

Evaluación de los aprendizajes mediados por TIC a través de herramientas construidas bajo la noción de perfil conceptual

Evaluation of learning mediated by ICT through tools built under the notion of conceptual profile

Claudio Enrique¹

¹ UDB Física, Departamento de Materias Básicas, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe, Lavaisse 610, CP 3000, Santa Fe. Argentina.

E-mail: cenrique@frsf.utn.edu.ar

Recibido el 30 de septiembre de 2022 | Aceptado el 24 de octubre de 2022

Resumen

Se presentan nuevas herramientas para evaluar los aprendizajes mediados por las TIC construidas bajo la noción de perfil conceptual. Los primeros resultados pertenecen a una tesis doctoral presentada recientemente que investigó específicamente sobre movimiento oscilatorio; si bien se considera que, con las modificaciones adecuadas, pueden emplearse en otros contenidos de Física. Su objetivo principal es la necesidad de valorar el proceso de aprendizaje bajo otras instancias – incluso complementarias- a la evaluación sumativa que sigue siendo la más usada. Dentro de un entorno constructivista de aprendizaje, se integran análisis sobre los conocimientos previos; los adquiridos mediante las TIC; y aquellos que permanecieron en la estructura cognitiva del sujeto al finalizar la instrucción sobre el contenido específico. De este modo se puede indagar sobre aspectos cognitivos presentes en diferentes actividades de la intervención didáctica; cómo se *desplazan* entre estas; e incluso cómo se integran junto a los aspectos metacognitivos. La meta es proponer una herramienta novedosa y creativa que permita resolver algunas situaciones sobre uno de los aspectos de la educación que, hace tiempo, se considera que está en crisis.

Palabras clave: Evaluación de aprendizajes; Perfiles conceptuales; Aspectos cognitivos y metacognitivos; Física clásica.

Abstract

New tools are presented to assess learning mediated by ICT and built under the notion of Conceptual Profile. The first results belong to a recently presented doctoral thesis that specifically investigated Oscillatory Movement; although it is considered that, with the appropriate modifications, they can be used in other Physics contents. Its main objective is the need to assess the learning process under other instances - even complementary - to the summative evaluation that continues to be the most used today. Within a constructivist learning environment, analyzes of prior knowledge are integrated; those acquired through ICT; and those that remained in the cognitive structure of the subject at the end of the instruction on the specific content. In this way it is possible to inquire about cognitive aspects present in different activities of the didactic intervention; how they move between them; and even how they are integrated together with the metacognitive aspects. The goal is to propose a novel and creative tool that allows resolving some situations on one of the aspects of education, which has long been considered to be in crisis.

Keywords: Learning evaluation; Conceptual profiles; Cognitive and metacognitive aspects; Classic physics.

I. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se proponen distintas herramientas construidas mediante la noción de perfil conceptual (PC) para evaluar los aspectos cognitivos y metacognitivos que ponen en juego los estudiantes en una actividad de aprendizaje mediada por las tecnologías; y realizar un diagnóstico acerca de cómo sus conocimientos se reconstruyeron, co-construyeron o deconstruyeron y se movilizaron en distintas etapas a partir de sus conocimientos previos. Incluso, si estos saberes adquiridos han sido perdurables en el tiempo y transferibles en exámenes tradicionales de Física I.

La meta es continuar las investigaciones realizadas en una tesis doctoral presentada recientemente, que indagó acerca de la integración conceptual de los movimientos oscilatorios armónico y amortiguado (MO) a través de actividades problemáticas significativas mediadas por TIC en el nivel universitario básico, junto a su diseño, desarrollo y evaluación. En dicha tesis interesó: a. reconocer distintos indicadores de comprensión derivados de la implementación de esta intervención didáctica; b. caracterizar las zonas de PC que dieran cuenta de las ideas de los estudiantes sobre MO y su evolución, antes y durante el desarrollo de la intervención; y, finalmente, c. evaluar la propuesta de intervención para favorecer la reconstrucción y resignificación de conocimientos asociados al MO.

El empleo de estos instrumentos presentó varias ventajas dado que se pueden analizar procesos cognitivos y metacognitivos de un grupo en su totalidad o para cada alumno de manera particular; incluso, para distintas categorías de análisis basadas en conceptos y procesos físicos. Se contempla que también pueden aplicarse, con las modificaciones correspondientes, a otros contenidos de Física; así como también para cualquier tecnología digital con fines educativos. E incluso, que sea un nuevo instrumento de evaluación que se complemente a cualquiera que se use en la actualidad; sea del tipo sumativa o formativa.

II. MARCO TEORICO

La tesis doctoral tomada como referencia de este trabajo (Enrique, 2022), asume que a partir del empleo de las TIC los estudiantes podrían modificar las zonas de sus perfiles conceptuales sobre sistemas oscilatorios cuando encuentren diferencias entre sus saberes previos y lo que el contexto externo les muestra. Sus referentes teóricos fueron las teorías del aprendizaje significativo de David Ausubel y sociocultural de Lev Vygotsky; junto a la noción de perfil conceptual de Eduardo Mortimer. También se incorporaron análisis sobre los procesos metacognitivos involucrados.

La teoría de Ausubel (1978) establece que el aprendizaje significativo es un proceso que sucede cuando una nueva información se relaciona, *de manera sustantiva y no literal*, con un aspecto relevante preexistente en la estructura cognitiva del estudiante denominado subsunor. En este contexto, las TIC deberían cumplir el rol de material potencialmente significativo, y como se trata de una herramienta “no neutral”, la información proporcionada por ellas debe ser seleccionada en base a un adecuado diseño tecnopedagógico que analice sus restricciones y potencialidades. Así, la mediación informática que facilita la captación de significados involucra un nuevo elemento, el ordenador, al sistema interrelacionado de Gowin conformado por alumnos, profesor y materiales educativos (Moreira, 2017), las cuales se producen en torno a un contenido específico y en un contexto determinado.

La teoría de Vygotsky (1988) propone que todas las actividades humanas (y entre ellas el aprendizaje) están mediadas por instrumentos de naturaleza sociocultural: las herramientas, que transforman materialmente el entorno; y los signos, que influyen en los procesos de construcción de la subjetividad. Las TIC pueden cumplir la función de herramientas cognitivas (*mindtools*) al proporcionar una especie de *andamiaje educativo*, y que aprovecharse puede crear Zona de Desarrollo Próximo (ZDP); la diferencia entre el nivel de desarrollo real de un sujeto y el potencial bajo la supervisión o colaboración de otros sujetos más formados; es decir, en un entorno colaborativo de aprendizaje.

La noción de PC involucra aspectos epistemológicos y ontológicos que los alumnos activan cuando participan en la gestión de sus saberes, y su *“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”* (Mortimer, 2000, pp. 53), y *“deben ser entendidos como modelos de diferentes maneras de ver y representar el mundo, que son utilizados por las personas para significar su experiencia”* (Pedreros Martínez, 2012, p. 113). Se basa en que en cualquier cultura o persona no existe una forma homogénea de pensar sino diferentes tipos de pensamiento verbal, y debido a esta pluralidad representacional se produce la coexistencia de dos o más significados para un mismo concepto -incluyendo los de carácter científico- que se emplean de modo correcto en diferentes contextos (Mortimer, 2001). La evolución conceptual no es entendida como la sustitución de las concepciones previas de los estudiantes por ideas científicas, sino como un enriquecimiento del espectro de ideas de las que se dispone para la comprensión de un asunto dado (Mortimer, 2001). Así, cualquier problema u objeto sería susceptible de ser analizado o representado de formas alternativas que implicarían diferentes niveles de análisis, jerárquicamente organizados, basados en estructuras conceptuales de diferente complejidad, a través de las distintas *zonas de PC*.

La metacognición fue definida por Flavell (1976) como el conocimiento que tienen los estudiantes sobre sus propios procesos cognitivos o sobre cualquier elemento relacionado con ellos; es decir, las propiedades de la información o los datos relevantes para el aprendizaje y, entre otras cosas, el control y la regulación subsiguiente de estos procesos. Expresado de otro modo, “es la toma de conciencia por parte de los individuos, sobre sus propios procesos de pensamiento y conocimiento y sobre las formas de cualificarlos y delimitarlos” (Soto Lombana, 2002, p. 31).

Por su parte, el término *evaluación* “ha sido polisémico sobre todo en los últimos tiempos” (Arredondo, Diago y Cañizal; 2010, p.3), y por ello constituye una de las categorías didácticas que requiere de mayor atención en cualquier proceso educativo (Viau, Tintori Ferreira y Bartels, 2019). Evaluar “significa concientizar el funcionamiento de la manera de cómo aprender y comprender todos aquellos factores que explican los resultados obtenidos después de realizar una actividad, sean positivos o negativos” (Flores; 2017; p. 7)

Para Alonso Sánchez; Gil Pérez; y Martínez Torregrosa (1996) la evaluación debería ser una especie de “*extensión a todos los aspectos –conceptuales, procedimentales y actitudinales– del aprendizaje de las ciencias...*”, de modo tal que en los alumnos se favorezcan los procesos de autorregulación y reflexión, en lugar de la forma tradicional basada en “...*la rememoración repetitiva de los “conocimientos teóricos” y su aplicación igualmente repetitiva a ejercicios de lápiz y papel*” (Alonso Sánchez et al; 1996; p. 19), cuya meta en general no es adquirir conocimientos, sino “pasar” las pruebas de evaluación. En la actualidad,

sin embargo, durante la práctica pedagógica diaria se ha observado que el proceso de evaluación del aprendizaje de la Física, de manera general, no considera su función formativa, se realiza mediante instrumentos y técnicas tradicionales a la vez que las evaluaciones que se aplican son predominantemente de carácter reproductivo, dirigidas a evaluar el resultado del aprendizaje y no el proceso, y existe una tendencia a identificar la evaluación con la calificación. (Calzada, Maceo y Bannasar, 2016, p. 3)

Para finalizar, se observa que, en general, los usos de las TIC y en particular para la enseñanza la Física en un entorno académico *postpandemia*, resultan ser similares al ambiente propio de la prepandemia. Pozo (2020) sostiene que la crisis actual en los sistemas educativos no es nueva y debido al virus, sino que esta era preexistente. Expresado de otro modo:

...en el entorno de una sociedad digitalizada, nuestras escuelas siguen siendo analógicas [...] las formas de enseñar y de evaluar están en buena medida obsoletas [...] el mantenimiento de formas de enseñar y evaluar [...] no responden ya a las metas supuestamente exigidas al sistema educativo en la sociedad del siglo XXI. (Pozo, 2020, p. 22)

III. METODOLOGÍA

En esta investigación participaron 38 estudiantes de primer año de la carrera de Ingeniería Civil comisión “A” pertenecientes a la cohorte 2017 de la Facultad Regional de la Universidad Tecnológica Nacional, y la misma se efectuó durante el dictado de Física I y para el contenido Movimiento Oscilatorio (MO).

La metodología propuesta en la tesis correspondió a las siguientes etapas (Enrique, 2022):

a. Elaboración y validación de un cuestionario para detectar y caracterizar los conocimientos previos sobre MO. Con el objeto de contextualizar los contenidos teóricos a abordar en una situación real, se presenta una introducción con una narrativa sobre un personaje de historietas que está jugando en una hamaca, y luego se establecen condiciones para modelizar el MO como un péndulo simple. El cuestionario estuvo conformado por doce preguntas, abiertas y cerradas de opción múltiple, basadas en investigaciones previas sobre el mismo contenido (Enrique, 2022). Para validarlo fue sometido a pruebas estadísticas de fiabilidad y de validez a través del coeficiente Alfa de Cronbach y de las Pruebas de KMO y de Esfericidad de Bartlett, respectivamente. Las respuestas fueron analizadas tanto para todas las preguntas de manera individual, como para diferentes agrupaciones de categorías conceptuales. Los mejores resultados estadísticos correspondieron a seis categorías: Conceptos Básicos; Cinemática; Dinámica; Energía; Conservación; y No Conservación (Enrique, Yanitelli y Giorgi, 2018). Se decidió usar el mismo instrumento como examen posttest, y así detectar los saberes que permanecieron en la estructura cognitiva de los sujetos al finalizar la instrucción sobre MO, y en un mismo nivel que los conocimientos previos.

b. Las actividades mediadas *con y por* las TIC se diseñaron de acuerdo con los resultados obtenidos en el pretest, las cuales se desarrollaron en dos etapas: a. de *Introducción*, en la cual se emplearon sistemas de adquisición de datos en tiempo real para un sistema modelizado como péndulo simple y para un péndulo físico, donde se midieron en función del tiempo la Fuerza de restitución; y posición, velocidad y aceleración angulares (de manera simultánea), respectivamente. b. de *Aplicación*, donde se usaron cuatro laboratorios virtuales de aprendizaje (LVA) construidos en JAVA y de acceso libre sobre péndulos simple y de resorte. Estas últimas se analizaron como propias de la influencia de las TIC en el proceso de aprendizaje sobre MO, dado que fueron los alumnos quienes participaron activamente en la co-construcción de sus conocimientos; información que fue recolectada a través de los informes correspondientes.

c. Diseño y desarrollo de una guía de actividades. El objetivo fue favorecer acciones para que los alumnos planifiquen (antes), realicen un control en línea (durante), y evalúen (después) sus acciones efectuadas con los LVA. El propósito de ajustar la ayuda pedagógica con la interactividad mediante consignas explícitas sobre estrategias metacognitivas orientadas a las demandas específicas de las tareas de aprendizaje fue generar ZDP durante la intervención con las TIC.

d. Construcción de la matriz epistemológica, para detectar los distintos niveles de conocimientos sobre MO. Estuvo conformada por cuatro zonas que se denominaron, según el orden creciente, como: zona 1, realismo ingenuo; zona 2, realismo interpretativo; zona 3, racionalismo clásico; y zona 4, racionalismo sistémico. Los saberes de carácter científico -Mecánica clásica- se encuentran dentro de las dos últimas, siendo los de la zona 3 pertinentes a una visión newtoniana aislada; y de una newtoniana e interrelacionada para la 4. Por su parte, las dos primeras atañen a una visión precientífica: la 1 correspondiente a una aristotélica, y la 2 propia de una medieval o del *ímpetu*.

e. Construcción de los PC para cada una de las actividades analizadas en la intervención didáctica mediada por las TIC; denominados Inicial (PCI); con empleo de los LVA (PCLVA); y final (PCF). Para ello, se cotejó la información recopilada a través de las expresiones escritas de las estudiantes provenientes de las respuestas al cuestionario como pretest; de los informes de las actividades experimentales con los LVA; y de las respuestas al mismo cuestionario como postest, frente a las categorías conceptuales y ontológicas – o zonas - de la matriz Epistemológica, respectivamente.

f. Estudio y comparación de los cambios en y entre las zonas de los tres PC. Mediante análisis estadísticos descriptivos e inferenciales se evaluaron cuáles fueron las zonas para cada perfil, y si hubo influencia –análisis de dependencia o independencia- entre las tres actividades a través de distintos análisis estadísticos de correlaciones.

g. Los aspectos metacognitivos se detectaron a través de dos instrumentos. En el cuestionario sobre MO se incluyó al final de cada pregunta una consigna para que el estudiante calificara su grado de confianza ante la respuesta dada entre 0 puntos (confianza nula) y 10 puntos (confianza plena). Se supone que, al autoevaluarse según su nivel de confianza, dicho estudiante expresó estos aspectos que estuvieron involucrados acerca de las ideas, conceptos y proposiciones que puso en juego al leer, interpretar, resolver, responder, comprobar y comunicar las consignas del cuestionario; tanto en el pre como en el postest. Como se consideró que al interactuar con los LVA –o las TIC- el sujeto emplea recursos de su cognición y de su metacognición de manera simultánea, se construyó y desarrolló un instrumento denominado *ciclo de análisis metacognitivo* para identificarlos y caracterizarlos en las expresiones escritas correspondientes.

g. Para finalizar, se confeccionaron las nuevas herramientas construidas bajo la noción de PC: los PCR, tanto inicial (PCRi) como final (PCRf); más las transiciones entre las zonas de los tres PC. Estos nuevos resultados se analizaron de manera comparada con los obtenidos previamente.

IV. RESULTADOS

En la primera etapa del diagnóstico se analizaron las zonas de PCI; PCLVA; y PCF para los 38 estudiantes. Se consideró que la evolución en el aprendizaje se revela cuando se detectan cambios en las zonas de los tres perfiles; en particular, entre los saberes *a priori* y *a posteriori* detectados por los PCI y PCF, y dichos cambios serían consecuencia de la intervención didáctica mediada por las TIC. Según la teoría de Ausubel, para lograr un aprendizaje significativo es fundamental identificar los conocimientos previos; los cuales fueron detectados e identificados a través de las zonas del PCI. Sería deseable que el grupo de alumnos o el sujeto se movilice hacia las dos zonas de mayores niveles epistemológicos y ontológicos y pertenecientes a los racionalismos, o que haya permanecido en cualquiera de ellas; dado que corresponden a las visiones newtonianas sobre MO. El acceso a la zona 4 indica que, al estar interrelacionados, los conocimientos científicos son más profundos y acabados.

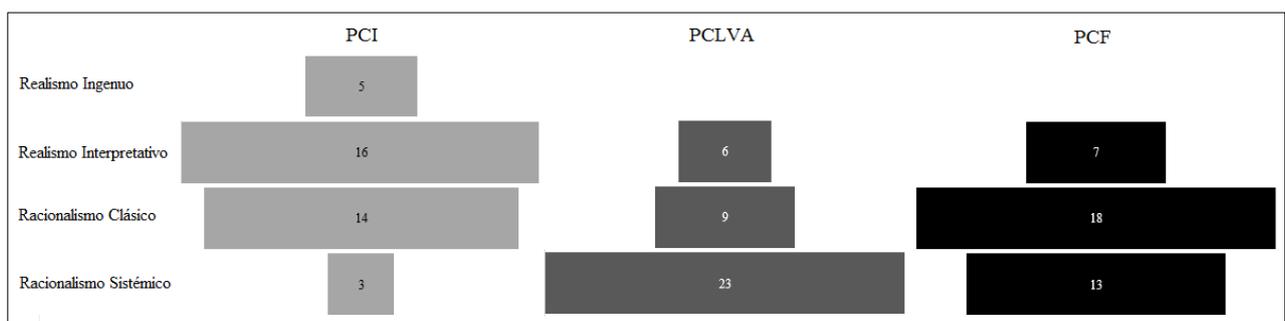


FIGURA 1. Diagrama de embudo con PCI (izq.), PCLVA (centro), y PCF (der.). En el centro de cada barra figura la cantidad de alumnos.

En este trabajo se modificó el tradicional diagrama de barras verticales de PC por uno dispuesto en dirección horizontal (figura 1). La información de las distintas zonas para una determinada actividad se analiza “arriba hacia abajo”, y corresponde a un orden creciente según los niveles cognitivos logrados, vislumbrando además cómo es su *solidez* según el tamaño de la base y correspondiente a la zona de mayor nivel cognitivo.

De esta manera se detectó que:

a. las zonas del PCI tuvieron una distribución de estudiantes conformada por 42,1 % en el realismo interpretativo; 36,8 % en el racionalismo clásico; 13,2 % en el realismo ingenuo; y sólo 7,9 % en el racionalismo sistémico. Las visiones de los estudiantes correspondieron para la mayoría a una empírica o precientífica donde se manifestaron concepciones alternativas del tipo medieval –zona 2-; seguidos de una newtoniana y aislada con al menos una concepción alternativa sobre MO –zona 3-; acompañados por aquellos alumnos que propio de una cosmovisión perceptivo–intuitiva, todavía no lograron responder o explicar algunas situaciones físicas a pesar de haber participado en las clases de Física y que además revelaron concepciones alternativas sin conexión o aristotélicas –zona 1-; y finalmente, sólo tres alumnos que mostraron una científica o newtoniana interrelacionada y sin presentar concepciones alternativas –zona 4-.

b. Las zonas del PCLVA mostraron desplazamientos hacia los racionalismos: 60,5 % en la zona 4; y 23,7 % en la zona 3. El 15,8 % accedió a la zona 2; y no hubo estudiantes en la zona 1. A pesar de que los LVA y la guía de actividades fueron distribuidos de manera equitativa y simultánea para todo el grupo, se observó que no todos los sujetos lograron construir sus saberes dentro de los racionalismos y específicamente el sistémico. Se puede interpretar que el acceso a las distintas zonas revela, de cierto modo, la influencia de las estructuras cognitivas y metacognitivas de cada sujeto.

c. Las zonas del PCF manifestaron ausencia de alumnos dentro del realismo ingenuo. Las frecuencias halladas fueron 47,4 % en el racionalismo clásico; 34,2 % en el racionalismo sistémico; y 18,4 % en el realismo interpretativo. *A priori*, se observó una situación semejante a las zonas del PCLVA.

d. Las comparaciones entre las zonas de los tres PC mostraron que para la mayoría del grupo los LVA no sólo modificaron los conocimientos hacia los científicamente aceptados. Además, como producto del análisis de las respuestas del postest, dichos conocimientos permanecieron en la estructura cognitiva al finalizar la instrucción.

Los análisis estadísticos de correlaciones entre las zonas de los tres PC tuvieron el objetivo de analizar la dependencia entre estas, y arrojaron los siguientes resultados:

a. No hubo correlación entre zonas de PCI y PCLVA. Se interpreta que el uso de los laboratorios virtuales modificó de manera significativa muchos de los conocimientos previos sobre MO que disponían los alumnos; por lo que se infiere que para la mayoría del grupo y con cierta probabilidad, las TIC favorecieron la reconstrucción, co-construcción o deconstrucción de dichos conocimientos previos hacia los científicamente aceptados.

b. El mismo resultado se obtuvo entre las zonas de PCI y PCF. Se infiere que, para la mayoría del grupo indagado y con determinada probabilidad, los conocimientos previos a la intervención didáctica mediada por las TIC fueron modificados sustancialmente hacia los científicos y propios de los racionalismos que además permanecieron en la estructura cognitiva. Así, los conocimientos previos se reconfiguraron como producto del empleo de las TIC como *mindtools*, y este *andamiaje educativo* contribuyó a modificar de manera significativa los subsunores de los alumnos sobre MO. Específicamente, el 81,6 % de los estudiantes accedió o permaneció en las zonas 3 y 4 del PCF.

c. El PCLVA estuvo correlacionado con el PCF. Las zonas de ambos perfiles mostraron una correlación fuerte y significativa debido a que la mayoría de los estudiantes permanecieron en la misma zona de PCF a la que accedieron mediante las actividades realizadas con los LVA; y para el 81,6 % de los estudiantes, esta permanencia se dio entre las zonas correspondientes a los racionalismos. Por lo tanto, se puede inferir que, para la mayoría de los alumnos y con cierta probabilidad, que las TIC además de modificar los conocimientos sobre MO hacia los científicamente aceptados también contribuyeron a que estos permanezcan en su estructura cognitiva al finalizar la instrucción en Física I.

d. En relación con la metacognición, también hubo diferencias. Particularmente en las respuestas al cuestionario, el grado de confianza inicial (G de CI) arrojó un puntaje promedio de $(5,39 \pm 1,63)$, mientras que para el grado de confianza final (G de CF) fue de $(7,29 \pm 1,83)$. Estadísticamente esta diferencia fue significativa y para cualquier valor, por lo que se infiere que luego de la intervención didáctica mediada por las TIC, la mayoría de los alumnos también mejoraron sus aspectos metacognitivos en la elaboración y comunicación de las distintas consignas sobre MO.

Estos análisis revelan que las actividades mediadas por las TIC favorecieron incrementos cognitivos y metacognitivos sobre MO en relación con los conocimientos previos a la intervención didáctica.

Por su parte, los PCR Inicial (PCR I) y Final (PCR F) son instrumentos que representan en un mismo plano los G de CI y G de CF en función de las zonas del PC correspondiente (PCI y PCF) (figura 2). Como también se pudieron identificar los alumnos participantes a través de un código numérico, esta herramienta permite analizar los cambios cognitivos y metacognitivos de manera individual, antes y después de una intervención didáctica mediada por las TIC. Por ejemplo, el caso del alumno identificado como 8, quien presentó un PCR I dentro del Realismo Interpretativo y con un G de CI de 4 puntos, mientras que su PCR F estuvo en el Racionalismo Clásico y con un G de CF de 9 puntos. Así, se interpreta que accedió a conocimientos propios de una visión newtoniana y aislada y con una confianza alta; si bien había empezado con saberes precientíficos propios de una visión medieval, y con una confianza media–baja.

Un análisis más detallado entre los PCR reveló que, *a posteriori* de la intervención didáctica mediada por las TIC:

- ya no se detectaron alumnos dentro de la zona 1 –situación ya mencionada previamente en el PCF–;
- en el PCR no se observó una dependencia entre la zona y el G de CF; situación que sí se distinguió en el PCRI.

Como producto de las actividades mediadas por las TIC, los distintos niveles cognitivos de los sujetos se *independizaron* de la confianza adjudicada a distintas actividades problemáticas sobre MO presentes en el cuestionario;

- la mayor cantidad de alumnos en el PCR fueron en las zonas 3 y 4; y en el PCRI, las zonas 2 y 3.
- Para el intervalo de valores comprendido entre 7 y 9 puntos, el PCR incluyó 26 estudiantes; mientras que en el PCRI fueron 7.

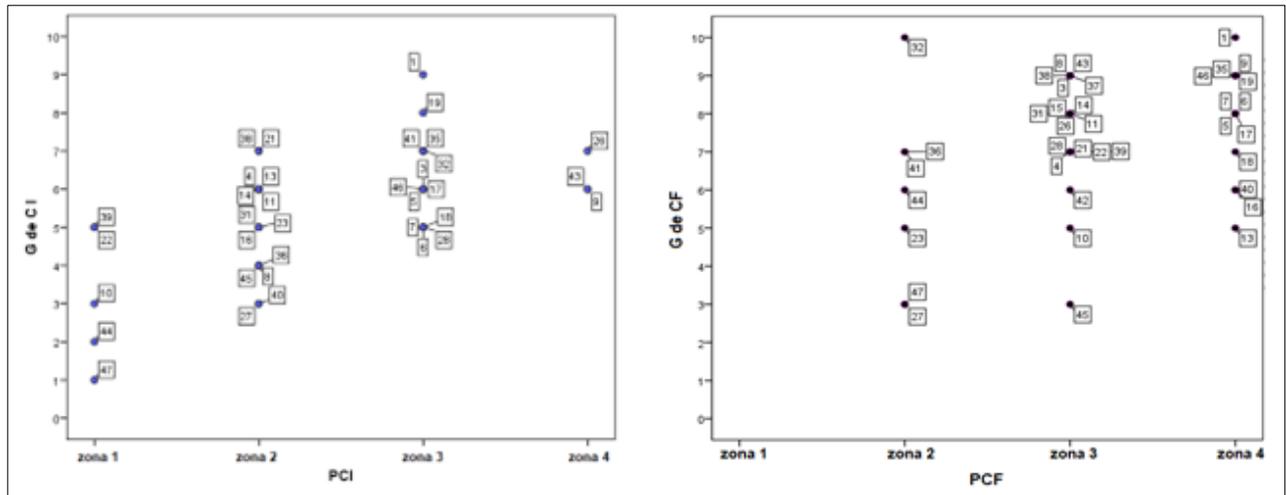


FIGURA 2. PCRI (izq.) y PCR (der.), donde cada alumno indagado es identificado mediante un código numérico.

Por lo tanto, a través de esta nueva herramienta de diagnóstico no sólo se ratificaron los resultados hallados anteriormente, sino que además permitió inferir que para la mayoría de los estudiantes, los LVA posibilitaron avances cognitivos y metacognitivos sobre MO. Expresado de otro modo, accedieron a los conocimientos científicos propios de los racionalismos y además están más confiados acerca de “lo que saben”.

Las transiciones analizan los movimientos entre zonas de PC correspondientes a dos actividades diferentes. Así, se pudieron comparar *desplazamientos* entre PCI–PCLVA; PCI–PCF; y PCLVA–PCF. Los tipos de transiciones se categorizaron indicando en primer lugar la zona del PC de la actividad *a priori*, seguido por la zona del PC de la actividad realizada *a posteriori*. Los incrementos de zona –por ejemplo, transición [2, 4]– se denominaron *evoluciones*; los empates –el caso de una transición [3, 3]– se denotaron *permanencias*; y las disminuciones –por ejemplo, una transición [4, 2]– se nombraron *involuciones*. De este modo se pudo evaluar si después de participar en las dos actividades, los conocimientos avanzaron de zona; siguieron en esta; o se debilitaron. Se denominaron transiciones deseables a aquellas donde *a posteriori*, los sujetos accedieron a, o permanecieron en, los racionalismos clásico y sistémico; es decir, las zonas correspondientes a los conocimientos científicos sobre MO.

Los resultados obtenidos (tabla I) revelan que:

- en PCI–PCLVA predominaron las evoluciones (29 alumnos, 76,3 %), y para 28 de estos 29 sujetos se detectaron *movilizaciones* hacia los racionalismos. Como las zonas dentro del PCLVA correspondieron mayoritariamente a las visiones newtonianas –siendo en 32 de los 38 alumnos–, se infiere que, según la teoría sociocultural, los LVA actuaron como *instrumentos psicológicos*, en una interacción mediada socialmente con base en la creación de ZDP que posibilitó que la mayoría de los estudiantes evolucionaran a las zonas de mayor nivel explicativo sobre MO. Según la teoría del aprendizaje significativo, los LVA actuaron como un material potencialmente significativo.

- En PCLVA–PCF se destacaron las permanencias (23 estudiantes, 60,5 %), y 21 de los 23 sujetos involucrados finalizaron dentro de las zonas 3 y 4 del PCF. Se revela que, para la mayoría, las actividades didácticas mediadas por los LVA favorecieron la retención de conceptos y procesos asociados al MO cuando finalizó la enseñanza.

- En PCI–PCF sobresalieron las Evoluciones (27 estudiantes, 71,1 %). Particularmente, 25 de los 27 alumnos accedieron a las zonas 3 y 4 del PCF. Se puede concluir que para la mayoría del grupo indagado puede inferirse que los conocimientos adquiridos y retenidos en la estructura cognitiva sobre MO fueron los propios de una visión newtoniana o científicamente aceptada, respecto a los que disponían previo a la intervención didáctica mediada por las TIC. Expresado de otro modo, las intervenciones mediadas por los LVA favorecieron procesos cognitivos –y metacognitivos– al modificar los conocimientos previos hacia las visiones propias de la Mecánica newtoniana.

d. Por otro lado, las permanencias dentro de los realismos interpretativo e ingenuo – zonas 2 y 1, respectivamente - revelaron presencia de conocimientos no científicos; mientras que las involuciones desde los racionalismos hacia los realismos evidenciaron la presencia de aprendizajes no significativos.

TABLA I. Distribución de alumnos presentes en las transiciones totales entre zonas de los PCI; PCLVA; y PCF. Entre paréntesis figura el número de estudiantes que accedieron finalmente a los racionalismos –transiciones deseables-.

Tipo de Transición	PCI – PCLVA	PCLVA – PCLF	PCI – PCF
Evoluciones	29 (28)	4 (4)	27 (25)
Permanencias	7 (4)	23 (21)	7 (4)
Involuciones	2	11	4
Totales	38 (32)	38 (25)	38 (29)

Para finalizar, otro análisis consistió en comparar las notas de un examen de promoción directa de Física I versus las zonas del PCF, siendo su objetivo no sólo intentar compatibilizar las evaluaciones tradicionales con las propuestas en este trabajo, sino también ampliar el diagnóstico entre la aprobación de Física I, donde se certifica que el estudiante cuenta con los conocimientos suficientes sobre contenidos o competencias específicas de dicha materia; frente a los adquiridos y retenidos en su estructura cognitiva al finalizar la intervención didáctica mediada por las TIC sobre MO. Los resultados hallados al contrastar las notas finales obtenidas a través de los promedios de los dos exámenes parciales con las zonas de PCF (figura 3) revelaron que los alumnos que obtuvieron los mayores puntajes estuvieron dentro del racionalismo sistémico.

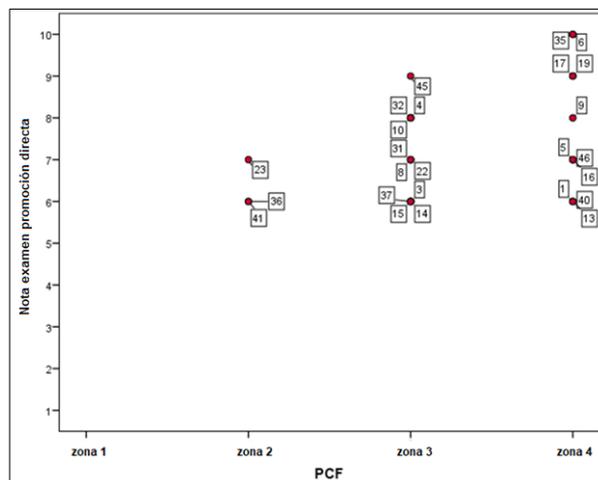


FIGURA 3. Cantidad de alumnos en función de las notas de la promoción directa y para cada zona de PC.

También se distingue que no todos los estudiantes que aprobaron Física I presentaron conocimientos sobre MO dentro de los racionalismos, y en particular el sistémico. De este modo se presenta otra posibilidad de analizar los conocimientos adquiridos y propios de la Mecánica clásica –evaluados en los parciales– frente a los científicamente aceptados sobre el MO –analizados mediante las zonas del PCF-, dado que los sistemas oscilantes no sólo son importantes para otras materias básicas de carreras ingenieriles como el estudio de ecuaciones diferenciales de segundo orden o de circuitos RLC de corriente continua, sino también en otras asignaturas del ciclo superior en las que realizan cálculos sobre estructuras y sus vinculaciones con oscilaciones y vibraciones. Así se podría afirmar que los estudiantes que finalizaron en el PCF dentro del realismo interpretativo y aprobaron Física I con puntajes de 6 y 7 puntos -identificados como 23; 36; y 41- todavía presentan deficiencias cognitivas sobre MO dado que, con las TIC no accedieron a una visión newtoniana.

Como ejemplo de un análisis complementario a través de distintas categorías conceptuales sobre MO, los 26 alumnos aprobados en Física I mostraron una distribución diferente al análisis global presentado en la figura 3. La tabla II evidencia que, dentro de los aprobados, el PCF revela la presencia de alumnos dentro del realismo ingenuo para las categorías *energía* y *no conservación* –que fueron identificados como 36 y 45; y 19, respectivamente-. Además, en energía hay mayoría de alumnos dentro del realismo interpretativo; mientras que para conceptos básicos, dinámica y conservación prevaleció el racionalismo clásico; y en cinemática, el racionalismo sistémico. En consecuencia, se puede tener la posibilidad de ampliar un diagnóstico pudiendo realizar un análisis para cada sujeto de manera individualizada acerca de cuáles conceptos y procesos sobre MO deberían reforzar o modificar para acceder a los propios de una visión newtoniana.

TABLA II. Cantidad de alumnos aprobados según seis categorías conceptuales y zonas de PCF.

<i>Categoría Conceptual</i>	<i>Zona 1</i>	<i>Zona 2</i>	<i>Zona 3</i>	<i>Zona 4</i>
Conceptos Básicos	0	1	23	2
Cinemática	0	5	9	12
Dinámica	0	9	15	2
Energía	2	13	8	3
Conservación	0	6	16	4
No Conservación	1	9	10	6

V. CONCLUSIONES

El ambiente académico de la postpandemia de covid-19 debería incorporar nuevos instrumentos sobre la evaluación de aprendizajes mediados por las TIC.

Este trabajo propone una de las posibles soluciones. Los resultados obtenidos evidencian que el empleo de herramientas construidas bajo la noción de zona de PC permite evaluar -e indagar- cómo los alumnos co-construyen, re-construyen, o deconstruyen sus saberes previos debido a una actividad mediada por las TIC. También se pueden estimar los cognitivos y metacognitivos involucrados -de manera separada o combinada- en distintas acciones dentro de la misma intervención didáctica, es evidente que se tratan de herramientas muy potentes y con mucho potencial cuando se desea investigar si las tecnologías digitales, seleccionadas en función de un diseño tecnopedagógico que considera la creación de ZDP y cumplir el rol de material potencialmente significativo, hayan cumplido su función *deseable*: favorecer el acceso a conocimientos científicos e interrelacionados.

También se evidenció que esta nueva manera de evaluar puede ser compatible con la vigente en la actualidad; si bien esta propuesta tiene la ventaja de efectuar una valoración *durante* el proceso de aprendizaje, y no al final y mediante un examen tradicional que sólo indica las características de un “producto terminado”.

En consecuencia, estas nuevas herramientas podrían ser muy poderosas. Por ello, también deberían extenderse hacia otros contenidos de Física e incluso a otras asignaturas propias de cualquier ingeniería; de modo tal de comenzar a responder a una demanda tendiente a resolver -al menos en parte- la crisis de la evaluación del siglo XXI.

REFERENCIAS

- Ausubel D.P. (1978). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Alonso Sánchez, M., Gil Pérez, D., & Martínez Torregrosa, J. (1996). Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en una enseñanza constructiva de las ciencias. *Revista Investigación en la Escuela*, 30, 15-26.
- Arredondo, S. C., Diago, J. C., & Cañizal, A. (2010). *Evaluación educativa de aprendizajes y competencias*. Madrid: Pearson Educación.
- Calzada, A., Maceo, Y., & Bennasar, F. (2016). Diagnóstico de necesidades y uso de las TIC para la evaluación del aprendizaje en física en la Universidad de las Ciencias Informáticas. *EDUPEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (55), a326-a326.
- Enrique, C. (2022). *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*. Tesis doctoral; Santa Fe; Argentina. En prensa.
- Enrique, C.; Yanitelli, M., & Giorgi, S. (2018). Resultados de un Pretest sobre Movimiento Oscilatorio destinado a estudiantes de Ingeniería. *VI Jornadas Nacionales y II Latinoamericanas de 5 Ingreso y Permanencia en Carreras Científico-Tecnológicas 2018 (IPECyT 2018)*; 16-18.
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. En: L. B. Resnik (ed.). *The nature of intelligence* (231-235). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Flores, V. (2017). Metacognición y educación liberadora: Componentes esenciales para la formación integral en educación primaria. *Dialógica*, 12(2), 4-17.

Pozo, J. I. (2020). *La educación está desnuda*. Madrid: Ediciones SM.

Moreira, M. A. (2017). Aprendizaje significativo como un referente para la organización de la enseñanza. *Archivos de Ciencias de la Educación*, 11(12). doi: <http://dx.doi.org/10.24215/23468866e029>

Mortimer, E. F. (2001). Perfil conceptual: modos de pensar y formas de hablar en las aulas de ciencias. *Infancia y Aprendizaje*, 24(4), 475-490. doi: <https://doi.org/10.1174/021037001317117402>

Mortimer, E. F. (2000). *Lenguaje y formación de conceptos en la enseñanza de las Ciencias*. Madrid: A. Machado Libros.

Pedrerros Martínez, R. I. (2012). Dimensión del perfil conceptual en las investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias. *Perspectivas epistemológicas, culturales y didácticas en Educación en Ciencias y la formación de profesores: Avances de investigación*, 111-148.

Soto Lombana, C. (2002). *Metacognición: Cambio conceptual y enseñanza de las ciencias*. Cooperativa Editorial Magisterio.

Viau, J. E.; Tintori Ferreira, M. A.; y Bartels, N. V. (2019). Un nuevo enfoque para la enseñanza de la Física en el ciclo básico de carreras de Ingeniería: evaluar y desarrollar competencias profesionales. En: Cukierman, R. U.; Kalocai, G (Eds.). *El enfoque por competencias en las ciencias básicas: casos y ejemplos en educación en Ingeniería* (40–50). Buenos Aires: Edutecne.

Vygotsky, L. (1988). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. México: Crítica.