

Dos experiencias de laboratorio de péndulo simple, una material y otra virtual. Evaluación de las competencias específicas adquiridas por los estudiantes en cada caso

Two simple pendulum laboratory experiences, one material and the other virtual. Evaluation of the specific competences acquired by the students in each case

Juan Nolberto Lancioni^{1*}, Mariano Magran¹, Miguel Ré²

¹ Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Maestro M. López esquina Cruz Roja Argentina s/n. CP X5016ZAA, Córdoba, Argentina.

² Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Haya de la Torre y Medina Allende. CP X5016ZAA, Córdoba, Argentina.

*E-mail: juan_lancioni@hotmail.com

Recibido el XXXXX | Aceptado el XXXXX [Las fechas serán añadidas por el editor]

Resumen

El presente trabajo de investigación considera la necesidad de abordar como un problema pedagógico el nivel de aprendizaje adquirido por estudiantes universitarios de carreras de ingenierías, mediante dos experiencias de laboratorio de péndulo simple, una material y otra virtual, considerando que el objeto de estudio es evaluar las competencias específicas adquiridas por los jóvenes en cada caso. Es así que, en un marco basado en la educación por competencias para las ingenierías, este trabajo se lleva adelante en la cátedra de Física I, de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, en el año 2022.

Palabras claves: Laboratorio de física material y virtual; Educación basada en competencias; Competencias específicas; Formularios google; Rúbrica analítica.

Abstract

This research work considers the need to address as a pedagogical problem the level of learning acquired by university students of engineering careers, through two Simple Pendulum laboratory experiences, one material and the other virtual, considering that the object of study is to evaluate the specific competences acquired by young people in each case. Thus, within a framework based on Education by Competences for Engineering, this work is carried out in the Physics I Chair, of the National Technological University - Córdoba Regional Faculty, in the year 2022.

Keywords: Material and virtual physics laboratory; Competency based education; Specific competences; Google forms; Analytical rubric.

I. INTRODUCCIÓN

El presente es un período histórico de profundas transformaciones y la sociabilización de la tecnología avanza a un ritmo muy superior al de sus propias estructuras. La emergencia de la llamada Sociedad del Conocimiento y la Información requiere de individuos altamente capaces para el aprendizaje, actualizados en su saber y saber hacer, y hábiles para resolver problemas complejos. Surgen así tres grandes retos sociales que se relacionan profundamente con el rol y la función de la Educación Superior: la globalización económica, la importancia creciente del conocimiento en el desarrollo económico y la revolución de la comunicación e información (Salmi, J., 2001).

Estos cambios de contexto demandan la definición de un nuevo modelo de Universidad caracterizado por la globalización, la universalidad y la necesidad de dar respuesta a las nuevas demandas de la sociedad del conocimiento. Así, el nuevo modelo educativo debe cambiar el enfoque desde la enseñanza hacia el aprendizaje y desde los conocimientos hacia las competencias, entre otros (Ginés Mora, 2004). Surge así la propuesta de implementar un currículo basado en competencias. Esto es, una forma de establecer un aprendizaje centrado en el estudiante y fundamentalmente orientado a la práctica profesional. (CID, Chile, 2009). Esto último también ratificado en el Libro Rojo (CONFEDI, 2018).

Según estudios realizados, se estima que en las universidades nacionales solo el 12 % de los estudiantes que ingresan se gradúan y, si bien no hay datos oficiales para las instituciones privadas, se estima que alrededor del 30 % de los alumnos concluyen con éxito su carrera. Un 50 % de la deserción ocurre durante los dos primeros años de la carrera (Instituto Internacional para la Educación Superior en América Latina y el Caribe IESALC, 2005). Los principales motivos que explican la deserción en las etapas iniciales de las carreras se resumen en: la deficiencia de conocimientos que adquieren los estudiantes en el Nivel Medio, las dificultades para adaptarse a la vida universitaria y los errores de elección vocacional (Peluca, M., Martínez M. y Coria M., CONEAU - MECyT, 2007).

También debe destacarse la importancia que tienen los educadores en este proceso, tal como lo afirma la Declaración, Formación de Profesores: por una Docencia de Calidad (ASIBEI, 2015). Que también es ratificada por un conjunto de capacitaciones realizadas en Argentina a docentes universitarios, en la temática de la Formación por Competencias y el Aprendizaje Centrado en el Estudiante, tanto presenciales como a distancia, llevadas adelante por el Laboratorio MECEK desde el año 2016, luego de que el CONFEDI aprobara las diez Competencias Genéricas para la Ingeniería.

En el Ciclo General de Conocimientos Básicos de las carreras de Ingeniería, los cursos de Física tienen un rol fundamental. El aprendizaje de la Física, como ciencia fáctica, requiere de la práctica experimental. Los objetivos perseguidos en el proceso de aprendizaje con la inclusión de la práctica experimental pueden resumirse en las conclusiones del Comité de Laboratorios de la Asociación Americana de Profesores de Física (AAPT, 1998): 1. Desarrollar el arte de la experimentación. 2. Desarrollar habilidades experimentales y analíticas. 3. Lograr un aprendizaje conceptual. 4. Comprender las bases del conocimiento en Física. 5. Desarrollar habilidades para el trabajo en colaboración.

La noción de competencia se puede encontrar en los textos de Metafísica de Aristóteles y su preocupación por el “ser” en sus diálogos con Platón (Torres, 2002).

Con el fin de encuadrar el presente trabajo, pueden brindarse algunas definiciones de competencia:

- La competencia es la aptitud de un individuo para desempeñar una misma función productiva en diferentes contextos y con base en los requerimientos de calidad esperados por el sector productivo. Esta aptitud se logra con la adquisición y desarrollo de conocimientos, habilidades y capacidades que son expresadas en el saber, el hacer y el saber-hacer (Mertens, 2000).
- Las competencias constituyen un “saber y saber hacer” complejos (ya que integran tanto conjuntos de: conocimientos como capacidades; o dicho en otros términos: tanto conocimientos conceptuales como procedimentales y actitudinales). Se van construyendo a lo largo de la vida (de acuerdo a las experiencias y prácticas en diversas situaciones de la vida personal y profesional). Su construcción procede de modo espiralado (en sucesivas etapas se logran mayores grados de calidad) (Zalva y Gutiérrez, 2006).
- Las competencias son actuaciones integrales para identificar, analizar y resolver problemas del contexto en distintos escenarios, integrando el saber Ser (actitudes y valores), el saber Conocer (conceptos y teorías) y el saber Hacer (habilidades procedimentales y técnicas) (Tobón, Tobón, S.; Pimiento Prieto, J. y García Fraile, J.A., 2010).
- Competencia es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería CONFEDI, 2018).
- Las competencias son conocimientos bien definidos, generales o específicos (Unión Europea UE, directiva 92/51).

A los fines del presente trabajo se entiende como competencias específicas a las capacidades integradas en diversos grados que remiten a un conjunto de conocimientos, actitudes y habilidades, propias del trabajo en el Laboratorio.

Entonces, para esta investigación se plantean los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Evaluar las competencias específicas que adquieren los estudiantes mediante dos experiencias de laboratorio de Péndulo Simple, una Material y otra Virtual, realizando un estudio comparativo; en el marco de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad Regional Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional, año académico 2022.

Objetivos específicos

- Validar las competencias específicas adquiridas por los estudiantes a partir del trabajo en el Laboratorio: Material/Virtual, siguiendo un protocolo pre-establecido y determinar el grado de correspondencia para cada caso.
- Evaluar las competencias específicas logradas por cada grupo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Laboratorio de Péndulo Material: Grupo A. En el laboratorio de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Córdoba, se cuenta con los siguientes dispositivos para la práctica del péndulo:

- una masa, que es un cilindro de hierro al cual se le atraviesa un cable helicoidal acerado por medio de un orificio que tiene en su eje que, a su vez, desde un extremo se lo puede ajustar con un tornillo para fijarlo en la longitud adoptada y, desde el otro, se lo sujeta a una bandeja de chapa fijada al techo.
- cronómetros para medir el tiempo, no obstante, en general se utiliza el de los celulares.
- cintas métricas para medir longitud del hilo.
- calibre pie de rey para medir el diámetro y la longitud del cilindro.

El valor de la masa obtiene calculando el volumen del cilindro y multiplicándolo por la densidad del hierro.

Luego, para activar el movimiento del péndulo un estudiante lo aparta del punto central hasta la amplitud elegida y lo suelta, a la vez que se activa el cronómetro para medir el tiempo de 10 oscilaciones. Finalmente, al tiempo medido se divide por 10 para obtener el período.

La aceleración de la gravedad se toma como dato: $9,81\text{m/s}^2$.

Laboratorio de Péndulo Virtual: Grupo B. Se utiliza la página web de la Universidad de Colorado – EEUU: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/pendulum-lab>

En la simulación interactiva de la Web especificada, se cuenta con una representación visual de un péndulo de masa puntual en la que se pueden variar parámetros de la experiencia, como: masa, longitud del hilo, gravedad y fricción. Cuenta además con regla, cronómetro y goniómetro, este último para medir el ángulo correspondiente a la amplitud deseada. También puede optarse por dos velocidades de reproducción, una real y otra más lenta. Incluso se pueden visualizar, si se desea, los vectores cinemáticos de velocidad y aceleración.

A continuación, se observa una imagen de pantalla de lo descrito:

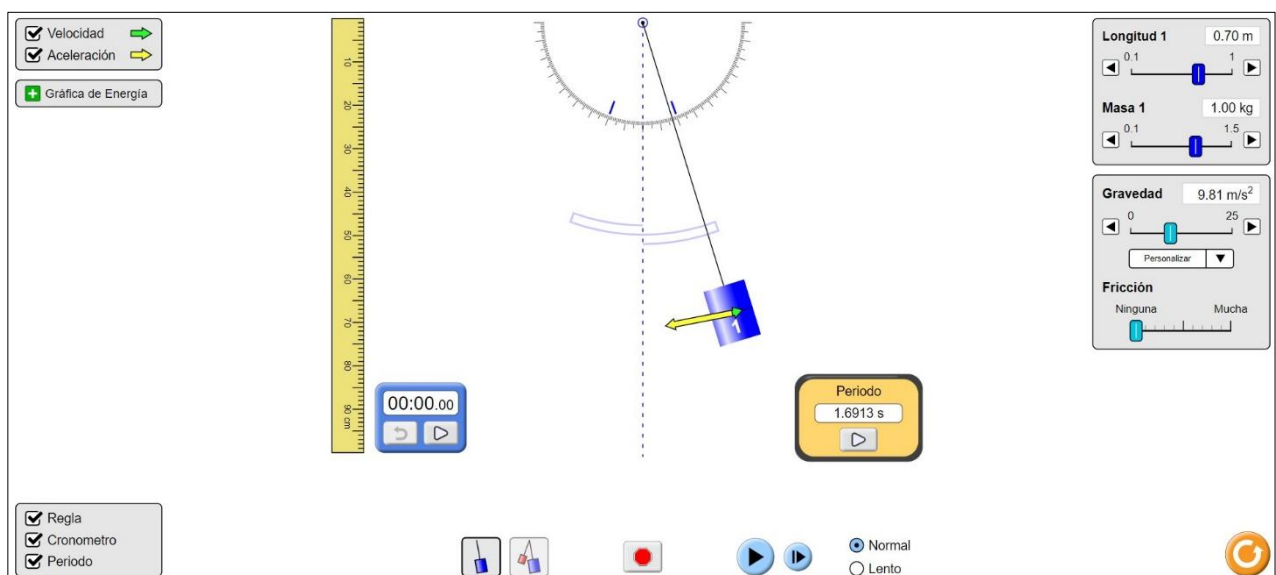


FIGURA 1. Captura de pantalla de la simulación interactiva.

Habiendo descripto los materiales para cada tipo de experiencia de laboratorio, a continuación, se muestran las distintas etapas llevadas adelante en el presente trabajo de investigación:

1. Compartir a los estudiantes del grupo A: Material y del grupo B: Virtual, el "Cuestionario Google Previo 2022" para que respondan a ciertas preguntas relacionadas con el Péndulo Simple, con la intención de indagar sobre los conocimientos previos en la temática.

2. Presentar el Marco Teórico relacionado con el Péndulo Simple (Introducción), incluyendo un diagrama de fuerzas y otro de aceleraciones. Consensuar al mismo tiempo el modelo matemático que describe al fenómeno físico, es decir, la ecuación general del movimiento y su respectiva solución.

3. Proponer, previo al inicio del laboratorio, una pregunta que actúe como elemento disparador y active la creatividad de cada grupo de estudiantes como, por ejemplo: ¿cómo se puede medir el período del péndulo? y llegar a un acuerdo razonable... Inclusive, antes de iniciar el laboratorio discutir y definir la estrategia de medición en relación a la propagación de los errores.

4. Desarrollar la experiencia de laboratorio con los dos grupos de estudiantes del mismo curso: grupo A: Material y Grupo B: Virtual; y, en cualquiera de los casos tomar como referencia una Guía preparada para tal efecto que describe: objetivos, elementos a utilizar (físicos/software), técnicas de medición, cálculos, tablas, gráficos a realizar y conclusiones. Indicar una fecha de presentación de los Informes de Laboratorio, estimada aproximadamente en dos semanas posteriores a la realización de la experiencia.

5. Compartir a los estudiantes del grupo A: Material y del grupo B: Virtual, el "Cuestionario Google Final 2022" para que respondan las mismas preguntas de Péndulo Simple formuladas en el Cuestionario Previo, con la intención de evaluar las competencias específicas adquiridas por ellos, post desarrollo de la experiencia de laboratorio.

En la entrega de resultados, los Cuestionarios Google Previo y Final 2022, corresponden al ítem cuantitativo que se denomina Evaluación 1.

6. Corregir los informes de laboratorio del grupo A: Material y del grupo B: Virtual y, utilizando una rúbrica analítica evaluar las competencias específicas adquiridas por los estudiantes en cada grupo, que están relacionadas con: Incluir un esquema simplificado de la realidad; Colocar el nombre y las cotas de los elementos constitutivos de la experiencia; Realizar un diagrama de fuerzas y aceleraciones; Ordenar claramente en una tabla las mediciones obtenidas con sus unidades e incertezas; Realizar los cálculos correspondientes con una correcta entrega de resultados y conclusiones.

En la entrega de resultados, la rúbrica analítica corresponde al ítem cuantitativo que se denomina Evaluación 2.

7. Concretar con ambos grupos y de manera simultánea un momento de puesta en común en el aula, promoviendo un debate y tomar nota sobre las opiniones o comentarios relatados por los estudiantes.

En la entrega de resultados, este ítem cualitativo se denomina Evaluación 3.

8. Informar los resultados obtenidos.

9. Brindar las conclusiones y recomendaciones.

III. ENTREGA DE RESULTADOS

La investigación realizada se basa en distintas técnicas de localización y fijación de datos, análisis de documentos y contenidos, con los procedimientos lógicos y mentales de toda investigación: análisis, síntesis, deducción, inducción, para relacionar categorías de análisis en un proceso de abstracción científica, generalizado sobre la base de lo fundamental. Se efectúa una recopilación adecuada de datos que permitan redescubrir hechos, sugerir problemas, orientar hacia otras fuentes de investigación, hacia nuevas formas para elaborar instrumentos de investigación, hacer hipótesis, entre otros (Morales Morejón, 2001). Entonces, analizando la información obtenida se obtiene:

A. Evaluación 1

Cuantitativa, corresponde a los datos de los cuestionarios Google previo y final. Se visualiza la siguiente información.

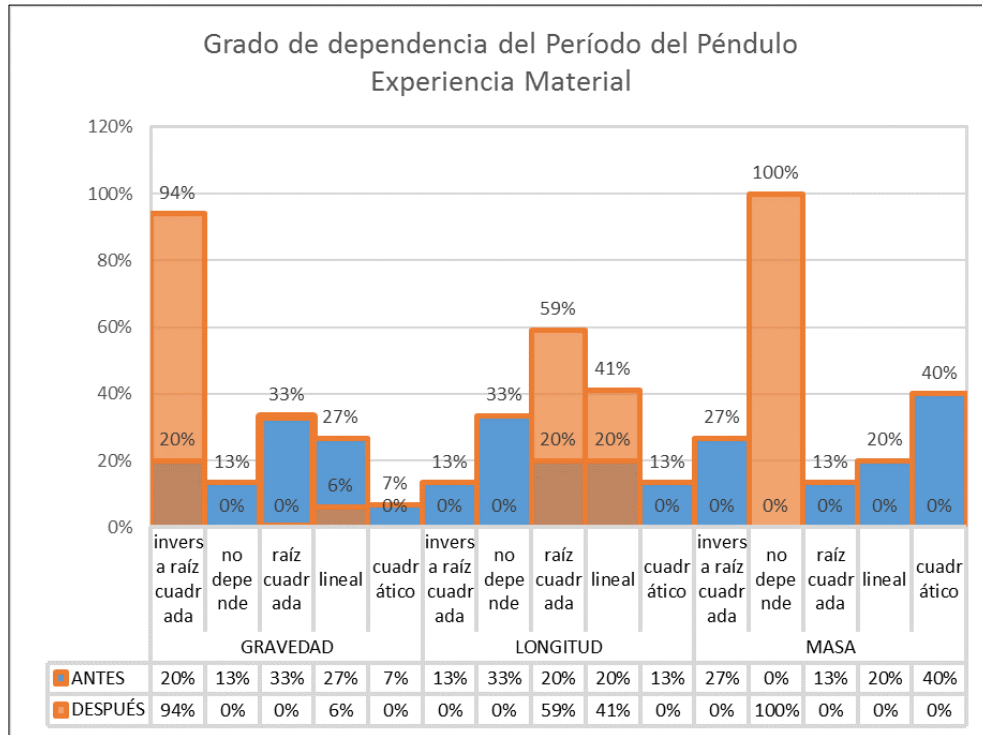


FIGURA 2. Grupo A. Experiencia material. Gráfico de barras agrupadas en donde se encuentran representadas las tres preguntas referidas al grado de dependencia del período, para cada magnitud fundamental.

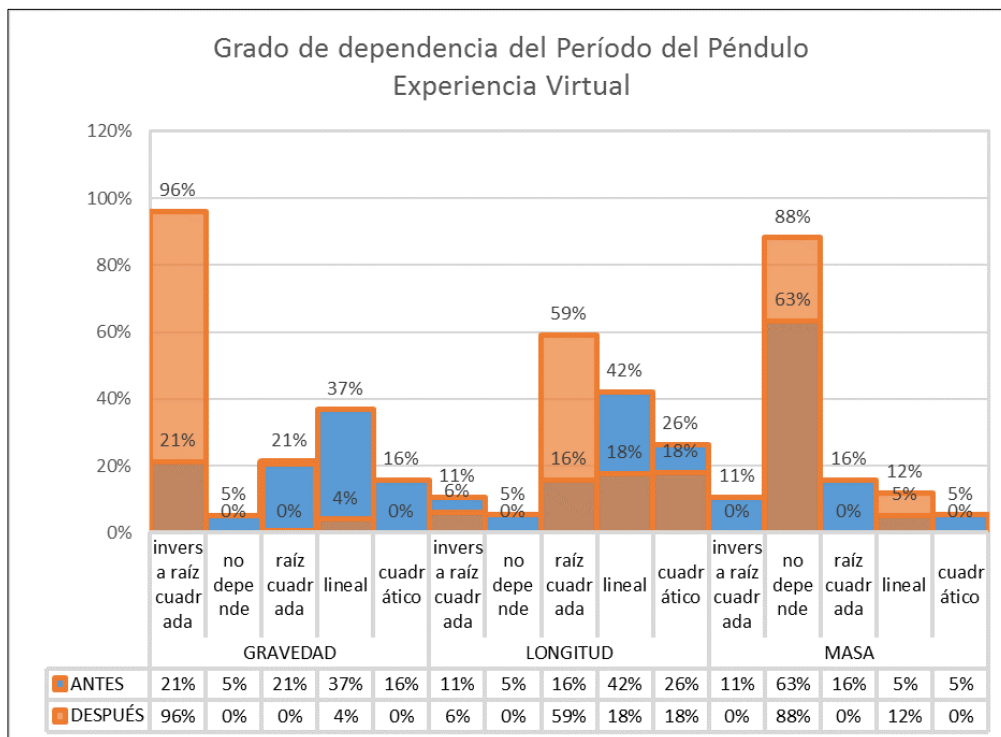


FIGURA 3. Grupo B. Experiencia virtual. Gráfico de barras agrupadas en donde se encuentran representadas las tres preguntas referidas al grado de dependencia del período, para cada magnitud fundamental.

B. Evaluación 2

Cuantitativa, correspondiente a los datos aportados por la rúbrica analítica después de la corrección de los informes de laboratorios. Se visualiza la siguiente información.

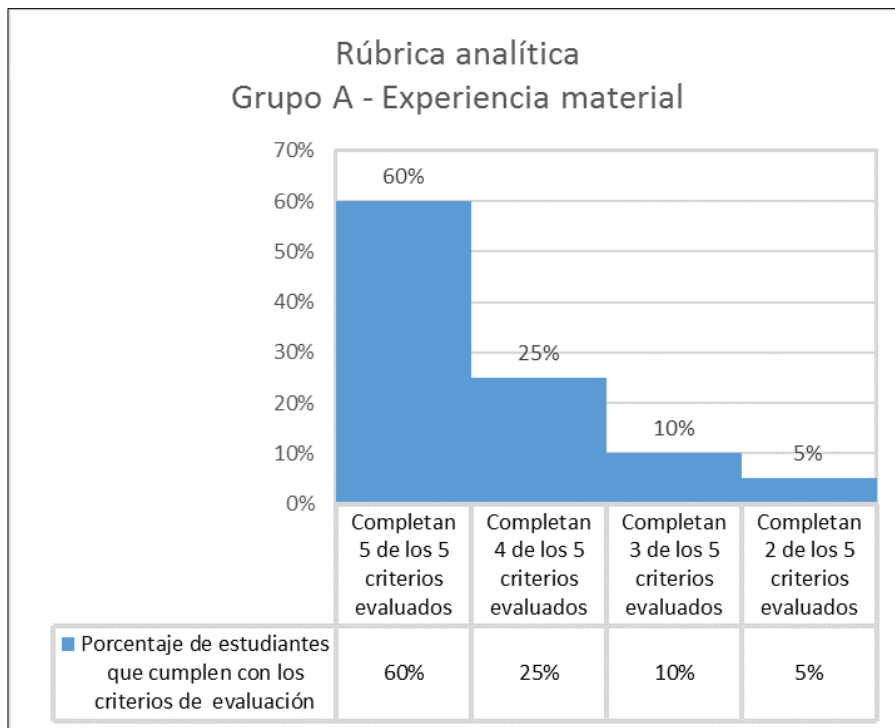


FIGURA 4. Grupo A. Experiencia material. Gráfico de barras en donde se encuentran representados los grados de consecución de las competencias específicas evaluadas.

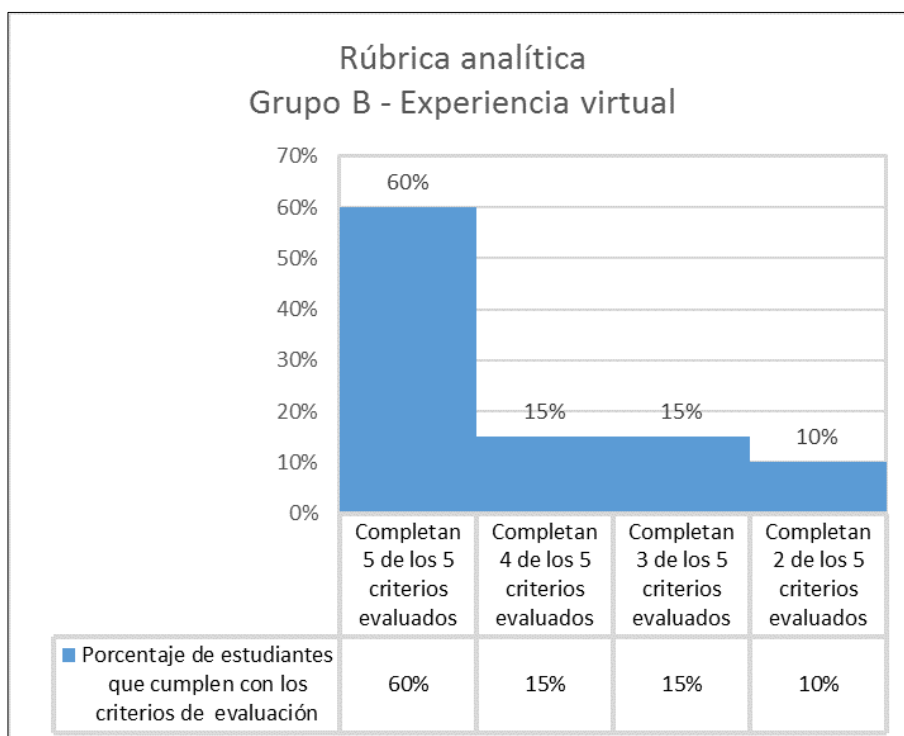


FIGURA 5. Grupo B. Experiencia virtual. Gráfico de barras en donde se encuentran representados los grados de consecución de las competencias específicas evaluadas.

C. Evaluación 3

Cualitativa, correspondiente a los dos grupos A y B, en un debate simultáneo:

En la puesta en debate de la experiencia de ambos grupos de estudio, cada uno puntualizó las ventajas de cada una, a saber:

En la experiencia material destacan que pueden: armar el dispositivo que van a utilizar en el laboratorio; tocar los elementos y apreciar las condiciones que se alejan de lo ideal; elaborar una estrategia para disminuir los errores en la medición del período aumentando la cantidad de oscilaciones; cuidar que el alambre helicoidal acerado no introduzca efectos apreciables en el movimiento; valorar positivamente el trabajo en equipo, la colaboración y los puntos de vista que surgen con el desarrollo de la experiencia.

En la experiencia virtual expresan que pueden: reproducir la experiencia las veces que sea necesario, a su tiempo, en el horario y lugar que habitualmente es el de estudio; coleccionar los datos y hacer los cálculos inmediatamente; representar visualmente y de manera automática los vectores velocidad y aceleración que actúan en el fenómeno estudiado; simular distintos valores de la aceleración de la gravedad visualizando el efecto al cambiar de planeta; contabilizar el tiempo de manera rápida y sencilla para una única oscilación, sin introducir errores de retardo y sin recurrir a un mayor número de oscilaciones.

IV. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Los modelos de los dos instrumentos utilizados en este trabajo de investigación son: cuestionarios Google y rúbrica analítica. Ambos se muestran a continuación.

TABLA I. Cuestionarios Google previo/posterior 2022 - Virtual/Material.

Ingrese nº de legajo:

Por favor responda los siguientes ítems en el menor tiempo posible y luego oprima ENVIAR.

El período de oscilación del péndulo depende de la longitud del hilo.
Indique la dependencia funcional:

- con el cuadrado de la longitud
- lineal con la longitud
- con la raíz cuadrada de la longitud
- con la inversa de la raíz cuadrada de la longitud
- no depende de la longitud

El período de oscilación del péndulo depende del valor de la masa suspendida.
Indique la dependencia funcional:

- con el cuadrado de la masa
- lineal con la masa
- con la raíz cuadrada de la masa
- con la inversa de la raíz cuadrada de la masa
- no depende de la masa

El período de oscilación del péndulo depende de la aceleración local de la gravedad.
Indique la dependencia funcional:

- con el cuadrado de g
- lineal con g
- con la raíz cuadrada de g
- con la inversa de la raíz cuadrada de g
- no depende de g

TABLA II. Rúbrica analítica.

Competencias Específicas

1. Incluye un esquema simplificado de la realidad
2. Coloca el nombre y las cotas de los elementos constitutivos de la experiencia
3. Realiza un diagrama de fuerzas y aceleraciones
4. Ordena claramente en una tabla las mediciones obtenidas con sus unidades e incertezas
5. Realiza los cálculos correspondientes con una correcta entrega de resultados y conclusiones

Los cuestionarios Google, como se observa, se caracterizan porque poseen tres consignas en donde hay determinadas alternativas de respuestas; en tanto que, la rúbrica analítica, se construye a partir de cinco competencias específicas validadas del trabajo en el laboratorio, que se evalúan con distintos grados de consecución: realiza 5 de 5; realiza 4 de 5; realiza 3 de 5; realiza 2 de 5.

Ambos instrumentos son los que se utilizaron en los ítems de la Evaluación 1 y de la Evaluación 2, respectivamente.

V. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Los datos colectados de manera automática mediante los formularios Google, en vista a las interpretaciones realizadas en la Evaluación 1, fueron trabajados a partir de los resultados que los mismos proporcionan y, de esta manera, se construyeron los gráficos de barras agrupados de frecuencias absolutas para los datos previos y posteriores a la experiencia, tomando como parámetro descriptivo de medida central, la moda.

Con la corrección de los informes de laboratorio y utilizando la rúbrica analítica, en vista a las interpretaciones realizadas en la Evaluación 2, se procede al conteo de manera manual mediante una tabla de doble entrada (competencia versus grados de consecución) y, con los resultados obtenidos, en forma porcentual, se construyeron los gráficos de barras agrupados de frecuencias absolutas, tomando como parámetro descriptivo de medida central, la moda.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las siguientes conclusiones son comunes a ambos grupos de estudio, el A y el B.

En cuanto a los Formularios Google:

- Los estudiantes prácticamente no poseen demasiada información previa en relación al fenómeno físico en estudio. Esto se justifica porque se observa una gran dispersión en las respuestas y los diagramas de barras se visualizan de manera achatada. No se reconoce una frecuencia en alguna respuesta particular que destaque en el conjunto. Es indeterminada la moda como parámetro de posición estadística.

- Luego de realizada la experiencia, la dispersión en las respuestas es notoriamente menor y la cantidad de aciertos a la respuesta correcta aumenta dramáticamente. La moda nos posiciona sobre la respuesta correcta.

- La eficacia de cada experiencia, material o virtual, medida a través de los formularios permite inferir que en ambas modalidades se obtiene una performance similar en la adquisición de las competencias buscadas.

El cuanto a la Rúbrica analítica:

- Prácticamente no existe dispersión en los resultados para cada grupo.

- Incluso se observa un alto porcentaje de consecución de las cinco competencias específicas buscadas que va del 60 al 80 % aproximadamente.

- La eficacia de cada experiencia, material o virtual, medida a través de la rúbrica analítica permite inferir nuevamente que, en ambas modalidades, se obtiene una performance similar en la adquisición de las competencias específicas buscadas.

No obstante, y de acuerdo a las conclusiones arribadas, se sugiere que en un mismo curso se vayan alternado durante toda la cursada y de acuerdo a la disponibilidad de recursos de la Facultad Regional Córdoba, experiencias de laboratorio tanto materiales como virtuales, para que los estudiantes no solamente alcancen las expectativas de logro deseadas, sino que también puedan vivenciar las ventajas descriptas para cada caso y que fueran explicitadas en la denominada Evaluación 3.

Al mismo tiempo, para el Ciclo académico 2023, se implementará la evaluación de nuevas competencias específicas reformulando los cuestionarios Google y la rúbrica analítica, a saber: ¿En qué punto/s del movimiento de un péndulo simple es máxima la tensión en el hilo? ¿En caso es mínima? Explicar. ¿Cómo se podría determinar la aceleración de la gravedad de un lugar disponiendo de un hilo, una masa y un cronómetro? Dibujar a mano alzada, la representación de la elongación vs el tiempo y en ésta señalar el periodo y la amplitud ¿De qué depende la frecuencia en tu péndulo? Graficar periodo versus longitud.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UTN – FRC, PID: TEAIACO0008176TC. A nuestros mentores, que confiaron en nosotros.

REFERENCIAS

- American Association of Physics Teachers, Goals of the Introductory Physics Laboratory, *Am. J. Phys.*, 66, 483 (1998).
- Centro Interuniversitario de Desarrollo (2009). Diseño curricular basado en competencias y aseguramiento de la calidad en la educación superior. CID. Santiago de Chile.
- CONFEDI, Consejo de Decanos de Ingeniería (2006). Un primer acuerdo sobre competencias genéricas en las carreras de ingeniería. Bahía Blanca. Argentina.
- García Fraile, Juan Antonio. (2009). Universidad Complutense de Madrid. Estrategias didácticas para la formación por competencias
- Ginés Mora, J. (2004). La necesidad del cambio educativo para la sociedad del conocimiento. *Revista Iberoamericana de Educación*, 35.
- IELSAC (2005). Seminario sobre el rezago y la deserción universitaria en América Latina y el Caribe. Talca.
- Mastache, A. (2004). Competencias y habilidades para Primer Año. Informe de Resultados. Secretaría Académica. ITBA. Buenos Aires.
- Mertens, L. (2000). La gestión por competencia laboral en la empresa y la formación profesional. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura OEI. Madrid. España. URL: <http://www.oei.es/oeivirt/fp/iberfop01.pdf>
- Morales Morejón, M. (2001). Acerca del análisis documental e informacional en el entorno de la servucción de las unidades de información: su relación con la gestión del conocimiento. *Ciencias de la Información*, 32(2), 3-33.
- Peluca, M., Martínez M. y Coria M. (2007). CONEAU – MECyT. Las dificultades para adaptarse a la vida universitaria y los errores de elección vocacional.
- Pimienta Prieto, Julio Herminio. (2012). Instituto Superior Pedagógico de la Habana, Cuba. Universidad Anáhuac, México. Estrategias de enseñanza-aprendizaje. Docencia universitaria basada en competencias.
- Resolución del Ministerio de Educación N° 1232. (2001). URL: <http://www.coneau.edu.ar/archivos/538.pdf>
- Salmi, J. (2001). Educación Superior. Enfrentando los retos del siglo XXI. URL: <http://www1.worldbank.org/education/tertiary/lima.html>
- Tobón, Sergio. (2006). Talca: Proyecto Mesesup. Aspectos Básicos de la Formación Basada en Competencias.
- Torres Rivera, Alma Delia; Badillo Gaona, Manuela; Valentin Kajatt, Nadina Olinda y Ramírez Martínez, Elia Tzindejhe. (2014). Instituto Politécnico Nacional México. Las competencias docentes: el desafío de la educación superior *Innovación Educativa*, 14(66), 129-145.
- Unión Europea UE, directiva 92/51. (1992). Relativa a un segundo sistema general de reconocimiento de formaciones profesionales, que completa la Directiva 89/8/CEE.
- Villasante, T. R., Montañés, M., y Martí, J. (2000). *La investigación social participativa*. Madrid, España: El viejo topo.
- Zalba, M. E. y Gutiérrez, N. B. (2006). Una aproximación a la educación basada en competencias en la formación universitaria. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.