referirse al MOA recurrieron a una idea previa errónea al confundir la disminución de la amplitud del movimiento con la del “período”, aunque dicho movimiento ya no resulta ser periódico, en particular el alumno 17 consignó: “para el caso amortiguado tenían la particularidad de que estos periodos iban disminuyendo a medida que pasaba el tiempo”. Además, la mayoría reconoció las gráficas porque las habían estudiado con anterioridad en la materia Análisis Matemático I. Destacaron que las gráficas brindadas por el programa en tiempo real en ambos movimientos les permitieron ver “cómo van variando las características de dichos movimientos según como se cambien los distintos factores que lo afectan (longitud del hilo, características de la fuerza de restitución)” (alumno 6); o resaltando que “pasar lo descrito gráficamente gracias a los sensores, a una forma analítica, aplicando funciones trigonométricas para esto, que hasta ese momento personalmente nunca las había utilizado” (alumno 17); dado que “el sensor ayudó mucho en la precisión de toma de datos, ya que sin el sensor, se deberían medir las magnitudes de forma manual y las imprecisiones humanas se harían notables” (alumno 35); y “entender como la física se asocia a la matemática, con un ejemplo muy claro como lo es el de un movimiento armónico” (alumno 42). Por su parte, el alumno 47 declaró “No lo recuerdo”.

#### 4.2. Experiencia con simuladores de péndulo simple y de resorte

El alumno 35 recordó las experiencias con los simuladores sobre el MAS y el MOA: “Se utilizaron dos simuladores: una con un simulador de un péndulo simple, en el cual se podía modificar la longitud, la masa, la amplitud y la aceleración de la gravedad. El segundo simulador, consistía en un péndulo de resorte, en el cual se podía modificar la masa. Este último tenía la opción de considerar la amortiguación”. Los aprendices 6 y 17 sólo recuerdan algunas de las experiencias con el MAS haciendo énfasis en la posibilidad de vincular el período de un péndulo, con diferentes parámetros como el ángulo de restitución, la longitud del hilo empleado y de reconocer diferencias y/o similitudes entre los casos analizados; mientras que los estudiantes 42 y 47 sólo mencionaron los dos tipos de péndulos empleados. También destacaron que “el trabajo se llevó a cabo con la finalidad de mostrar un análisis simultáneo de las diferentes variables mecánicas de ambos péndulos” (alumno 47); de modo de “observar el comportamiento del movimiento oscilatorio simple, el cual, en la realidad es muy difícil de encontrar” (alumno 42); porque el “movimiento oscilatorio simple (no amortiguado), ya que en la realidad, esto es prácticamente imposible de lograr debido al rozamiento existente en el punto fijo y el rozamiento con el aire” (alumno 35); “el fin de corroborar que los movimientos dados “respeten” las ecuaciones que se dieron analíticamente en clases. Así como también ver que otros factores los afectan” (alumno 17); y “para verificar la veracidad de lo empleado teóricamente aplicado en la vida real, conocer, apreciar las variables que afectan en el MAS, las gráficas del mismo, afianzar dichos conocimientos con la experiencia práctica” (alumno 6).

Todos ellos mencionaron que nunca habían trabajado con LVA. Por ello, algunos tuvieron dificultades en su uso, por lo que manifestaron la necesidad de contar con un tutorial al respecto, considerando además que algunos de los applets hacen uso del idioma inglés que algunos estudiantes no manejaban. También expresaron que se familiarizaron con su uso mediante prueba

y error, uso de bibliografía de referencia, comparación con cálculos efectuados en una planilla de cálculo o en papel, o con la ayuda de un compañero más avanzado. Así, se observa que han realizado un uso de los programas en base a la interpretación de los resultados obtenidos, y no de manera mecánica.

Respecto a la guía confeccionada para tal fin, todos coincidieron en que las consignas fueron claras y concisas, que las preguntas se ajustaron a lo dado en la materia y a lo que sabían del tema, y además fueron un buen complemento para terminar de comprender lo dado en clases. Algunos compararon las producciones elaboradas a partir del uso de las simulaciones con las de los libros de referencia sugeridos por la cátedra, mientras que otros no tuvieron la necesidad de hacerlo ya que manifestaron que el simulador brindaba, mediante la variación de parámetros, todas las opciones necesarias para comprender el movimiento armónico simple de una mejor manera. También se observó que algunos repitieron las experiencias para comprobar si las conclusiones que habían elaborado eran las correctas, y por curiosidad en casos particulares.

### 4.3. Transferencia de resultados

En este inciso se citan textualmente algunas de las expresiones de los distintos alumnos asociadas al uso de un sistema de adquisición de datos en tiempo real, dada su relevancia. “Las experiencias las considero útiles antes del aprendizaje de dicho movimiento para conocer y tener una idea de antemano del tema a conocer, variables que lo afectan, características a grandes rasgos del mismo, conocimiento del tipo de gráfica y por ende de las particularidades que presenta dicho movimiento” (alumno 6). “Personalmente me sirvió mucho la experiencia, ya que es un muy buen método gráfico/tangible para entender la solución analítica de este tipo de movimientos” (alumno 17). “El sensor facilitaba mucho la toma de datos, ya que además de tomar muchos datos en muy poco tiempo, es mucho más preciso que una medición humana con cronometro y regla, algo que se hizo en otro trabajo práctico, donde se tomaron los datos manualmente en un péndulo simple.

En este último se tenía que tener cuidado y prestar atención a las mediciones. El sensor elimina muchos de estos problemas y errores” (alumno 35). “El sensor permitió que la toma de datos fuese mucho más sencilla, además, conocer diferentes aparatos electrónicos de laboratorio. Ya que los ingenieros no nos vemos exentos de trabajar en ese sector” (alumno 42).

Respecto a los LVA, consideraron que tienen las ventajas de usarse como complemento para el análisis de los MO y, en particular, en el análisis de los cambios en las distintas magnitudes físicas y las gráficas asociadas; y las diferencias entre el MAS y el MOA.

Particularmente el alumno 6 mencionó que el “conocimiento de las gráficas, donde gracias a estas últimas, permiten tener una memoria visual de las particularidades que tiene dicho movimiento en términos generales, algo que perdurara en el tiempo sin la necesidad de revisión del tema”; es de destacar, la activación de dicha memoria en el aprendizaje mediante las TIC. El alumno 17 citó que “me pareció una idea genial empezar con estas experiencias antes de abordar la parte analítica, ya que esta última puede resultar ser muy engorrosa y muy poco gráfica”. El alumno 35 reafirmó lo anterior, al mencionar que “me ayudó mucho a comprender el tema de movimiento oscilatorio, y me facilitó luego a la hora de estudiar para el último parcial. Permitía ver de otra forma el tema, de una forma más llamativa”; mientras que el estudiante 42 citó: “me ayudó a tomar mejor los datos y poder estudiar con ellos”.

Finalmente, mencionaron que los aportes principales del uso de los LVA fueron: “conocimiento de gráficos, características de los mismos y por ende del movimiento, parámetros en juego y el modo que lo hacen” (alumno 6); “una clara expresión gráfica de los movimientos, comportamiento del péndulo a medida que se varían parámetros” (alumno 17); “una herramienta que aportaron a facilitar mi estudio y comprensión del tema en general. Además, los simuladores en ocasiones me ayudaban a resolver y verificar los resultados de los ejercicios propuestos por la cátedra” (alumno 35); y “ayudaron a comprender mejor el tema y que no resulte tan abstracto a la hora de

calcularlo. Sobre todo para el MAS, ya que no podía encontrar un ejemplo de la vida real, y particularmente utilizo mucho estos para estudiar” (alumno 42).

#### 4.4. Aspectos emocionales y actitudinales

Todos los estudiantes, sin excepción, consideraron positivo el uso de las TIC en la primera clase y las experiencias con los LVA, “ya que son un modo fácil y rápido de observar resultados, obtención de datos y gráficas, de fácil utilidad... fácil acceso para la mayoría de los alumnos y más eficaz que otros métodos más rústicos” (alumno 6); “Me parece que la inserción de la tecnología a los métodos de aprendizaje es algo fundamental en estas épocas, y tiene que ser implementado con mayor fuerza en un futuro, ya que es una herramienta excelente con un sinfín de posibilidades” (alumno 17); “ya que es una forma novedosa de dar el tema, y una forma de adaptarse a los tiempos actuales, en el cual las herramientas informáticas tienen un papel fundamental” (alumno 35); “ya que nos vemos rodeados de tecnología, sobre todo los jóvenes, y no nos resulta complicado trabajar con ella. La misma nos puede ayudar a ganar precisión, sin perder las antiguas técnicas” (alumno 42); “porque es una forma de ver al tema desde otra perspectiva, ya que, si fuera todo teórico, se vuelve quizás más tedioso o no se logra comprender del todo, ya que por ahí no se tiene una visualización del tema” (alumno 47).

En relación a si les quedó algún punto que no comprendieron, los estudiantes citaron que tanto los applets – como complemento – y la guía fueron suficientes para hacer el trabajo práctico. Particularmente los estudiantes 6; 17; y 35 mencionaron que si tuviesen que repetir las experiencias, pondrían más énfasis en la variación de parámetros, y con ellos observar cómo estos afectan al movimiento del péndulo a través de sus gráficas correspondientes. Por otro lado, el alumno 42 citó que “quizás tendría más cuidado en no realizar el trabajo práctico sola, ya que después de comparar con mis compañeros, ellos tuvieron ocurrencias muy buenas para “jugar” con el software”.

Finalmente, los alumnos 6; 17; 35; y 42

propusieron la ampliación de actividades con LVA sobre el MO a partir de la incorporación de más ejemplos en los que pudiesen trabajar con otros sistemas oscilatorios.

#### 5. Análisis de Resultados

El análisis de los resultados anteriores permitió evidenciar, con excepción del alumno 47, que:

- el empleo de las TIC, los sistemas de toma de datos en tiempo real y LVA, favoreció el proceso de construcción de conocimientos de los MO. En particular, las gráficas adquirieron un rol relevante pues a través de ellas pudieron entender y generar explicaciones sobre los movimientos estudiados;

- si bien en los LVA se trabajó con el MAS y el MOA, el que más se recuerda es el primero. Esto puede derivar de que dos de las actividades propuestas están orientadas a la realización de un análisis integral del movimiento de los péndulos simple y de resorte a fin que los estudiantes logren resignificar sus saberes asociados al MAS y solo una dirigida a caracterizar al MOA, investigar sobre las diferencias entre oscilaciones armónicas simples y amortiguadas e interpretar cuando un péndulo se encuentra críticamente amortiguado o sobreamortiguado;

- se destaca también la presencia de un aprendizaje con colegas del tipo colaborativo;

- proponen incrementar las actividades con las simulaciones, con otros sistemas de estudio y otras acciones;

- finalmente, algunos indicaron que es necesaria la presencia de un tutorial, y además que los applets en idioma inglés, provocaron algunas complicaciones durante su manipulación.

Con respecto al alumno 47, se observó que:

- no recuerda las actividades con los sensores;

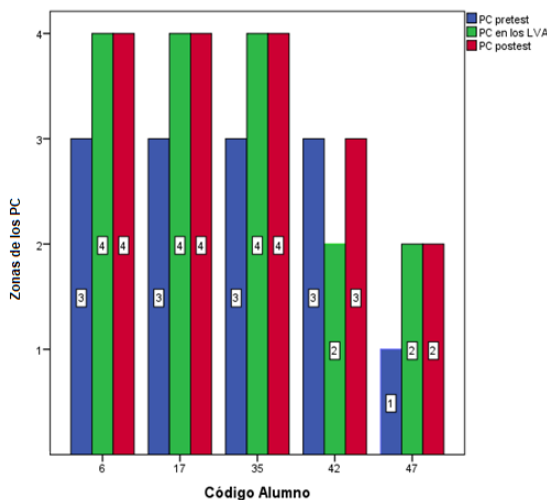
- no formuló opiniones sobre aspectos conceptuales, sólo hizo referencia a aspectos procedimentales y actitudinales;

Particularmente, explicitó que trabajó con los datos tomados de los applets en base a la

secuencia de tareas consignada en la guía, recordando que la información la presentó en tablas “para las magnitudes físicas de los diferentes péndulos”. Destacó la utilidad de los LVA para “poder conocer los diferentes movimientos de los péndulos por separados, pero además combinados entre sí. A su vez, también se pudieron observar los cambios en las distintas magnitudes físicas y gráficas y valoró como positivo el uso de recursos basados en las TIC “porque es una forma de ver al tema desde otra perspectiva”. Resaltó la parte práctica sobre la teórica y la visualización en una “pantalla” de las gráficas de los diferentes movimientos, dado que “al momento de realizar el trabajo se vieron los resultados de forma más clara, pudiendo así obtener mejores conclusiones”. Es decir, considera que las distintas actividades con los applets promueven la elaboración de mejores deducciones. Finalmente, mencionó que, a pesar de que no conocía los programas y no había podido realizar con éxito las actividades sobre los MO, valoró esta una nueva forma de aprender.

A continuación, se contrastan las opiniones expresadas por esos alumnos con las zonas de PC inicial —detectadas mediante el pretest, las zonas de PC evidenciadas a partir del desarrollo de los LV y las reveladas mediante el postest.

Los resultados obtenidos para estos cinco alumnos se obtuvieron en otra indagación [15], y se indican en la siguiente Figura:



en la cual se observa que los alumnos 6; 17 y 35 comenzaron en la zona 3 Racionalismo Clásico, y a través de las actividades con los

LVA pasaron a la zona 4 Racionalismo Sistemico, para finalmente permanecer en la misma zona luego del postest. Así se evidencia que el uso de las TIC permitió un avance en los PC en estos alumnos dado que, si bien disponían de algunos de los saberes científicos necesarios, luego de la intervención didáctica con las TIC evolucionaron hacia conocimientos interrelacionados sobre los MO.

El estudiante 42 comenzó en la zona 3 Racionalismo Clásico y permaneció en la misma luego de finalizar todas las intervenciones didácticas con las TIC. Cabe indicar que en las distintas acciones con los LVA se ubicó en la zona 2 Realismo Interpretativo. Dicho de otro modo, con el uso de las TIC no logró avanzar en sus saberes.

El alumno 47 empezó en el Realismo Ingenuo, zona 1, y después de las actividades con los LVA - donde avanzó a la zona 2 - permaneció en la misma zona después de efectuar el postest. Así, este estudiante comenzó las actividades sobre los MO con conocimientos alejados de los aceptados científicamente – Realismo Ingenuo - y luego de la intervención didáctica, si bien avanzó hasta la zona 2 – Realismo Interpretativo - , no pudo evolucionar hasta las zonas de mayor poder explicativo y dentro de los conocimientos científicamente aceptados - Racionalismos -.

De este modo, y contrastando los resultados del cuestionario con los PC, es evidente que los sujetos que han logrado acceder a las zonas 3 y 4 de los PC fueron también los que respondieron todas las preguntas atendiendo a aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales. El caso del alumno 47, al estar en las zonas de menor poder explicativo, es claro que no ha podido avanzar en los conceptos asociados a los MO; y esto es lo que se observó también en sus respuestas al cuestionario. Por eso no es extraño que este alumno haya tenido que volver a cursar Física I: más allá de que el análisis es sobre los MO, dichos movimientos son claves para la comprensión de la Mecánica Clásica. Por su parte, el estudiante 42 que permaneció en el nivel de comprensión correspondiente al Racionalismo Clásico consideró que las actividades mediadas por tecnología contribuyen a tomar mejor los datos, a comprender mejor el



tema y que no resulte tan abstracto operar formalmente.

## 5. Conclusiones

En la presente investigación se arribó a las siguientes conclusiones:

- Atendiendo a que el cuestionario fue respondido dos años *a posteriori* de las intervenciones didácticas, éstas al permanecer en la memoria de los alumnos demuestra que han sido significativas *per se*, lo cual fue explicitado por el alumno 6. Desde una perspectiva ausubeliana, la mención expresada sobre las gráficas de los MO por parte de este estudiante da cuenta de un conocimiento estable que no ha sido olvidado con el tiempo.

- Se observó una postura vygotskyana en el uso de las herramientas informáticas – contempladas incluso dentro de la carrera ingenieril - propias de una intermediación de la tecnología en el proceso de aprendizaje de los alumnos, y favorecida a través de un adecuado diseño tecnopedagógico de la guía de actividades experimentales con los LVA.

- Las evidencias asociadas a la creación de ZDP se pusieron de manifiesto cuando los estudiantes a pesar de que no habían trabajado con simulaciones lograron llevarlas a cabo en interacción con sus compañeros. Por otro lado, y según los testimonios, las TIC pudieron ser usadas como mindtools dado que permitieron que los alumnos hayan re-presentado sus saberes de diferentes formas evolucionando hacia las zonas del PC de mayor nivel explicativo.

- Un detalle en las respuestas fue la permanencia de ideas previas erróneas. A pesar de las distintas actividades didácticas propuestas, dos de los estudiantes revelaron la continuidad de la concepción de que en un MOA se produce la disminución del período, en lugar de la amplitud.

- Otras situaciones observadas en el discurso presente en el cuestionario fue que un alumno necesitó más tiempo del empleado en el ciclo lectivo para poder desarrollar de manera significativa las conceptualizaciones sobre los

MO; mientras que otro mostró dificultades en la apropiación de conceptos desde el inicio de las actividades didácticas, por lo que aun haciendo uso de las TIC no pudo avanzar hacia las zonas de PC mayor nivel explicativo

Para finalizar, en este trabajo se analizó otra manera de evaluar un proceso educativo incorporando como fuentes de información las “voces” de los estudiantes. Por ello, se propone continuarlo haciendo énfasis en el uso de las TIC, y orientados hacia dicha evaluación y, por qué no, la predicción de procesos cognitivos.

## Referencias

- [1] D. Ausubel. *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas, 1978.
- [2] S. Gil. *Nuevas tecnologías en la enseñanza de la física oportunidades y desafíos*. VI Conferencia Interamericana sobre Educación en la Física, 1997.
- [3] D. Rodríguez, D. Mena, & C. Rubio. *Uso de software de simulación en la enseñanza de la Física. Una aplicación en la carrera de Ingeniería Química*. Tecnología, Ciencia, Educación, 2009.
- [4] T. Viera Torres. *El aprendizaje verbal significativo de Ausubel. Algunas consideraciones desde el enfoque histórico cultural*. Universidades, 2003.
- [5] M. Cole y Y Engeström. *Enfoque histórico-cultural de la cognición distribuida*. Amorrortu Ed., 2001.
- [6] A. Kozulin. *Instrumentos psicológicos: la educación desde una perspectiva sociocultural*. Paidós, 2000.
- [7] D. Jonassen. *Computers as mindtools for schools: Engaging critical thinking*. Prentice Hall, 2000.
- [8] L. Moll. *Vygotsky y la educación*. Aique, 1993.
- [9] E. Mortimer. *Perfil conceptual: modos de pensar y formas de hablar en las aulas de*

- ciencias*. Infancia y Aprendizaje, 2001.
- [10] E. Mortimer. *Lenguaje y formación de conceptos en la enseñanza de las Ciencias*. A. Machado Libros, 2000.
- [11] C. Linder. *A challenge to conceptual change*. Science Education, 1993.
- [12] C. Enrique, M. Yanitelli & S. Giorgi. *Resultados de un pretest sobre movimiento oscilatorio destinado a estudiantes de ingeniería*. IPECyT, 2018.
- [13] C. Enrique, M. & Yanitelli. *Diseño y valoración de actividades mediadas por TIC para el aprendizaje de sistemas oscilatorios*. REF XXI, 2019.
- [14] C. Enrique, M. Yanitelli & S. Giorgi. *Análisis de una actividad con laboratorios virtuales para sistemas oscilatorios en estudiantes de ingeniería*. ATICA, 2019.
- [15] C. Enrique, M. Yanitelli & S. Giorgi. *Un perfil conceptual para sistemas oscilantes en estudiantes de ingeniería*. CIEDUC, 2019.
- [16] R. Hernández Sampieri, P. Fernández Collado, & P. Baptista Lucio. *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill, 2008.