



Modelo de Evaluación Diagnóstica Activa al Inicio de un Curso Universitario de Física I

Washington Caraguay^a, Geovanny Alvarado^b, Luis Benavides^c

^aFacultad de Ingeniería en Sistemas, Telecomunicaciones y Electrónica, Universidad Espíritu Santo, Guayaquil - Ecuador

^bFacultad de Ciencias Médicas, Universidad Espíritu Santo, Guayaquil - Ecuador

^cFacultad de Ingeniería en Sistemas, Telecomunicaciones y Electrónica, Universidad Espíritu Santo, Guayaquil - Ecuador

ARTICLE INFO

Received: August 15, 2019

Accepted: September 20, 2019

Available on-line: June 6, 2020

Keywords: diagnostic, competencies, physics

E-mail addresses:

wcaraguay@uees.edu.ec,

galvarado@uees.edu.ec,

lebenavides@uees.edu.ec

ISSN 2007-9842

© 2019 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

The diagnostic of competencies in solving problems of physics acquired in the baccalaureate by students in the first semester of university studies, constituent in the teaching-learning process for the teacher at the beginning of a course. In the present work a novel model of diagnostic evaluation is proposed based on active learning methodologies with a focus to the STEM Education model (Science, Technology, Engineering and Mathematics). An assessment instrument is used based on five competences, which consists of ten questions. The instrument was applied to 83 students at the beginning of a physics course. The results obtained show in a general way the deficiencies and strengths in the evaluated competences, which can be used as indicators of the reinforcement required by the students at the beginning of his university physics studies.

El diagnóstico de las competencias de resolución de problemas de física adquiridas en el bachillerato por estudiantes en el primer semestre de estudios universitarios, constituyen un reto en el proceso de enseñanza-aprendizaje para el profesor al inicio de un curso. En el presente trabajo se propone un novedoso modelo de evaluación diagnóstica con base en metodologías activas de aprendizaje con enfoque al modelo educativo STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Se hace uso de un instrumento de evaluación elaborado con base en cinco competencias, el mismo que consta de diez preguntas. El instrumento se aplicó a 83 estudiantes al inicio de un curso de física I. Los resultados obtenidos muestran de forma general las deficiencias y fortalezas en las competencias evaluadas, que pueden ser utilizados como indicadores del refuerzo que requieren los estudiantes al inicio de sus estudios de física universitaria.

I. INTRODUCCIÓN

Para muchos profesores universitarios constituye una dificultad las deficiencias existentes en las competencias de los estudiantes de bachillerato en la resolución de problemas durante el desarrollo del primer curso de Física Universitaria, generando confusión, retrasos en el proceso de enseñanza-aprendizaje e incluso deserción estudiantil. En este sentido Elizondo Treviño (2013) expresa que es muy frecuente ignorar en los estudiantes sus conocimientos previos del mundo real, que están organizados de una forma particular que les permite explicar a su modo los hechos reales, por lo que se direcciona al proceso docente-educativo asumiendo que todos los estudiantes tienen un mismo nivel y que todos han asimilado los conceptos del nivel precedente correctamente. Para Moreira (2014), la enseñanza

de la Física del siglo XXI a nivel medio no supera la del siglo XIX, donde se sigue enseñando las palancas, el plano inclinado, el movimiento rectilíneo uniforme y muy poco o casi nada de física cuántica, de partículas, de plasma, de superconductividad, se afirma también que en la actualidad persiste la educación centrada en el docente y más no en el alumno y no incentiva el aprendizaje activo por lo que recomienda grandes desafíos para la enseñanza de la Física resaltando el conocimiento previo de los estudiantes como también la actualización de los contenidos curriculares incluyendo a la Física Moderna.

Una herramienta muy utilizada para identificar dificultades y vacíos es la evaluación diagnóstica al inicio de un curso de Física Universitaria, tal es el caso de Morales, Olivera, & Mazzitelli (2016), quienes muestran los resultados de un estudio realizado con el objetivo de aprovechar la etapa de evaluación diagnóstica obligatoria al comienzo de cada año escolar con la finalidad de identificar dificultades concretas en los aprendizajes de los alumnos y reflexionar sobre el alcance de la práctica docente en el aula y posibles formas de mejorar el aprendizaje, recomiendan que la evaluación diagnóstica no sea considerada solamente un requisito formal por cumplir de parte de los docentes, sino que se debe valorar la importancia que posee para la reflexión sobre los procesos de enseñanza y de aprendizaje

En este trabajo, se presenta una novedosa estrategia de evaluación diagnóstica activa considerando 5 competencias STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) con la finalidad de obtener información de las deficiencias de los nóveles estudiantes universitarios en el desarrollo de problemas de física. Cabe mencionar que la presente investigación se enmarca dentro del Proyecto: Aplicación de Metodologías Modernas en la Enseñanza de la Física con el uso de Tecnologías de Vanguardia en los Cursos de 3ro Bachillerato, cuyo objetivo es la aplicación de metodologías activas utilizando nuevas tecnologías, contribuyendo a incrementar la vocación de los estudiantes de bachillerato hacia el estudio de las carreras de ciencias e ingenierías.

II. METODOLOGÍAS ACTIVAS DE APRENDIZAJE

La literatura contemporánea expone a través de la historia modelos, estrategias y metodologías para contribuir en las mejoras del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, así como también la incorporación de metodologías activas que hacen uso de tecnologías de información y comunicación, por lo que es relevante hacer mención algunas contribuciones importantes.

En Pérez (1993), se propone un modelo de aprendizaje de las ciencias como investigación para el tratamiento de situaciones problemáticas abiertas, a través de las cuales los alumnos pueden participar en la construcción de los conocimientos, resaltando en sus conclusiones la implicación de una formación de los docentes para llevar el modelo de aprendizaje de las ciencias como actividad de investigación. Por su parte (Segura, 1994), expone unas directrices de un modelo didáctico considerando a los conceptos y procedimientos como instrumentos útiles en la tarea general de resolución de problemas, para lo cual propone organizar la actividad de la clase en tres etapas: planteamiento de problemas, introducción de conceptos y procedimientos intelectuales y síntesis. Un trabajo desarrollado por Oñorbe de Torre & Sánchez Jiménez (1996), establece pautas organizadas a la metodología de enseñanza a emplear si se quiere incidir positivamente en el proceso de aprendizaje de la resolución de problemas, estableciendo los siguientes grupos de dificultades de los alumnos en el desarrollo de problemas de física: la escasa aplicación de la teoría al desarrollo de problemas y la falta de una directriz en su resolución, no se dan a entender y son complicados, poca capacidad de memorización, fallos en los cálculos y de confianza en sí mismo.

La transición desde un modelo educativo centrado en la enseñanza hacia un modelo centrado en el aprendizaje, marca la diferencia entre el siglo XX y el siglo XXI. Así, se puede afirmar que los métodos de enseñanza con participación del alumno, donde la responsabilidad del aprendizaje depende directamente de su actividad, implicación y

compromiso son más formativos que meramente informativos, generan aprendizaje más profundos, significativos y duraderos y facilitan la transferencia a contextos más heterogéneos (March, 2006). Estudios desarrollados por (Benegas, 2007; Inzunza & Brincones, 2010; Yousuf, Mustafa, & De La Cruz, 2010) utilizando metodologías activas de aprendizaje como la aplicación de tutoriales introductorios para física, y el aprendizaje basado en la resolución de problemas, ABP, manifiestan que pueden ser aplicados a niveles de educación tanto secundaria como universitaria independiente del género y el nivel de rendimiento, considerando mejoras en las estrategias de los profesores en la resolución de problemas. En Ruiz (2011), se sugiere la utilización del portafolio y los diarios de aprendizaje como una metodología de enseñanza, aprendizaje y evaluación con la finalidad de convertir al alumnado en parte activa del aprendizaje, potenciando su madurez, compromiso social y ético.

Considerando los conocimientos previos que poseen los estudiantes y la relación que guardan éstos con otras áreas de conocimiento y con el contexto en el que se desenvuelven para avanzar en sus aprendizajes (Hoyos, 2013), se han venido aplicando modernas metodologías activas como Aula Invertida (Brame, 2013), la cual consiste en que previo al inicio de la clase el estudiante haya venido revisando la temática a través de lecturas o videos y utilice el tiempo de la clase para tratar casos de difícil asimilación mediante debates, discusiones o desarrollo de problemas. Los aportes de (Seo & Pinela, 2015) exponen que el aprendizaje en pares y proyectos, PPL, es un modelo interactivo de aprendizaje centrado en el estudiante, que puede ser fácilmente adoptado por cualquier instructor que quiera cambiar su rol clásico de entregar información a sus estudiantes, a un modelo donde su rol principal es administrar un conjunto completo de instrucciones. PPL está constituido de dos partes fundamentales; de aprendizaje en pares en el aula y de aprendizaje basado en proyectos en el laboratorio. Teniendo en cuenta que las nuevas tecnologías no renuevan la enseñanza ni resuelven ningún problema de aprendizaje (Calderón, 2007), el aporte de las TICs en la enseñanza de la Física juega un rol importante como estrategias y complementos motivadores al proceso (Ré, Arena, & Giubergia, 2012), las mismas que para su aplicación requieren de un enfoque cognitivo y se enmarquen en un ambiente de aprendizaje (Alcivar, Tumbaco, & Merchán, 2017).

El modelo de educación integral STEM (Sanders, 2008), se basa en los principios del constructivismo y se complementa con la aplicación de metodologías activas de aprendizaje, enfocadas en el aprender haciendo. Algunos investigadores en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física han realizado aportes considerables haciendo uso de STEM y sus estrategias integradoras, para lo cual han utilizado tecnologías emergentes como: robótica (Contreras & Camachob, 2017; Church, Ford, Perova, & Rogers, 2010), software y laboratorios virtuales (Potkonjak et al., 2016; Ré et al., 2012), impresión 3D, tabletas digitales y teléfonos inteligentes (Concari, 2014; Ruiz Rey, Hernández Hernández, & Cebrian-de-la-Serna, 2018), entre otros recursos. Los resultados logrados en estos estudios exploratorios afirman la creación de ambientes de aprendizaje ideales para el proceso de diseño, construcción y pruebas experimentales conjugando los conceptos con su aplicación práctica.

III. METODOLOGÍA DE DESARROLLO

El presente trabajo trata de una investigación exploratoria a través del diseño y aplicación de un instrumento de evaluación diagnóstica para los estudiantes que toman por primera vez la asignatura de Física I, y toma como base la metodología aplicada a una prueba de Matemáticas, expuesta en (Valparaíso, 2018).

El instrumento de evaluación que se ha diseñado consta de diez preguntas tanto cerradas como abiertas. Sin embargo, las preguntas están planteadas en pares respecto a la evaluación de cinco competencias de aprendizaje activo, de tal manera que las preguntas 1 y 2 corresponde a la evaluación de la competencia 1 (C1), las preguntas 3 y 4 corresponden a las evaluación de la competencia 2 (C2), las preguntas 5 y 6 corresponden a la evaluación de la competencia 3 (C3), las preguntas 7 y 8 corresponden a la evaluación de la competencia 4 (C4) y las preguntas 9 y 10

corresponden a la evaluación de la competencia 5 (C5). De esta manera se contabilizan como aciertos para la evaluación de la respectiva competencia el hecho de que el estudiante haya contestado correctamente una o dos preguntas de los pares que se han mencionado.

La revisión literaria expuesta en el apartado I y II de algunas investigaciones exploratorias realizadas por (Inzunza & Brincones, 2010; Morales et al., 2016; Moreira, 2014; Oñorbe de Torre & Sánchez Jiménez, 1996), resaltan algunas deficiencias de los estudiantes, entre ellas: la falta de preparación conceptual, el concebir un problema de física como un problema matemático como también no considerar su resolución como un proceso. Consecuentemente, se plantea la evaluación de las siguientes competencias que deberán sustentar los resultados de aprendizaje expuestos, lo cual se expone en la Tabla 1.

Tabla 1. Competencias a evaluar y resultados de aprendizaje

Preguntas	Identificador	Competencia	Resultados de Aprendizaje
1 - 2	C1	Comprensión del fenómeno en estudio	Reconoce correctamente principios, leyes y postulados existentes en un problema de física
3 - 4	C2	Representación referencial del fenómeno	Elabora sistemas de referencia o diagramas de cuerpo libre al inicio del desarrollo de un problema de física
5 - 6	C3	Validación de soluciones	Plantea pasos o diagramas de procesos necesarios contribuyendo a la solución de un problema de física
7 - 8	C4	Resolución de problemas	Establece relaciones numéricas entre causa y efecto utilizando datos relevantes proporcionados por el problema.
9 - 10	C5	Diseño de soluciones aplicada a la Ingeniería	Genera ideas creativas contribuyendo a la solución de un problema de diseño de ingeniería aplicando leyes y principios de física.

Previo a la evaluación del instrumento, se realizaron las siguientes actividades: lectura previa, prueba de lectura, exposición de fundamentos de la temática y observación experimental de uno de los dos casos de estudio expuestos en el instrumento. El tema seleccionado para la evaluación diagnóstica fue Movimiento Bidimensional mejor conocido como Tiro Parabólico, considerando que este tema por lo general lo revisan la mayoría de colegios de enseñanza media. Excluyendo a los estudiantes que tomaban la asignatura por segunda vez, el instrumento de evaluación se aplicó a 83 estudiantes de las Carreras de Ingeniería en Sistemas, Civil, Ambiental y Arquitectura que tomaban por primera vez el curso de Física I. El tiempo requerido para el desarrollo del proceso fue de 2 sesiones, en total 180 minutos.

Para la evaluación de la competencia C1, se exponen las preguntas 1 y 2, donde la pregunta 1 es de opción múltiple y la pregunta 2 conceptual y corresponden al reconocimiento de algún principio, ley, postulado o situación espontánea que evidencien la física presente. Las preguntas planteadas son:

Pregunta 1. Despreciando la resistencia del aire. En qué punto de la trayectoria de la Fig. 1, la aceleración de la pelota es mayor:

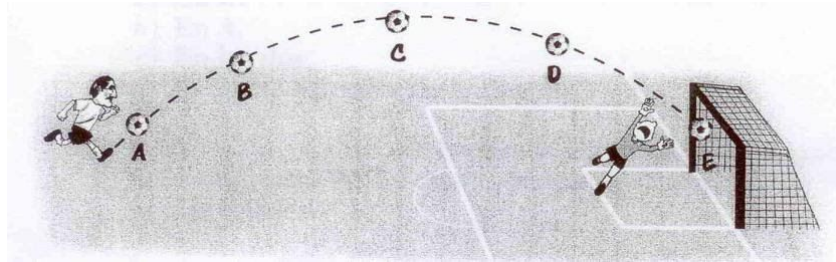


Figura 1. Gráfica de la trayectoria de la pelota que expone la pregunta 1.

- a) Al inicio: A
- b) En la mitad: C
- c) Al final: E
- d) En ningún punto

Las preguntas 2, 3, 4, 5 y 7, corresponden a situaciones relacionadas con la observación experimental realizada previamente en la clase, cuya temática analizada exponía la trayectoria de una canica en un banco experimental de pruebas de tiro parabólico, como muestra la Fig. 2. El problema se expone a continuación:

Problema 1: Una estructura experimental de tiro parabólico se encuentra ubicado en lo alto de una mesa de 0.65 m. Una canica esférica sólida metálica partiendo del reposo desde el punto A, puede rodar por dos escenarios diferentes que posee la estructura: una recta y una sección curva de un cuarto de círculo. Hasta que llega al punto B, el tiempo de recorrido por la recta es de 0.64 s., mientras que el tiempo de recorrido por la sección curva es de 0.56 s.

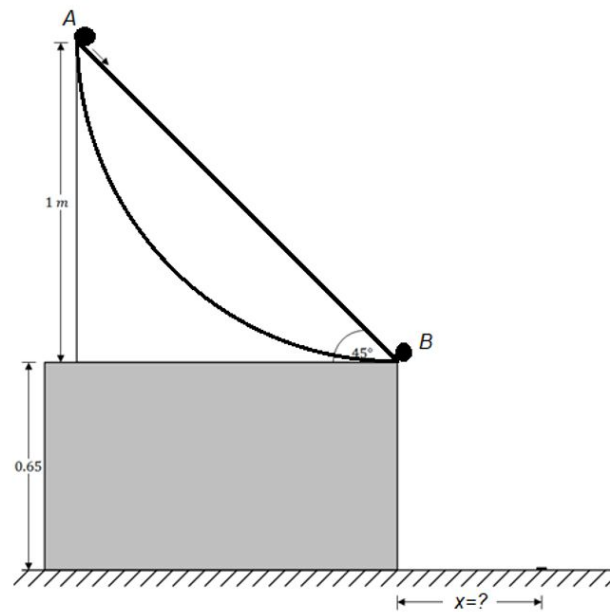
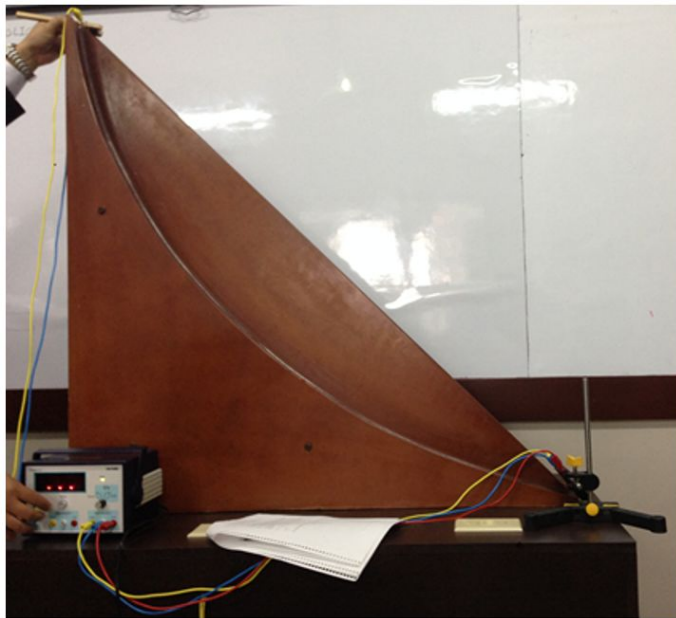


FIGURA 2. Banco experimental de pruebas de tiro parabólico y su esquema representativo

Las preguntas que surgen del problema 1 son:

Pregunta 2. ¿Por qué la canica llega más rápido al punto B, si toma la trayectoria curva?

Pregunta 3. Referencie y grafique la trayectoria que realizaría la canica durante el trayecto A-B, en ambos casos. Indique claramente los ejes, posiciones o instantes que está utilizando para la gráfica.

Pregunta 4. Referencie y grafique la trayectoria que realizaría la canica cuando deja el punto B hasta justo antes de que impacte contra el suelo, para ambos casos. Indique claramente los ejes, posiciones o instantes que está utilizando para la gráfica.

Pregunta 5. Elabore un diagrama de procesos para determinar el alcance “ x ” de la canica.

Pregunta 7. Con base en el Problema 1. ¿Cuál sería la magnitud de la velocidad con que la canica dejaría el punto B si la trayectoria tomada fuera la trayectoria rectilínea?

Del conjunto de preguntas expuesto, las preguntas 3 y 4 corresponden a la evaluación de la competencia C2, con la finalidad que el estudiante evaluado muestre su destreza en el manejo de los sistemas de referencia.

Un segundo problema se plantea en el instrumento, el mismo que trata de una aplicación ideal común de tiro parabólico. Ver Fig.3. El problema propuesto es:

Problema 2: Un avión diseñado para dejar caer agua sobre incendios forestales vuela sobre una línea recta horizontal a 315 km/h a una altura de 80 m.

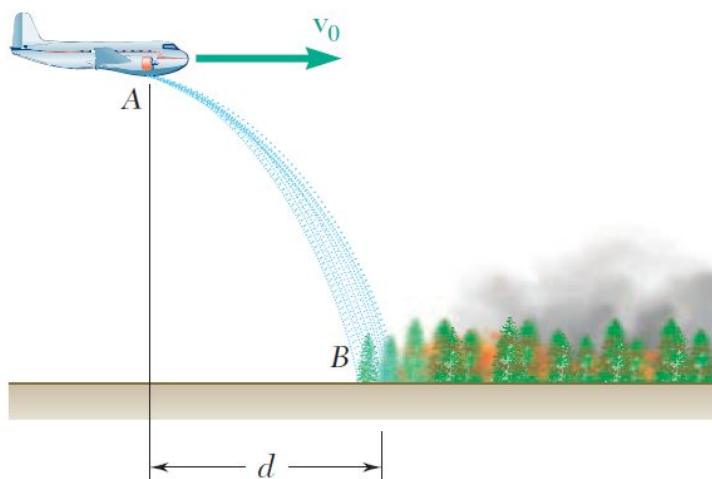


FIGURA 3. Un avión dejar caer agua sobre incendios forestales.

Fuente: (Beer, Russell, & Phillip, 2010)

Las preguntas que surgen del problema 2 son:

Pregunta 6. Elabore un diagrama de procesos para determinar el alcance “ d ” de la caída de agua.

Pregunta 8. Con base en el problema 2. Determine el alcance “ d ” a la que el piloto debe soltar el agua de manera que caiga sobre el incendio en el punto B.

La competencia C3 es evaluada mediante el desarrollo de las preguntas 5 y 6 tanto del problema 1 como del problema 2 respectivamente, se espera que el estudiante plantee un diagrama de proceso o una secuencia de pasos contribuyendo a la solución del problema propuesto.

La competencia C4 es evaluada al desarrollar las preguntas 7 y 8 que corresponden al problema 1 como al problema 2 respectivamente, se espera que el estudiante establezca relaciones numéricas haciendo uso de formulaciones matemáticas logrando la solución del problema

Para la evaluación de la competencia C5, se exponen las preguntas 9 y 10, se espera que el estudiante de manera creativa genere ideas que contribuyan a la solución de un problema de diseño de ingeniería aplicando leyes y principios de física. Las preguntas planteadas son:

Pregunta 9. Mediante un esquema gráfico, diseñe un sistema experimental de lanzamiento de un balón de baloncesto. El balón debe introducirse en la cesta a una altura establecida por Ud. Incluya los cálculos necesarios si es posible.

Pregunta 10. En este momento Ud. ha sido contratado por el ejército militar y le solicitan que mediante un esquema, diseñe un sistema de escudo contra misiles. El sistema debe especificar el radio de acción y una ecuación para posicionar el punto de impacto bidimensional tanto en el eje x como en el eje y .

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De los 83 estudiantes evaluados, 23 pertenecen a la carrera de Ingeniería Civil, 25 pertenecen a la carrera de Ingeniería Ambiental, 20 pertenecen a la carrera de Ingeniería en Computación y 15 pertenecen a la carrera de Arquitectura. Del análisis general de calificaciones del instrumento de evaluación, se discuten los siguientes resultados:

El par con mayor cantidad de respuestas correctas fueron las preguntas 3 y 4 con un 91 % de rendimiento, cuyo logro de aprendizaje demuestra que los estudiantes tienen buen nivel de expresar a través de sistemas de referencia los problemas de física para encontrar su solución, por tanto la competencia C2 obtiene el nivel más alto. Con un resultado del 63% le siguen las preguntas 9 y 10 lo cual indica que los estudiantes tienen un nivel aceptable de generar ideas creativas utilizando principios y leyes de la física en sistemas prácticos o experimentales de ingeniería. De esta manera es evidente que los estudiantes que toman por primera vez un curso de Física Universitaria tienen un nivel de dominio en competencias para representar de manera referencial el fenómeno y generar ideas creativas aplicando principios físicos. La Fig. 4. muestra el diagrama del rendimiento general de competencias evaluadas.

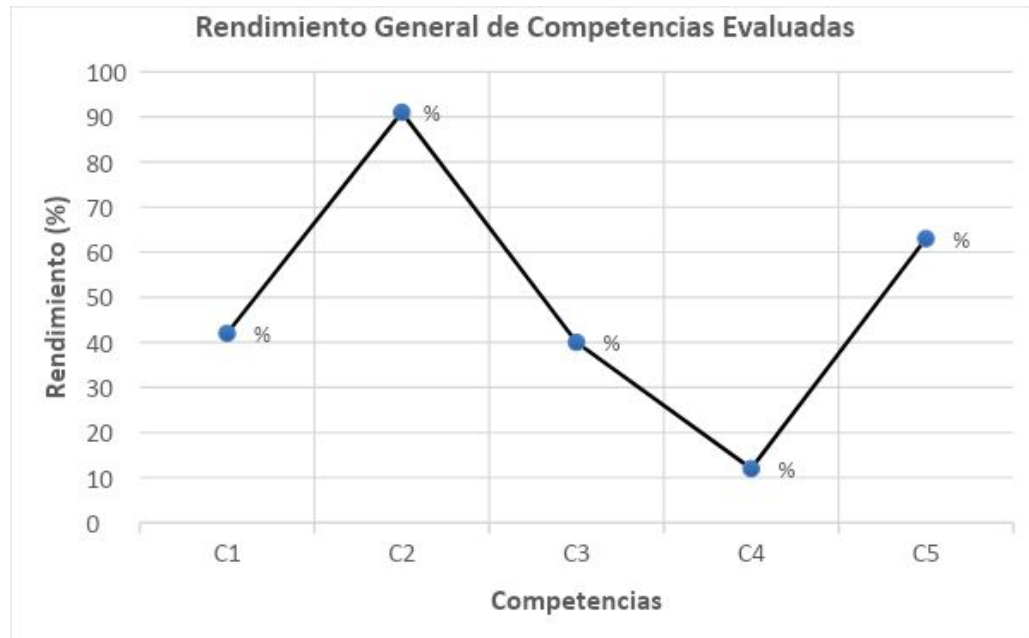


FIGURA 4. Diagrama General de Rendimiento de Competencias Evaluadas

Sin embargo, el 42% de rendimiento fueron para las preguntas 1 y 2, pertenecientes a la competencia C1, lo que indica que los estudiantes presentan dificultad en reconocer principios, leyes y postulados existentes en un problema de física. Luego con un rendimiento del 40% están las preguntas 5 y 6 pertenecientes a la competencia C3, estableciendo que los estudiantes no tratan como un proceso la resolución de un problema de física, sino más bien como un ejercicio matemático. Consecuentemente, con un rendimiento del 12 % están las preguntas 7 y 8, lo que refleja en los estudiantes serias dificultades en resolver un problema de física de manera numérica haciendo uso de formulaciones matemáticas, siendo la competencia C4 la de más bajo nivel.

Los resultados obtenidos de las competencias evaluadas por carrera tienen una tendencia prácticamente uniforme, exceptuando el resultado del rendimiento de la competencia C3 de la carrera de Arquitectura que evidencia un rendimiento del 13%. También se observa el rendimiento más bajo para las competencias C2 (87%) y C5 (53%) con respecto a las otras carreras. Claramente se observa que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil tienen el menor rendimiento en la competencia C1 (35%) y en la competencia C4 (4%). La Fig. 5, expone un diagrama de rendimiento de competencias por carrera.

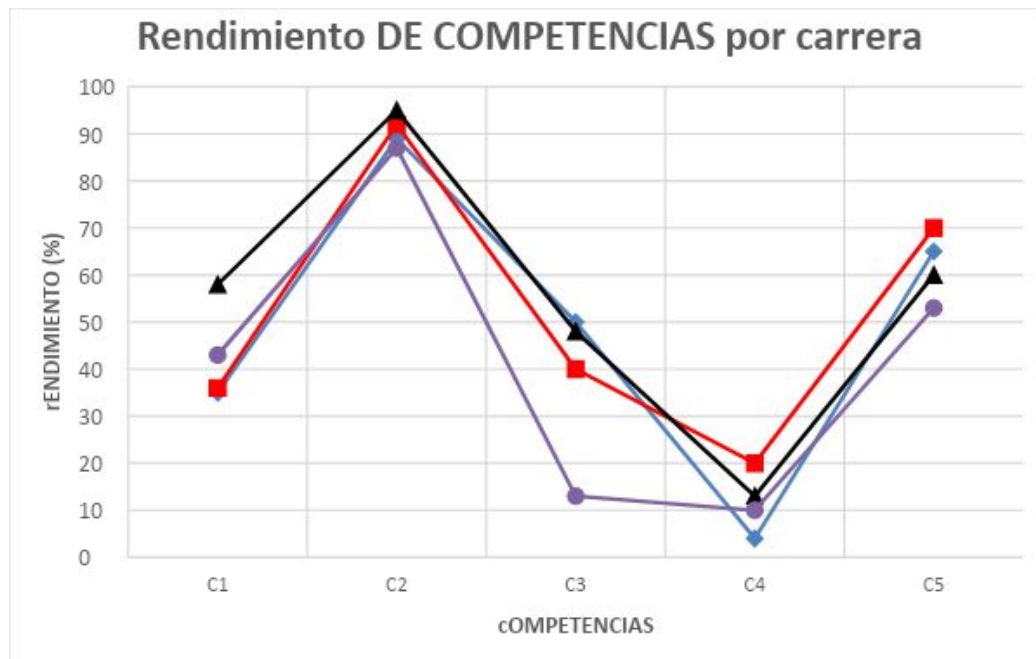


FIGURA 5. Diagrama de rendimiento de competencias evaluadas por carreras académicas

V. CONCLUSIONES

La evaluación realizada destaca un alto rendimiento de los estudiantes que han terminado el bachillerato en referenciar y representar los fenómenos de una forma gráfica y en menor porcentaje en generar ideas creativas para soluciones aplicadas a la ingeniería haciendo uso de los principios físicos. Sin embargo, se requiere incrementar la actividad lectora con la finalidad de lograr una mejora en la comprensión de los fenómenos. Los resultados muestran la deficiencia existente en la validación de soluciones que conlleva considerar que los estudiantes no aplican un proceso en el desarrollo de la resolución de los problemas. La evidencia de una marcada brecha en la aplicación numérica para la resolución de los problemas, informan al profesor la necesidad de utilizar metodologías de enseñanzas integradoras haciendo uso de aplicaciones numéricas en la resolución de los problemas de física.

Este modelo de evaluación diagnóstica puede extenderse para evaluar el proceso de enseñanza aprendizaje por cada unidad de estudio de los cursos de física, de esta manera se tendría la información actualizada del rendimiento de las competencias incluso individualizada por estudiante, sin embargo la problemática a enfrentar sería el manejo de los datos, requiriéndose el uso de software con lo cual se tendría una base de datos con mucha información contribuyendo con otras áreas de investigación como el learning analytics para el tratamiento de datos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento completo del proyecto al Centro de Investigaciones de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo.

REFERENCIAS

Alcivar, B. J. L., Tumbaco, S. L. C., & Merchán, S. M. R. (2017). Las TICs en el aprendizaje de la Física. *Revista Publicando*, 4(10 (1)), 429-438.

- Beer, F., Russell, J., & Phillip, C. (2010). *Mecánica vectorial para Ingenieros Dinámica* (Novena ed.). México: Mc Graw Hill.
- Benegas, J. (2007). Tutoriales para física introductoria: una experiencia exitosa de aprendizaje activo de la física. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 1(1), 32-38.
- Brame, C. (2013). Flipping the classroom. Retrieved, August, 29, 2013.
- Calderón, S. E. (2007). Uso de nuevas tecnologías para el aprendizaje de física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 20(1 y 2).
- Concari, S. B. (2014). Tecnologías emergentes ¿Cuáles usamos? *Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol.*, 8(3), 494.
- Contrerasa, L. G. C., & Camachob, F. F. (2017). La robótica en la enseñanza de la física en el bachillerato. *Lat. Am. J. Sci. Educ.*, 4, 22050.
- Church, W. J., Ford, T., Perova, N., & Rogers, C. (2010). *Physics With Robotics-Using LEGO MINDSTORMS In High School Education*. Paper presented at the AAAI Spring Symposium: Educational Robotics and Beyond.
- Elizondo Treviño, M. d. S. (2013). Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física. *Presencia Universitaria*, 3(5), 70-77.
- Hoyos, A. (2013). Las estrategias de aprendizaje y la física. *Vida Científica Boletín de la Escuela Preparatoria No. 4*, 1(2).
- Inzunza, J. C., & Brincones, I. (2010). Aprendizaje de la física por resolución de problemas: Caso de estudio en Alcalá de Henares, España (A physics problem-based-learning: Case study in Alcalá de Henares, Spain). *Theoria*, 51-59.
- March, A. F. (2006). Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatio siglo XXI*, 24, 35-56.
- Morales, L., Olivera, A., & Mazzitelli, C. (2016). Contenidos estudiados vs. contenidos aprendidos: la importancia de la evaluación diagnóstica. *Revista de Enseñanza de la Física*, 28, 137-144.
- Moreira, M. A. (2014). Enseñanza de la física: aprendizaje significativo, aprendizaje mecánico y criticidad. *Revista de Enseñanza de la Física*, 26(1), 45-52.
- Oñorbe de Torre, A., & Sánchez Jiménez, J. (1996). Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de los problemas de física y química: I. Opiniones del alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 0165-0170.
- Pérez, D. G. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 11(2), 197-212.
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrovic, V. M., & Jovanovic, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309-327. doi:10.1016/j.compedu.2016.02.002
- Ré, M. A., Arena, L. E., & Giubergia, M. F. (2012). Incorporación de TICs a la enseñanza de la Física. Laboratorios virtuales basados en simulación. *Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación*, 8, 16-22.
- Ruiz, A. P. (2011). El modelo docente universitario y el uso de nuevas metodologías en la enseñanza, aprendizaje y evaluación The educational model at university and the use of new methodologies for teaching, learning and assessment. *Revista de educación*, 355, 591-604.
- Ruiz Rey, F. J., Hernández Hernández, P., & Cebrian-de-la-Serna, M. (2018). Programación y robótica educativa: enfoque didáctico-técnico y experiencias de aula.
- Sanders, M. E. (2008). Stem, stem education, stemmania.
- Segura, C. S. (1994). Los procedimientos en el aprendizaje de la Física. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 12(3), 400-405.
- Seo, Y., & Pinela, F. (2015). A new approach to learning Science under STEM: Peer Project Learning. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 28(3).
- Valparaiso, U. d. (2018). Diseño e implementación de una estrategia para la evaluación y fortalecimiento continuo de competencias STEM. Retrieved from <http://uva1409.uv.cl/index.php>
- Yousuf, A., Mustafa, M., & De La Cruz, A. (2010). *Project-Based Learning (PBL)*. Paper presented at the 2010 ASEE Annual Conference and Exposition, Louisville, KY.

