

CASO DE ÉXITO DEL APRENDIZAJE ACTIVO EN LA ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE FÍSICA EN INGENIERÍA

SUCCESS STORY OF ACTIVE LEARNING IN THE TEACHING LEARNING OF PHYSICS IN ENGINEERING

J. Silvestre Zavala¹

RESUMEN

La Física brinda los fundamentos que son base para muchas otras materias en ingeniería, tales como Mecánica, Termodinámica, Electricidad y Magnetismo. Pero los estudiantes se enfrentan a varios problemas que dificultan su aprendizaje, siendo uno de ellos el uso único de metodologías como el aprendizaje tradicional o pasivo que los convierte en simples receptores de información que no se involucran en su construcción. En el presente trabajo se desarrolla un diseño de investigación experimental, en el que se eligieron dos grupos, uno experimental y otro de control. En el primero se implementaron metodologías de aprendizaje activo, tales como el aula invertida y trabajo colaborativo, mientras que, el segundo se aplicó una metodología de aprendizaje pasivo. El objetivo consistió en potenciar el aprendizaje del grupo experimental, verificándolo con evidencias tales como investigaciones, solución de ejercicios, prácticas de laboratorio y exámenes escritos. Como resultado principal se obtuvo una mejora en la aprobación del curso de 21 puntos porcentuales del grupo experimental respecto al de control. Se concluye que el aprendizaje activo es de gran utilidad en el aprendizaje de la Física, ya que facilita de una manera más eficaz que otras metodologías la apropiación de conocimientos teóricos y prácticos por parte de los estudiantes.

ABSTRACT

Physics provides the foundation for many other engineering subjects, such as mechanics, thermodynamics, electricity, and magnetism. But students face several problems that hinder their learning, one of them is the sole use of methodologies such as traditional or passive learning that makes them simple recipients of information that are not involved in its construction. In the present work an experimental research design is developed, in which two groups were chosen, one experimental and other for control. In the first one, active learning methodologies such as flipped classroom and collaborative work were implemented, while the in the second one a passive learning methodology was applied. The objective was to enhance the learning of the experimental group, verifying it with evidence such as research, solution of exercises, laboratory practices and written examinations. The main result was an improvement in the approval of the course of twenty-one percentage points of the experimental group compared to the control group. It is concluded that active learning is especially useful in the learning of Physics since it facilitates in a more effective way than other methodologies the appropriation of theoretical and practical knowledge by students.

ANTECEDENTES

Planteamiento del problema

El aprendizaje y aplicación de los conceptos, leyes y teorías de la Física representan un reto de proporciones titánicas, en muchos de los casos, para los estudiantes. Sobre todo, cuando se enfrentan a deficiencias que han ido acumulando a lo largo de su formación académica y que arrastran una vez que se incorporan al estudio de una ingeniería. Estas carencias son de carácter multifactorial, desde la falta de compromiso y de interés por parte del estudiante, hasta la aplicación de estrategias y metodologías de enseñanza aprendizaje, tales como, el aprendizaje pasivo, que no provocan un aprendizaje significativo que combata las primeras causas.

¹ Profesor de tiempo completo. Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. javier.sz1@irapuato.tecnm.mx

Por otro lado, cargar gran peso de la calificación obtenida a un examen escrito, sin valorar en su justa dimensión el desempeño durante el curso, las tareas, prácticas de laboratorio, investigaciones, entre otros, no aporta mucho a la motivación del estudiante y arroja una evaluación sesgada del aprendizaje. Sin embargo, un cambio de paradigma en la forma de trabajo de los profesores no es automático ni necesariamente deseado por su parte, ya que como sostienen Caro y Reyes (2003, p. 54), “la modificación de los métodos tradicionales de enseñanza no es un proceso inmediato. El cambio es continuo y requiere una reflexión de las concepciones pedagógicas sobre el conocimiento, la enseñanza y la educación que tiene cada profesor”.

Preguntas de investigación

- ¿Con el aprendizaje activo se mejora la adquisición de las competencias propias de la materia de Física General?
- ¿Qué se requiere del estudiante para que el aprendizaje activo impacte positivamente en su aprendizaje?

Objetivo general

Aplicar estrategias y técnicas del aprendizaje activo que se ajusten a las condiciones específicas de un grupo que cursa una materia de Física en ingeniería con la finalidad de mejorar su aprendizaje.

Justificación

El estudio de la Física en la ingeniería es de capital importancia, ya que, ofrece a los estudiantes conocimientos y herramientas que les permiten proponer y desarrollar soluciones en amplias áreas de la profesión. Les proporciona principios fundamentales que subyacen a muchas disciplinas como la mecánica, la termodinámica, la electricidad y el magnetismo. Permite también la perfección del razonamiento lógico y la resolución de problemas, así como la participación en equipos multidisciplinarios para el desarrollo de proyectos.

Pero para que los estudiantes puedan adquirir los conocimientos que les permitan coadyuvar en las actividades anteriores, es necesario utilizar estrategias, técnicas y modelos de enseñanza aprendizaje que les permitan participar activamente y hacerse responsables de su propio aprendizaje. Al respecto Sánchez (2022, p. 3) comenta que, “conforme la estrategia de aprendizaje lleva una mejor estructuración y dosificación de contenidos de manera ordenada, los resultados son mejores en el impacto de aprendizaje, lo cual favorece a los estudiantes”.

Por lo anterior expuesto, el presente trabajo de investigación se justifica, ya que, propone la aplicación de técnicas y estrategias del aprendizaje activo acordes a las condiciones específicas de un grupo de Física General en ingeniería. Logrando con lo anterior impactar significativamente en el aprendizaje de los estudiantes, elevando los índices de aprobación, así como, su disposición y motivación para realizar las actividades propias del curso. El modelo desarrollado puede replicarse con los ajustes necesarios en la impartición de la Física en ingeniería en los institutos tecnológicos del país.

Contexto de la investigación

La investigación se desarrolló en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, en la materia de Física General correspondiente al tercer semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. En el grupo de control se tuvo una matrícula de 41 estudiantes, mientras que en el grupo experimental la matrícula fue de 43 estudiantes. La validez de la investigación está suscrita al semestre agosto-diciembre de 2023 en los dos grupos antes mencionados, por lo que, es necesario revisar su efectividad en semestres posteriores.

METODOLOGÍA

Diseño de la investigación

Se eligió un diseño experimental para el desarrollo de la investigación en base a lo que establecen Hernández et al. (2010, p. 121) que, “un experimento es un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes, para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes, en una situación que controla el investigador”. La variable independiente fue el aprendizaje activo y la variable dependiente fue el aprendizaje de los estudiantes.

El universo lo conformaron los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. La población fueron los estudiantes de tercer semestre de la mencionada carrera. Respecto a la muestra, fueron los estudiantes de la materia de Física General. El grupo de control contó con una matrícula de 41 estudiantes, 4 mujeres y 37 hombre con un promedio de edad de 19 años. El grupo experimental estuvo conformado por 43 estudiantes, 8 mujeres y 35 hombres con un promedio de edad de 19 años.

El aprendizaje activo tuvo sus orígenes en las teorías del constructivismo, el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje significativo, donde los estudiantes deben involucrarse activamente en la apropiación de nuevo conocimiento. No obstante, en la actualidad el aprendizaje activo se ha especializado y perfeccionado merced a los cambios que surgen en el mundo, mismos que no excluyen el ámbito educativo. Estos exigen la constante actualización y adaptación de las estrategias de enseñanza aprendizaje con el objetivo de preparar al estudiante para enfrentar los retos que enfrentará en el ámbito laboral.

En un trabajo de investigación desarrollado por Hernández et al. (2015) se presentó la implementación de un programa de formación docente basado en técnicas didácticas y estrategias de enseñanza aprendizaje para fomentar la apropiación duradera del conocimiento de los estudiantes de ingeniería. Lo anterior tomando como eje formativo el aprendizaje activo que promovió la autogestión y responsabilidad de los estudiantes en la adquisición de nuevos conocimientos.

Hinojosa et al. (2016) realizaron un estudio comparativo sobre la efectividad de la enseñanza tradicional versus el aula invertida en la impartición de un curso de Álgebra para ingeniería. El estudio arrojó una mejora de trece puntos porcentuales en el aprovechamiento del grupo donde se implementó el aula invertida en comparación con aquel donde se aplicó la metodología tradicional.

Garza et al. (2018) reportaron los resultados de la aplicación del aprendizaje activo, aprendizaje basado en proyectos y secuencias didácticas en un curso de Electrónica Digital, fomentando el uso de las TIC, diseño y pruebas de prototipos funcionales, utilización de videos y presentaciones. En este estudio se encontró que los grupos donde se aplicó la metodología obtuvieron hasta 35 puntos porcentuales de mejora en el aprendizaje por encima de aquellos donde no se aplicó.

Arellano et al. (2023) en su trabajo de investigación muestran los resultados de aplicar el aula invertida en un curso de circuitos de corriente alterna donde el instructor diseñó y puso en práctica actividades como discusiones dirigidas, exposiciones y proyectos, tomando como base una plataforma digital institucional. Encontraron que más del 80% de los estudiantes respondieron correctamente los reactivos presentes en un examen tomado en la mencionada plataforma.

Instrumentos de recolección de información

Al final del curso de Física General se aplicó un cuestionario basado en la escala de Likert con la intención de conocer las impresiones de los estudiantes sobre la aplicación de la metodología de aprendizaje activo. Además, se anexó una pregunta abierta donde podían expresar libremente su opinión acerca de las estrategias aplicadas, la metodología de evaluación, su percepción personal sobre el aprendizaje adquirido y sugerencias de mejora al curso.

Aprendizaje activo

Como lo establecen Ghilay y Ghilay (2015, p. 10) “los estudiantes aprenden mejor cuando se involucran con el material del curso y participan activamente en su aprendizaje”. En este orden de ideas, en el presente trabajo de investigación se implementaron varias técnicas y estrategias que promueven el aprendizaje activo, mismas que se describen en las siguientes líneas.

Necesidad de reforzamiento de conceptos

En la primera sesión del curso se aplicó un examen diagnóstico para detectar las fortalezas y debilidades en los conocimientos matemáticos aplicables en la materia. Después de revisarlo, discutirlo con el grupo y detectar las áreas de oportunidad, se asignó a los estudiantes la tarea de investigar en fuentes diversas la solución de ecuaciones cuadráticas, notación científica, geometría, trigonometría del triángulo rectángulo y solución de sistemas de ecuaciones, entre otros. Esta tarea se entregó como una primera evidencia de aprendizaje en formato de reporte al final de la primera unidad. Cabe mencionar que, cada tema debía incluir ejercicios resueltos para reafirmar los conceptos.

Aula invertida

Leupín (2016, p. 23) establece que, “el aprovechamiento del tiempo de clase como una oportunidad de aplicar el conocimiento y la interacción, más que la mera transferencia de conocimiento se fomenta por el aula invertida”. La manera de implementar esta técnica consistió en crear un repositorio en una plataforma digital con los recursos que contenían los temas correspondientes a la asignatura. Se solicitó a los estudiantes que los revisaran, que los asimilaran y que realizaran un ensayo de cinco minutos donde incluyeran las ideas principales, leyes, principios o fórmulas, así como, sus dudas en caso de tenerlas. Lo anterior

previo a que el profesor tratara el tema en el salón de clase mediante el lanzamiento de preguntas, reforzamiento de conceptos clave, aclaración de dudas y solución de ejercicios sobre la lección.

Se requirió a los estudiantes que, además de solo copiar los ejercicios resueltos por el profesor en sus libretas, escribieran notas sobre el proceso de solución, resaltando aquellos pasos que les generaban más dudas. Con esto, al volver a revisarlos, recordarían claramente el porqué y el cómo de la solución. En este sentido, el profesor además hizo hincapié en los pasos del procedimiento que, en su experiencia, causaban más confusión y falta de comprensión, y, por ende, malos resultados en los exámenes escritos. Cabe destacar que, por supuesto, el estudiante seleccionaba lo que a su criterio merecía la pena ser agregado en los comentarios del ejercicio. Este proceso de anexión de notas a las soluciones se estableció como una evidencia de aprendizaje, entregándose un reporte al final de cada unidad.

Trabajo colaborativo

Uno de los ejes fundamentales de la implementación del aprendizaje activo lo constituyó el trabajo colaborativo, que como Lozano et al. (2020, p. 86) establecen, “permite retener la información por más tiempo, se tiene una menor probabilidad de abandonar los objetivos, se adquieren habilidades de comunicación y trabajo en equipo y se gana en una mejor comprensión del entorno en el cual se trabaja”. En este orden de ideas, se conformaron equipos de trabajo de cinco integrantes, los cuales se encargaron de desarrollar, aplicando el aprendizaje activo, actividades que aportaron a la calificación obtenida en cada unidad y que a continuación se describen.

Prácticas de laboratorio

En cada unidad se desarrolló una práctica de laboratorio que permitió apreciar la aplicación de los conocimientos teóricos en el mundo real. Los integrantes de cada equipo aplicaron el aprendizaje activo en el desarrollo de las prácticas, ya que, el profesor solo propuso el tema sobre el que debían versar y los equipos desarrollaron todo el proceso. Proceso consistente en investigar la mejor opción para aplicar la teoría en la práctica, valorar los materiales necesarios, el grado de dificultad, pertinencia con el tema y apego a todos los criterios de evaluación presentes en la lista de cotejo que evaluaba el reporte correspondiente. Dentro de las responsabilidades de cada integrante se encontró la investigación y presentación de una opción al equipo durante las sesiones de clase, eligiendo por consenso la mejor de ellas.

Cabe mencionar que, debieron involucrarse en todo el proceso de la práctica, ya que, al momento de su entrega junto con el reporte correspondiente, se les cuestionaron los conceptos teóricos involucrados, el procedimiento de desarrollo y el funcionamiento. Por lo tanto, la participación y el desempeño individual incidieron directamente en la obtención de la calificación correspondiente del equipo.

Investigación

Un pilar más de la aplicación del aprendizaje activo lo constituyeron las investigaciones desarrolladas en equipo. En cada unidad se asignaron temas específicos a investigar, siendo evaluados mediante una rúbrica. El aprendizaje activo consistió en que cada integrante debía consultar en fuentes diversas los temas correspondientes, eligiendo las mejores que a su

criterio cumplieran con lo solicitado por la asignación. Posteriormente, y durante el tiempo de clase, los integrantes de cada equipo contrastaban sus fuentes y elegían las más adecuadas.

Cabe resaltar que, cada integrante debía tener en su propia libreta una copia exacta de la información que previamente habían seleccionado. Lo anterior, para evitar la tentación de cortar y pegar tan común en los trabajos desarrollados en computadora. Uno de los criterios de evaluación de la investigación consistió en requerir que los temas desarrollados incluyeran ejemplos prácticos de la aplicación de las leyes, principios y fórmulas correspondientes.

El día asignado para la revisión de la investigación, y después de cerciorarse el profesor de que cada integrante del equipo la tenía completa en su libreta, se seleccionaba aleatoriamente solo una de ellas para la revisión con base en el instrumento de evaluación. Lo anterior fomentó que cada uno de los integrantes del equipo se esmerara en el desarrollo de la investigación ya que esto influía en la calificación del equipo completo.

RESULTADOS

Los resultados presentados en esta sección corresponden solo a los estudiantes que concluyeron el curso, ya que hubo un promedio de deserción de 40% que se presentó gradualmente desde el inicio hasta el fin de este.

Entrega de actividades

Las actividades que evidenciaron la adquisición de las competencias propias de la asignatura de Física General consistieron en primera instancia en la investigación de los temas de matemáticas arrojados por el examen diagnóstico, entregada en formato de reporte e incluyendo la presentación de ejercicios resueltos. Esta actividad en particular apoyó bastante el desarrollo del curso, ya que aseguró que el estudiante contara con las bases sobre las cuales construir su conocimiento de la Física.

Otras actividades, cuyo desarrollo se reflejó en un buen desempeño en los exámenes escritos, fueron la investigación de temas propios de cada unidad, los ensayos de cinco minutos y adicionar comentarios a los ejercicios desarrollados por el profesor. Por último, las prácticas de laboratorio permitieron que los estudiantes, al desarrollar todo el proceso, adquirieran y aplicaran competencias tales como autonomía y autorregulación, comunicación, ética y responsabilidad profesional, gestión de la información y pensamiento crítico.

La Figura 1 muestra que, con la aplicación del aprendizaje activo, el grupo experimental tuvo un porcentaje de 94 % de entrega en tiempo y forma de las actividades antes mencionadas, mientras que, respecto a las prácticas de laboratorio fue del 90%. Lo anterior, se reflejó en un aprendizaje significativo que influyó directamente en su desempeño durante el curso. Por su parte, el grupo de control presentó porcentajes de 80% y 60% en la entrega de las actividades y prácticas de laboratorio respectivamente.

Figura 1. Porcentajes de entrega de actividades y prácticas de laboratorio

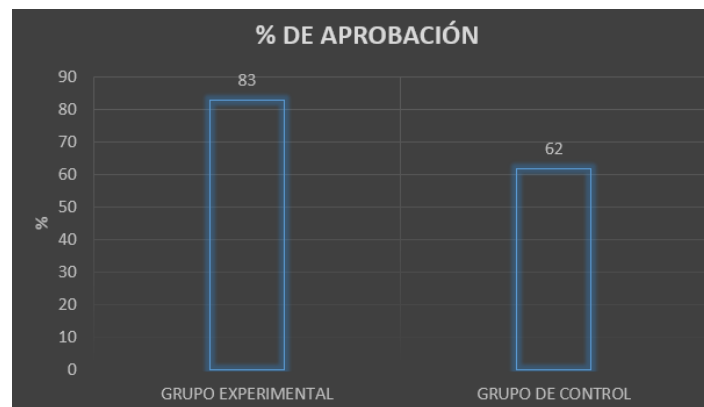


Cabe mencionar que, el grupo de control se trató con una metodología de enseñanza aprendizaje tradicional o pasiva, donde el profesor desarrolló los temas en el salón de clase, proporcionó la guía de las prácticas de laboratorio, qué y cómo debían hacerse, y los estudiantes realizaron las actividades fuera del aula. Al respecto Ghilay y Ghilay (2015, p. 10) establecen que, “cuando se administran las lecciones basadas en la transferencia de información, se convierte a los estudiantes en oyentes pasivos, que no participan en la lección”.

Aprobación

La aplicación del aprendizaje activo en el grupo experimental de Física General arrojó un porcentaje de aprobación del 83%, contra un 62% del grupo de control, como se puede apreciar en la Figura 2. Aunque, el 21% de mejora pudiera parecer discreto, refleja el entusiasmo y compromiso que despertó en el primer grupo la metodología aplicada. Esta derivó en una mayor calidad de las actividades, prácticas de laboratorio y desempeño en los exámenes escritos. Reflejándose esto último en la calificación obtenida en el curso.

Figura 2. Porcentajes de aprobación de los grupos experimental y de control



En el caso particular de este trabajo, los indicadores que se evaluaron para generar la calificación del curso incluyeron investigaciones, ejercicios relacionados con los temas,

ejercicios resueltos por el profesor con los comentarios correspondientes por parte del estudiante, ensayos de cinco minutos, prácticas de laboratorio, desempeño individual y de equipo, así como exámenes escritos.

Evaluación del curso por parte de los estudiantes

Finalizado el curso se decidió aplicar un cuestionario basado en la escala de Likert para medir la satisfacción de los estudiantes sobre la metodología de aprendizaje activo aplicada en el grupo experimental de Física General. Observamos en la Figura 2 que el 90% de los estudiantes estuvieron de acuerdo en que el aprendizaje activo mejoró sustancialmente su aprendizaje, ya que al involucrarse de lleno en el mismo y con ello reforzar las competencias del curso, lograron aprobarlo satisfactoriamente. Cabe resaltar que, despertó en ellos la conciencia de que el primer objetivo de los estudiantes debe ser el aprendizaje, ya que, como consecuencia de este, se acreditan las materias.

El 87% de los encuestados estuvo de acuerdo en que la aplicación del aula invertida les permitió mejorar su comprensión de los temas, ya que, después de revisarlos previamente a la clase, pudieron aclarar sus dudas en el aula con sus propios compañeros de equipo o con el profesor. Además, estuvieron más preparados para entender la solución de los ejercicios desarrollados durante el tiempo de clase y los que incluyeron en las investigaciones.

Figura 3. Porcentajes de satisfacción de los estudiantes con el aprendizaje activo



La sinergia productiva que se generó con el trabajo colaborativo se ve reflejada en el porcentaje de satisfacción del 88%. Cabe recordar que, la mayor parte de las actividades de la asignatura se trabajaron colaborativamente, a excepción de los ejercicios resueltos y los exámenes escritos.

Por último, y no menos importante, los estudiantes reconocieron en un 85% la gran importancia del autoaprendizaje, que les demandó la revisión previa de los temas, la realización de ensayos de 5 minutos y el proponer las prácticas de laboratorio, entre otras actividades. El papel desempeñado por el profesor fue el de un guía que encaminó el trabajo, supervisó que se mantuviera en los cauces de las competencias que se deseaban alcanzar y aclaró dudas en todo momento.

Por otra parte, se incluyó en el cuestionario una pregunta abierta donde el estudiante pudo expresar libremente su opinión sobre el curso y el aprendizaje activo. Uno de ellos consideró que “un punto muy bueno fueron los ensayos, ya que fueron fundamentales para comprender la materia debido a la información que se revisaba de manera previa a las sesiones”.

En otra de las respuestas se destacó que “las prácticas de laboratorio tienen ventajas y desventajas. Por el lado positivo ayudan mucho a mejorar el trabajo en equipo, la empatía, el liderazgo, la escucha activa, la capacidad analítica y crítica. Pero, por otro lado, la implementación física fue un verdadero reto en la aplicación de los temas”. Esta respuesta señala la gran importancia del compromiso y disciplina que se requiere del estudiante para aprender significativamente, no obstante que existan dificultades en el camino.

CONCLUSIONES

El objetivo planteado al inicio de la presente investigación se cumplió, ya que el aprendizaje significativo de los estudiantes mejoró claramente, tal como muestra el porcentaje de aprobación de 83% de la materia de Física General. Este número comparado no solo con el obtenido por el grupo de control que fue de 62%, sino con el obtenido en el semestre agosto-diciembre de 2022 que fue de 59% en promedio, por ejemplo, muestra la efectividad del aprendizaje activo.

Por otro lado, la respuesta a la pregunta de investigación ¿con el aprendizaje activo se mejora la adquisición de las competencias propias de la materia de Física General?, es sí. Lo anterior debido a que los estudiantes demostraron con las evidencias de aprendizaje entregadas, su desempeño individual y colaborativo, así como, los exámenes escritos presentados, que asimilaron las competencias. Mismas que consisten en comprender y aplicar los fenómenos físicos en los que intervienen fuerzas, movimiento, trabajo, energía, los principios básicos de Óptica y Termodinámica, así como las leyes y principios fundamentales de la electricidad y el magnetismo.

La respuesta a la segunda pregunta de investigación ¿qué se requiere del estudiante para que el aprendizaje activo impacte positivamente en su aprendizaje? es de amplio espectro. La humanidad en general puede transitar por dos caminos, el del mínimo esfuerzo y el de la cantidad de esfuerzo necesaria para conseguir las metas personales. Los estudiantes no escapan a estas categorías. En una institución educativa el estudiante puede elegir el camino de poca o mínima exigencia, o aquel con el nivel justo que promueva su aprendizaje. Por lo tanto, la respuesta a la pregunta de investigación es que se requiere de compromiso, interés, disciplina y un deseo permanente de aprender por su cuenta o acompañado, sin olvidar la motivación que aporta el profesor.

La importancia del aprendizaje activo en las aulas de ingeniería es de gran relevancia en el contexto actual de un mundo que cambia y evoluciona vertiginosamente. Con el advenimiento de la inteligencia artificial con aplicaciones en prácticamente todos los campos de la vida diaria, es en esencia imposible que se le siga el paso al avance del conocimiento en las instituciones educativas. Por lo tanto, una gran aportación del aprendizaje activo a la formación de los futuros ingenieros es promover un autoaprendizaje continuo que se adapte a las exigencias, primero del ambiente escolar, y, posteriormente, del ambiente laboral.

Además, les desarrolla las competencias de resolución de problemas, trabajo en equipo, creatividad e innovación, tan comunes en el ámbito ingenieril.

Por lo que puede concluirse que el aprendizaje activo es de gran utilidad en el aprendizaje de la Física, ya que, facilita de una manera más eficaz que el aprendizaje pasivo, la apropiación de conocimientos teóricos y prácticos a los estudiantes. Conocimientos con los que podrán hacer frente de mejor manera a las materias siguientes en su formación que tienen como base la Física. Pero, no olvidemos que cualquier metodología implementada en las aulas requiere de compromiso y disciplina por parte del que aprende, incluso cuando la materia no es de su total agrado o interés. Por lo que toca al docente la búsqueda constante de estrategias educativas que motiven a los estudiantes a aprender.

BIBLIOGRAFÍA

- Arellano, J., Álvarez, J., Hernández, R. y Chiquito, J. (2023). Utilización de un aula invertida mediante una plataforma digital para la enseñanza-aprendizaje de circuitos eléctricos. *Revista ANFEI Digital*, (15). <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/909>
- Caro, S. y Reyes, J. (2003). Prácticas docentes que promueven el aprendizaje activo en ingeniería civil. *Revista de ingeniería*, vol. 1(18), pp. 48-55. <https://doi.org/10.16924/revinge.18.7>
- Garza, J., Hinojosa, M. y Treviño, A. (2018). Efectividad de secuencias didácticas y técnicas de aprendizaje activo en cursos de electrónica digital. *Revista ANFEI Digital*, (8). <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/443>
- Ghilay, Y. y Ghilay, R. (2015). TBAL: Technology-based active learning in higher education. *Journal of Education and Learning*, vol. 4(4), pp. 10-18. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1076407.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ª Ed.). McGraw-Hill
- Hernández, R., Méndez, M. y Espericueta, D. (2015). Aprendizaje activo en estudiantes de Ingeniería, como estrategia de enseñanza-aprendizaje efectiva, para adquirir conocimientos. *Revista ANFEI Digital*, (3). <https://anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/232>
- Hinojosa, M., Rodríguez, G. y Cázares, J. (2016). Efectividad de la metodología de aula invertida en un curso de álgebra para ingenieros. *Revista ANFEI Digital*, (5). <https://anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/313>
- Leupín, R. (2016). ¿Pedagogía activa o métodos activos? El caso del aprendizaje activo en la universidad. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, vol. 10(1), pp. 16-27. <https://www.redalyc.org/pdf/4985/498573044003.pdf>

- Lozano, S., Suescún, E., Vallejo, P., Mazo, R. y Correa, D. (2020). Comparando dos estrategias de aprendizaje activo para enseñar Scrum en un curso introductorio de ingeniería de software. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 28(1), pp. 83-94. <https://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v28n1/0718-3305-ingeniare-28-01-83.pdf>
- Sánchez, D. (2022). Aprendizaje activo de cinemática y dinámica en clases virtuales empleando actividades físicas y en línea. *Revista ANFEI Digital*, (14). <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/846>