

INSTRUCCIÓN POR PARES Y AULA INVERTIDA PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE FÍSICA EN INGENIERÍA

PEER INSTRUCTION AND FLIPPED CLASSROOM FOR SOLVING PHYSICS PROBLEMS IN ENGINEERING

V. Valenzuela González¹
M. H. Ramírez Díaz²
A. Hernández Quintana³

RESUMEN

El propósito de esta investigación es describir una experiencia en la implementación de metodologías activas de la Física, como el aula invertida y la instrucción por pares para la resolución de problemas del tema de fuerza eléctrica. La investigación se llevó a cabo en el Tecnológico Nacional de México campus Chihuahua II, con un grupo de 32 estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistema Computacionales en la materia de Física General. Se les proporcionó a los estudiantes material de apoyo para estudiar en casa. En el aula se resolvieron tres problemas, los estudiantes se reunieron en parejas para argumentar, analizar y resolver los ejercicios dando como resultado que el problema 1 y el 3 tuvieron un 81% de respuestas correctas y el problema 2 un 69% de respuestas correctas.

ABSTRACT

The purpose of this research is to describe an experience in the implementation of Physics active methodologies, such as the flipped classroom and peer instruction for problem solving on the topic of electric force. The research was carried out at the Tecnológico Nacional de México campus Chihuahua II, with a group of 32 students from the major Computer Systems Engineering in the General Physics course. Students were provided with support material to study at home. In the classroom three problems were solved, the students were grouped in pairs to debate, analyze, and solve the problems, with the result that problems 1 and 3 had 81% correct answers and problem 2 had 69% correct answers.

ANTECEDENTES

Las clases de Física se han caracterizado en la enseñanza tradicional, como clases magistrales donde el profesor expone los temas y el estudiante recibe la información en forma pasiva. En la actualidad, la enseñanza en las asignaturas de ciencias ha propuesto nuevas metodologías, las cuales colocan a los estudiantes en diversos escenarios para adquirir saberes y contribuir a su crecimiento, brindándoles la oportunidad de desarrollar el pensamiento crítico y lograr involucrarlo en el proceso de enseñanza aprendizaje (Taipei, 2020).

Para Sánchez et al. (2020) la resolución de problemas en la enseñanza de la Física se utiliza como estrategia para hacer visible un logro de los estudiantes. Si se consigue que el alumno desarrolle la habilidad para resolver problemas, se alcanzaría uno los objetivos de la educación en ciencias.

¹ Profesor Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México campus Chihuahua II. veronica.vg@chihuahua2.tecnm.mx

² Profesor Investigador. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Legaria. mramirezd@ipn.mx

³ Profesor Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México campus Chihuahua II. andres.hq@chihuahua2.tecnm.mx

Objetivo

El objetivo de la siguiente investigación es implementar metodologías activas como el aula invertida y la instrucción por pares para la resolución de problemas del tema de Fuerza Eléctrica en estudiantes de Ingeniería.

Pregunta de investigación

¿Los estudiantes de Ingeniería logran desarrollar la habilidad de la resolución de problemas, utilizando las metodologías del aula invertida e instrucción por pares?

Justificación

El Nuevo modelo educativo del Tecnológico Nacional de México Humanismo para la Justicia Social (Tecnológico Nacional de México [TecNM], 2024a) menciona que “Uno de los elementos que caracteriza el proceso formativo del nuevo modelo es el aprendizaje basado en el pensamiento crítico, el diálogo y la cooperación a través de equipos en donde se establece una interdependencia positiva que favorece el beneficio mutuo”.

En la enseñanza de la Física en carreras de Ingeniería es común que los programas aborden la resolución de problemas, esto con la finalidad de aportar al perfil del Ingeniero los conocimientos, análisis y razonamientos críticos que debe tener para resolver problemas que se presenten en el desarrollo de la profesión empleando los conocimientos de Física (TecNM, 2016).

Es necesario la implementación de estrategias que ayuden a la enseñanza aprendizaje para que los estudiantes logren alcanzar las habilidades de pensamiento crítico, está demostrado que cuando se centra la educación en el alumno se llegan a mejores desempeños en el aprendizaje. Por tal motivo la propuesta de utilizar el aula invertida y la instrucción por pares contribuye al desarrollo de estas destrezas. La efectividad de esta combinación ha sido probada en varias áreas del conocimiento, así como en diferentes niveles educativos (Fierro et al., 2024).

METODOLOGÍA

Las metodologías activas en la enseñanza de la Física ponen al estudiante como protagonista de su aprendizaje, donde se crea un entorno educativo real, logrando autonomía, iniciativa, colaboración y desarrollo de habilidades creativas (Labrador y Andreu, 2008 como se citó en Sailema et al., 2023).

Para Hernández y Murillo (2019) quienes implementaron la instrucción por pares y la enseñanza justo a tiempo en clases de Física en nivel superior, resaltan que dichas estrategias presentan características importantes como estar basadas en investigaciones educativas en la enseñanza de las ciencias, los estudiantes exponen sus ideas y demuestran evidencia objetiva del aprendizaje.

En esta investigación se conjuntan dos metodologías para abordar la resolución de problemas de fuerza eléctrica, el aula invertida y la instrucción por pares.

Resolución de problemas

La resolución de problemas crea aprendizajes mediante la identificación, el descubrimiento, el análisis y la solución de problemas relacionados con la interrelación del entorno o medio ambiente que rodea al alumno. Contribuye a la formación del profesionista para un buen desempeño en su labor (Sánchez et al., 2024).

Cuando un estudiante soluciona un problema requiere examinar lo que sabe y el dominio de conocimiento que se tiene, además de las opciones sobre la solución. Esto lleva al alumno a pensar sobre qué información es proporcionada por el problema y cuales datos desconoce e investigar lo que necesita para dar la solución (Ríos, 2018).

Aula invertida

El aula invertida o "*flipped classroom*" es una propuesta hecha por los profesores Bergmann y Sams donde plantearon una forma de invertir el salón de clases y cambiar las exposiciones orales tradicionales del profesor por materiales que son vistos por los estudiantes fuera del salón de clase. El aula invertida es una metodología que invierte la forma tradicional de enseñanza.

Los estudiantes en horas fuera de clase revisan los materiales proporcionados por el profesor, estos pueden ser videos, textos o cualquier otro material de apoyo. Los alumnos estudian en su casa a su propio ritmo y en el horario de clase se enfocan en practicar lo aprendido en actividades que implican la argumentación, aplicación de ideas o resolución de problemas entre otras (Hurtado et al., 2023).

En el aula invertida la diversidad que presentan los estudiantes en cuestión de conocimientos es considerada a través del acceso a los contenidos previos, así se alientan las discusiones, actividades o problemas, ya que todos los estudiantes saben sobre lo que se está tratando en la clase. Esta metodología puede ayudar a desarrollar hábitos de estudio (Espinoza et al., 2018 y Silvestre, 2024).

Al invertir la clase el docente desarrolla estrategias ya sean individuales o colaborativas, donde fomenta el esfuerzo, el razonamiento crítico, la creatividad y propicia que los estudiantes aborden nuevas situaciones con los conocimientos estudiados en casa (González y Fillat, 2021)

En la investigación realizada por Fidalgo-Blanco et al. (2020) identifican tres modelos diferentes de aula invertida: 1) no hay una continuidad planificada entre las actividades de la lección en casa y los deberes en clase, 2) Las actividades de los deberes en clase refuerzan las realizadas en la lección en casa y 3) las actividades de la lección en casa y los deberes en clase forman un conjunto planificado de acciones. Cabe resaltar que en los modelos 1 y 2, un estudiante que no ha visto el material en casa puede realizar las actividades en el aula y en el modelo 3 el alumno requiere haber estudiado el material en casa para trabajar las actividades en el aula.

Instrucción por pares

Con la finalidad de mejorar las prácticas de la enseñanza y cambiar la monotonía en las clases de Física, el Dr. Erick Mazur pone a trabajar en pequeños grupos o parejas de alumnos para

aprovechar la interacción durante la clase. Realiza una serie de preguntas y se les da un tiempo para que formulen sus respuestas, discutiendo sus argumentos entre ellos. Por lo que, este proceso los obliga a reflexionar, esta metodología es llamada Instrucción por pares o “*peer instruction*” (Mazur, 2014).

La instrucción por pares permite que los estudiantes verbalicen explicaciones y generen nuevos conocimientos. Cuando un alumno discute las preguntas, podría generar una identificación de lagunas en sus conocimientos, fomentando el proceso metacognitivo para detectar y corregir errores en los modelos mentales; esto los lleva a dar mejores respuestas en parejas o grupo que solos (Tullis y Goldstone, 2020).

Para Ibaceta (2018) la instrucción entre pares ofrece una serie de ventajas como el aumento de la capacidad de atención por parte del alumno, el aprendizaje conceptual es más profundo pudiendo extrapolarlo a nuevos contextos o problemas, fomenta la argumentación, identifica los puntos débiles de los estudiantes, mejora sensación de autoeficacia del estudiante entre otros.

Para la implementación de estas metodologías se realizan presentaciones cortas, con temas claves, seguidas de una prueba conceptual, con el formato siguiente: 1) la pregunta es postulada por el profesor, 2) los estudiantes tienen un tiempo prudente para pensar la respuesta, 3) los alumnos responden de forma individual, 4) los estudiantes discuten sus ideas y tratan de convencer a sus compañeros sobre la respuesta correcta, 5) los estudiantes responden de forma individual según lo discutido entre compañeros, 6) el profesor revisa respuestas y realiza la retroalimentación y 7) Se explica detalladamente la respuesta correcta (Freitas y Gomes, 2023).

Contexto de la investigación

La actividad se desarrolló en el semestre agosto-diciembre 2024, en un grupo de Física General de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Los estudiantes que participaron se encontraban cursando el tercer semestre y sus edades oscilaban entre 19 y 23 años. El grupo tenía 32 estudiantes, 5 mujeres y 27 hombres.

Los problemas que resolvieron los estudiantes fueron problemas de fuerza eléctrica entre cargas puntuales que se encontraban distribuidas en el plano cartesiano. En cada uno se requería de obtener distancias entre cargas, ángulos para encontrar la componente de cada fuerza, identificar la dirección de la fuerza u obtener el vector fuerza resultante, la magnitud de la fuerza resultante y por último la dirección del vector fuerza resultante. Cada problema requería conocimientos de trigonometría. Los problemas se pueden consultar en la siguiente liga fuerza eléctrica.pdf. Se formaron 16 parejas que se integraron para debatir las respuestas. La actividad se llevó a cabo por medio de los siguientes pasos:

1.- Se les proporcionó a los estudiantes un documento en pdf que contenía información sobre la resolución de problemas de fuerza eléctrica y explicación detallada con los conocimientos necesarios para lograr resolver los ejercicios que se verían en el salón de clase. Este documento se estudió en casa.

2.- Se les instaló la aplicación móvil llamada R. Aumentada Electroestática (TecNM, 2024b), la cual está diseñada para el estudio de problemas de descomposición de fuerzas, fuerza eléctrica entre cargas puntuales, campo eléctrico en un punto, diferencia de potencial en un punto entre otros temas. Cabe mencionar que la aplicación no es una calculadora de ejercicios, más bien cuenta con ejercicios tipo que tienen algunos valores fijos y el estudiante puede ingresar algunos datos y obtener los resultados para analizar paso a paso como resolver los ejemplos.

3.- El día de la actividad se les proporcionó un problema, el cual lo resolvieron individualmente.

4.- Los estudiantes se organizaron en parejas para discutir sus resultados y argumentar sobre la respuesta.

5.- Terminado el tiempo las parejas se ponen de acuerdo en una respuesta en común. Se muestra la respuesta correcta y el profesor contabiliza el porcentaje de los estudiantes que tenían la respuesta correcta.

5.- El profesor explica la respuesta correcta retroalimentando sobre los procedimientos.

6.- Al día siguiente se les proporcionó nuevamente un problema para realizar los mismos pasos del 3 al 5. En total se resolvieron 3 problemas.

7.- Al finalizar la actividad se aplicó una pequeña encuesta de satisfacción para recabar información sobre el uso de las metodologías implementadas.

RESULTADOS

Después de que los estudiantes se reunieran en pareja para argumentar y obtener el resultado final se contabilizaron los aciertos por problema dando los porcentajes siguientes:

Problema 1: obtuvo 81% de respuestas correctas y 19% incorrecta.

Problema 2: obtuvo 69% de respuestas correctas y 31% incorrecta.

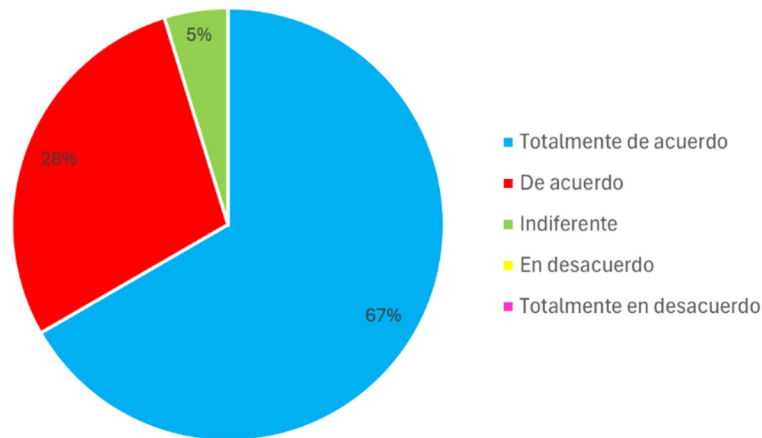
Problema 3: obtuvo 81% de respuestas correctas y 19% incorrecta.

Resultados de la encuesta de la percepción de los estudiantes

Para recabar información sobre la implementación de las metodologías, se aplicó una pequeña encuesta tipo Likert con cinco opciones de respuesta. Los resultados son los siguientes:

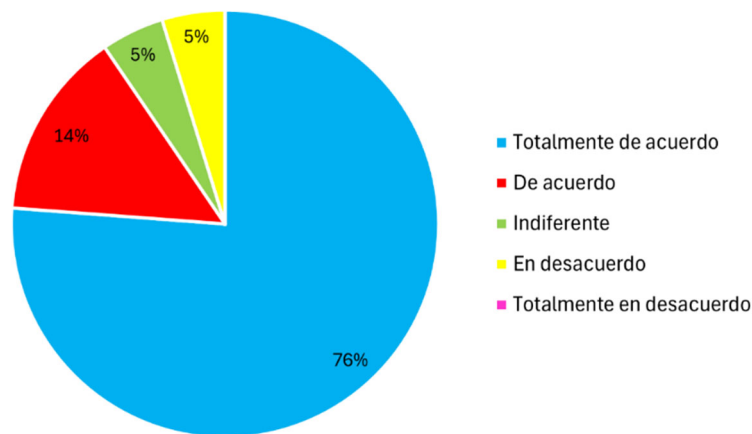
Pregunta 1. El material que me proporcionó el profesor (documento pdf y la aplicación de electrostática) me brindó los conocimientos necesarios para resolver los problemas vistos en el aula. Los estudiantes debieron de revisar el material de apoyo, previamente al desarrollo de la actividad. Como se puede observar en la Figura 1, los estudiantes encontraron de utilidad los materiales con un 67% totalmente de acuerdo, 28% de acuerdo y a un 5% le es indiferente.

Figura 1. Material de apoyo.



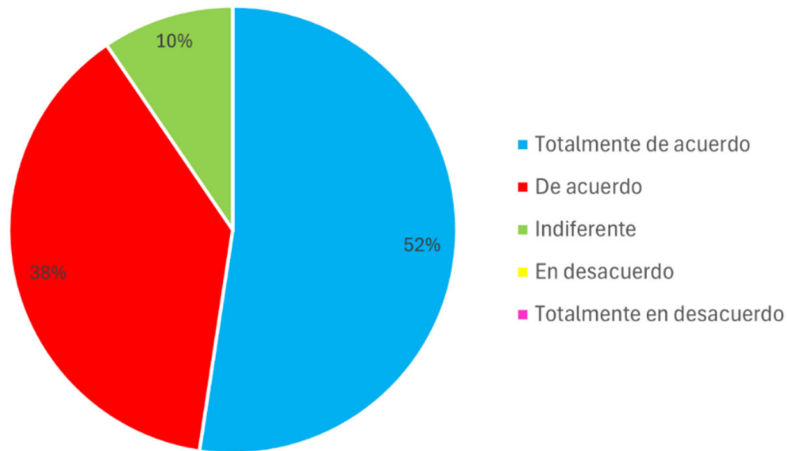
Pregunta 2. El trabajar en parejas ayudó a colaborar para lograr mejor el entendimiento de los problemas de fuerza eléctrica. En la Figura 2, se observa que los estudiantes se encuentran totalmente de acuerdo con 76% y 14% de acuerdo con la interacción de trabajar entre pares para lograr mejor entendimiento. También encontramos que un 5% le es indiferente trabajar con otro compañero y un 5% está en desacuerdo.

Figura 2. Entendimiento del problema.



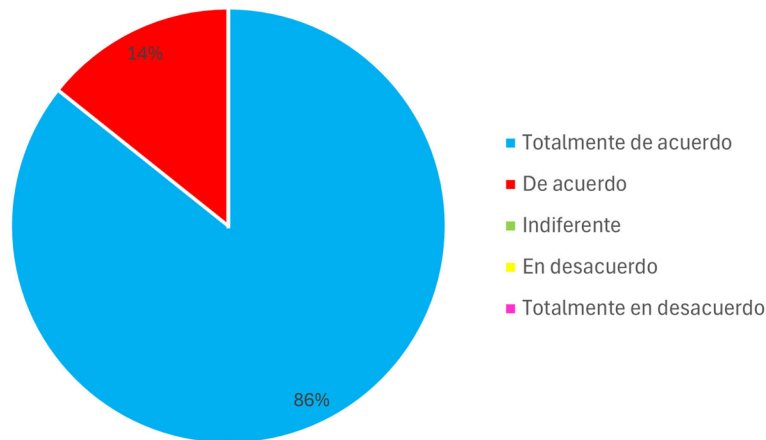
Pregunta 3. Al estudiar los materiales en casa y trabajar en pareja me sentí motivado a resolver los problemas. En la Figura 3 observamos que un 52% está totalmente de acuerdo, seguido de un 38% que está de acuerdo considerando a este porcentaje que, si encontraron motivación al tener materiales de apoyo y lograr resolver solo los ejercicios, también hay un 10% que le es indiferente.

Figura 3. Motivación.

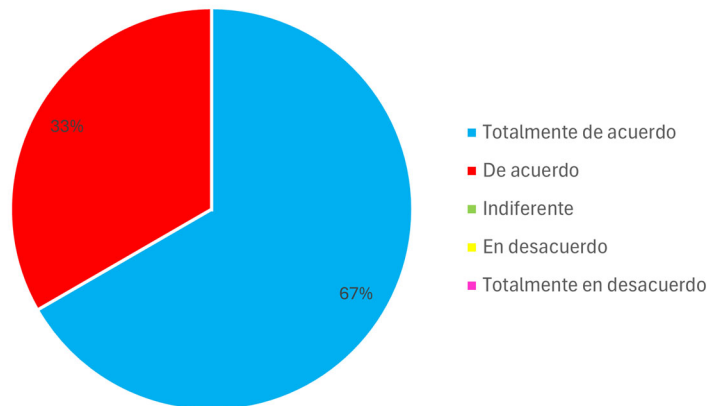


Pregunta 4. El rol del profesor en esta actividad ayudó a disipar las dudas. Los porcentajes de la Figura 4 muestran que a la función del profesor al realizar la retroalimentación fue de gran ayuda para entender la resolución de problemas con un 86% totalmente de acuerdo y un 14% de acuerdo.

Figura 4. Rol del profesor.



Pregunta 5. Al finalizar la entrega de los ejercicios de fuerza eléctrica, habiendo estudiado los materiales y resuelto con mis compañeros los problemas, me generó un logro y autonomía, pensando que yo puedo estudiar independiente si tengo el material correcto. Para esta pregunta la Figura 5 muestra que los alumnos se encuentran totalmente de acuerdo con 67% y 33% de acuerdo, teniendo una percepción de satisfacción el resolver solos los problemas contando con los apoyos didácticos adecuados.

Figura 5. Satisfacción o logro.

Pregunta 6. Es una pregunta abierta donde se les pide escribir un comentario para seguir implementando el trabajo entre pares y el aula invertida. Solo seis estudiantes enviaron los siguientes comentarios:

- Los temas los aprendí, pero me gustaría practicar más.
- A mí me gustó trabajar en parejas, las explicaciones de la maestra y los materiales si fueron buenos.
- En general el trabajo de esta forma es más útil para nosotros ya que se vuelve fácil resolver nuestras dudas con nuestros propios compañeros, lo que agiliza el aprendizaje.
- Es una buena idea, aunque ayudaría más el repaso de los materiales en la clase.
- Más interacción con el profesor.
- Me gustaría una pareja donde sepamos hacer los dos el trabajo.

CONCLUSIONES

Los estudiantes lograron desarrollar la habilidad de resolución de problemas usando las metodologías del aula invertida y la instrucción por pares que favorecen a este desarrollo. Las respuestas correctas son por arriba del 80% en el problema 1 y el problema 3, se logró debatir sobre los procedimientos de cada problema, logrando que los estudiantes desarrollaran correctamente los análisis de los reactivos.

En el caso del problema 2, presentó un 31% de respuestas incorrectas. Analizando los errores conceptuales que presentan los estudiantes al resolver este problema se encontró el uso incorrecto de prefijos de potencias de diez, desconocimiento de funciones trigonométricas y errores en la descomposición de la magnitud de la fuerza. Esta información ayuda a mejorar los materiales de apoyo, enfatizando un refuerzo para que el estudiante en casa repase esos temas.

La encuesta de la percepción de los estudiantes arrojó información valiosa indicando que los materiales eran los adecuados, que les resulta grato trabajar con sus compañeros porque logran entender mejor los problemas, que se sienten motivados y les genera una autonomía para resolver los problemas.

BIBLIOGRAFÍA

- Espinoza, T., Solano, I., & Veit, E. (2018). Aula invertida (flipped classroom): Innovando las clases de física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 30(2), 59–73. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/22736>
- Fidalgo-Blanco, Á., Sein-Echaluce, M. L., & García-Peñalvo, F. J. (2020). *Ventajas reales en la aplicación del método de aula invertida–flipped classroom*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3610578>
- Fierro, C., Woocay, A., Torres, C., Gamboa, A., Gómez, L., & Barraza, N. (2024). Combinación metodológica del aula invertida y la instrucción entre pares aplicada en la enseñanza de matemáticas a nivel medio superior. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(5), 1685–1705. <https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/2714>
- Freitas, R., & Gomes, D. (2023). Um relato de experiências do uso da metodologia *peer instruction* no ensino médio integrado. *Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar*, 9(29). <https://doi.org/10.21920/recei72023929241252>
- González, A., & Fillat, M. (2021). Clase inversa y aprendizaje activo para incentivar la participación y la motivación en prácticas de laboratorio de biología molecular. *Revista de Educación Bioquímica*, 40(1), 4–12. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revedubio/reb-2021/reb211b.pdf>
- Hernández Campos, M., & Murillo-Quirós, N. (2019). Instrucción entre pares y enseñanza justo a tiempo: Una experiencia en la enseñanza de la física en educación superior. *Cuadernos de Investigación UNED*, 11(2), 130–136. <https://doi.org/10.22458/urj.v11i2.2310>
- Hurtado, T. A. S., Garcés, M. F. L., León, M. B. A., & Escobar, M. C. E. (2023). Metodologías activas para la enseñanza aprendizaje de física en el bachillerato. *Ciencia Latina*, 7(1), 9446–9477. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/5069>
- Ibaceta Álvarez, V. (2018). Instrucción entre pares como metodología a utilizar en enfermería: Revisión de literatura. *RHE – Revista Habanera de Enfermería*, 29(1), 34–41. <https://fi-admin.bvsalud.org/document/view/zs7js>
- Mazur, E. (2014). *Peer instruction: A user's manual*. Pearson.
- Sánchez, C., Zaragoza, J. y Dicha, C. (2024). Implementación del ABP para la conceptualización de las derivadas en una IPES del Altiplano. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, 16(2024), 400-410. . <https://doi.org/10.63136/read162024971pp400>
- Sánchez, I., Herrera, E., & Rodríguez, C. (2020). Eficacia de la resolución colaborativa de problemas en el desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas y en el rendimiento en física. *Formación Universitaria*, 13(6), 191–204. <https://www.scielo.cl/pdf/formuniv/v13n6/0718-5006-formuniv-13-06-191.pdf>

- Silvestre, J. (2024). Caso de éxito del aprendizaje activo en la enseñanza aprendizaje de Física en ingeniería. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, 16(2024), 100-110. <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/941?utm>
- Taipe, M. (2020). Metodologías activas en el proceso enseñanza-aprendizaje. *Roca: Revista Científico-Educaciones de la provincia de Granma*, 16(1), 463-472. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7414344>
- TecNM (2024a). *Modelo Educativo del Tecnológico Nacional de México Humanismo para la Justicia Social*. <https://zitacuaro.tecnm.mx/pdf/slider/documento5410.pdf>
- TecNM (2024b). *R.Aumentada Electrostatica* (1.0.1) [Aplicación móvil]. Desarrollado por L.D. Carrillo. Google Play Store. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.TecnolgicoNacionaldeMxicoCampusChihuahuall.ARElectrostatic>
- TecNM (2016). *Programa Académico de Física General*. https://tlahuac.tecnm.mx/PDFs/sistemascompetencias/3_SCF-1006.pdf
- Tullis, J. y Goldstone, R. (2020). Why does peer instruction benefit student learning?. *Cognitive research: principles and implications*, 5, 1-12. <https://doi.org/10.1186/s41235-020-00218-5>