

APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE ACTIVO DE CAMPO MAGNÉTICO Y FUERZA MAGNÉTICA EN BACHILLERATO

Application of Active Learning Strategies of Magnetic Field and Magnetic Force in High School

Pagella, Lorena.

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4394-5122>

DGES, Montevideo, Uruguay. CFE, Florida, Uruguay
lorenapagella@gmail.com

Pinato, Jimena

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2715-2330>

DGES, Rocha, Uruguay
jimenna.pinatto@gmail.com

Sosa, Laura.

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8259-257X>

DGES, Tacuarembó, Uruguay
laurasosa2727@gmail.com

Recibido: 9 de junio 2021

Aceptado: 5 de noviembre de 2021

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos al implementar estrategias de aprendizaje activo en la enseñanza de campo magnético y fuerza magnética sobre un conductor por el que circula corriente eléctrica. Se describe la experiencia aplicada en el curso de Física para Bachillerato con orientación Ciencias Biológicas en el Liceo N°1 de Tacuarembó, Uruguay, en donde se aplicaron tutoriales y clases demostrativas interactivas para evaluar si mejoran el aprendizaje conceptual de la física en comparación con la enseñanza tradicional. La efectividad de las estrategias se evaluó realizando una selección de preguntas del test “Magnetism Conceptual Survey” (MCS) siendo utilizadas como pretest y posttest para determinar la ganancia de Hake. Se estudia el cambio conceptual de los estudiantes utilizando el análisis de concentración de Bao y Redish. Aunque los resultados no reflejan que las estrategias de aprendizaje activo logren un mejor entendimiento conceptual como en otras investigaciones, se logró analizar las dificultades conceptuales en el aprendizaje de campo magnético y fuerza magnética.

Palabras clave: Enseñanza, Física, Aprendizaje Activo, Magnetismo, dificultades conceptuales.

Abstract

In this work are shown, the results obtained by implementing active learning strategies in the teaching of magnetic field and magnetic force in a conductor through which electric current circulates are presented. The experience applied in the Physics for Baccalaureate course with Biological Sciences orientation at the Liceo N° 1 of Tacuarembó, Uruguay, where tutorials and interactive demonstrative classes were applied to evaluate if they improve the conceptual learning of physics compared to the traditional teaching. The effectiveness of the strategies was evaluated by making a selection of questions from the “Magnetism Conceptual Survey” (MCS) test, which were used as pretest and posttest to determine Hake’s gain. Students’ conceptual change is studied using Bao & Redish concentration analysis. Although the results do not reflect that active learning strategies achieve a

better conceptual understanding, as in other investigations, it was possible to analyze the conceptual difficulties in learning magnetic field and magnetic force.

Keywords Teaching, Physics, Active Learning, Magnetism, Conceptual difficulties.

I. Introducción

Son múltiples las investigaciones sobre metodologías eficaces para lograr aprendizajes significativos en los estudiantes. De ellas se desprende la misma conclusión, las metodologías tradicionales de enseñanza tienen baja efectividad en el entendimiento conceptual sobre temas vinculados a la Física.

Entendemos por metodología tradicional de enseñanza a los cursos en los que no se aplican estrategias de aprendizaje activo, donde el estudiante tiene una actitud pasiva hacia el aprendizaje, las actividades de laboratorio son guiadas y el curso implica mayormente la resolución de problemas cuantitativos. Por otra parte, el aprendizaje activo de la física consiste en un conjunto de estrategias y metodologías para la enseñanza-aprendizaje en donde se guía a los estudiantes a construir su propio conocimiento, los estudiantes logran aprender haciendo.

En esta investigación analizamos los resultados obtenidos en el aprendizaje de campo magnético y fuerza magnética sobre un conductor recto por el que circula corriente eléctrica utilizando la metodología tradicional y de aprendizaje activo. Trabajamos en dos grupos de estudiantes de Bachillerato orientación Ciencias Biológicas en el Liceo Nro. 1 “Idelfonso P. Estévez” de la ciudad de Tacuarembó, Uruguay. La evaluación de las metodologías se ha realizado mediante la aplicación de diagnósticos de opción múltiple al inicio (pre-test) y al final (post-test) del proceso de enseñanza-aprendizaje. La confección de los test se realizó seleccionando nueve preguntas del test “Magnetism Conceptual Survey” (MCS) (Li & Singh, 2016) que evalúan conceptos relacionados al campo magnético, la fuerza magnética entre imanes y sobre un conductor por el que circule corriente eléctrica. Las preguntas del test abordan ciertas concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje que se analizarán en este trabajo, algunas de ellas son: la relación entre la fuerza magnética y la Tercera Ley de Newton, la interacción entre imanes y cargas eléctricas, la dirección y sentido del campo magnético dentro y fuera de un imán y las dificultades para determinar la dirección y sentido de la fuerza magnética.

Seleccionamos y aplicamos estrategias de aprendizaje activo basadas en Tutoriales (McDermott & Shaffer, 2001) para el aprendizaje de campo magnético y la interacción entre imanes y la metodología de clase demostrativa interactiva (CDI) (Sokoloff & Thornton, 2004) en el aprendizaje de fuerza magnética sobre un conductor recto por el que circula corriente eléctrica. Las estrategias de aprendizaje fueron aplicadas en el marco de una emergencia sanitaria debido al COVID-19 lo que implicó que cada grupo de estudiantes fuera dividido en dos subgrupos con asistencia presencial alternada semanalmente.

Para evaluar la ganancia conceptual obtenida al implementar ambas metodologías se determinó la ganancia de Hake (1998), la misma es utilizada para determinar la efectividad de una metodología de enseñanza que busca lograr cambios en la comprensión del estudiante. El análisis de los modelos de respuesta de los estudiantes, las dificultades conceptuales y concepciones alternativas que mantienen éstos luego de la aplicación de las diferentes estrategias de enseñanza se realiza utilizando el análisis de concentración desarrollado por Bao y Redish (2001).

A continuación presentaremos las metodologías de aprendizaje activo utilizadas en este trabajo, el test MCS junto con las ideas previas y dificultades de aprendizaje asociadas, evaluaremos las metodologías utilizadas al determinar la ganancia de Hake (1998) y realizaremos el análisis de concentración de Bao y Redish (2001). A partir de los modelos de respuesta obtenidos centraremos el análisis en las concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje que mantienen los estudiantes luego de la aplicación de las diferentes estrategias de enseñanza.

II. Marco teórico

A continuación, exponemos los conceptos teóricos en los que se sustenta este trabajo, partiendo de lo que entendemos por metodologías de aprendizaje activo, la presentación de la Encuesta Conceptual de Magnetismo (MCS) así como las metodologías utilizadas para la evaluación de la implementación de las metodologías de aprendizaje activo y las concepciones alternativas de los estudiantes en relación al concepto de campo magnético y fuerza magnética.

II. A- Metodologías de enseñanza de aprendizaje activo

En este trabajo se seleccionaron las metodologías de aprendizaje activo basado en tutoriales y las clases demostrativas interactivas para aplicarlas a la enseñanza de campo magnético y fuerza magnética. Estas metodologías tienen una visión constructivista de la enseñanza y aprendizaje que empatiza con el rol activo de los estudiantes, donde estos interactúan con el entorno e interpretan la información en relación con su conocimientos y experiencias previas (Docktor & Mestre, 2014).

Se ha demostrado que el aprendizaje activo mejora la comprensión conceptual de la física. En esta estrategia de aprendizaje:

- Los estudiantes son guiados a construir su propio conocimiento.
- El proceso incluye predicciones, discusiones en grupos pequeños, observaciones y comparación de resultados observados con predicciones.
- El papel del profesor es el de guía en el proceso de aprendizaje.
- Se fomenta la colaboración entre estudiantes.
- Los resultados de los experimentos de observación son fáciles de comprender y los laboratorios se utilizan para aprender conceptos básicos. (Sokoloff, 2006)

Una de las metodologías seleccionadas en este trabajo consiste en la aplicación de tutoriales. La misma fue desarrollada por el Grupo de Educación de la Física, que dirige Lillian McDermott, se dicta en la Universidad de Washington en Seattle ([EE.UU.](http://www.washington.edu)) y busca favorecer la comprensión conceptual, el razonamiento cualitativo utilizando como estrategia de aprendizaje el conflicto cognitivo. La misma implica un pre-test, hojas de trabajo (el tutorial en sí mismo) e incluye ejercicios domiciliarios complementarios. El tutorial consiste en una guía de actividades que se desarrollan en grupos de tres o cuatro estudiantes y las conclusiones a las que los guía el tutorial implican la discusión entre pares. Durante la actividad, el docente mantiene un rol activo, realizando preguntas a los estudiantes para que encuentren sus propias respuestas, observa la discusión, el razo-

namiento y las conclusiones de cada tarea. El objetivo de esa observación y control es que los estudiantes no avancen sobre la siguiente tarea sin antes haber comprendido los conceptos que aseguran la continuidad del aprendizaje (Benegas, 2007).

La otra metodología, denominada Clases Demostrativas Interactivas (CDI), que fue seleccionada para su aplicación en este trabajo, se desarrolló en la Universidad de Oregon y en la Universidad de Tufts ([EE.UU.](#)) por David R. Sokoloff y Ronald K. Thornton. La misma está diseñada para involucrar a los estudiantes en el proceso de aprendizaje y consiste en los ocho pasos que se describen a continuación (Sokoloff & Thornton, 2004):

- El profesor describe la demostración, pero aún no la realiza.
- Solicita a los estudiantes que realicen sus predicciones individuales en una “hoja de predicciones” que es recolectada por el docente.
- Los estudiantes defienden sus predicciones con sus compañeros, en pequeños grupos. Luego de estos pasos los estudiantes suelen verse involucrados con lo que sucederá al realizar la demostración.
- El docente obtiene las predicciones comunes de toda la clase en una puesta en común.
- Los estudiantes pueden cambiar sus predicciones completando una nueva hoja de predicciones.
- Se realiza la demostración.
- Los estudiantes pueden completar la “hoja de resultados” idéntica a la de predicciones.
- Los estudiantes y el docente pueden llevar la discusión a otras situaciones.

II. B- Magnetism Conceptual Survey (MCS, Encuesta Conceptual de Magnetismo)

Para evaluar los aprendizajes de los estudiantes al aplicar las metodologías de aprendizaje activo anteriormente descritas se seleccionaron algunas preguntas del test Magnetism Conceptual Survey (MCS). El mismo permite determinar la comprensión de los conceptos de magnetismo de estudiantes de física en un curso introductorio y se desarrolló teniendo en cuenta las dificultades más comunes de los estudiantes sobre estos conceptos. Su utilización permite investigar los aprendizajes de los estudiantes en un curso en el que se ha utilizado una metodología tradicional de enseñanza y comparar los resultados con otros cursos en los que se utilicen metodologías innovadoras (Li & Singh, 2016). Además permite explorar las dificultades que tienen los estudiantes para interpretar los conceptos, identificarlos y aplicarlos correctamente en diferentes situaciones. Puede ser utilizado para investigar si los resultados tienen relación con el enfoque de instrucción, el profesor, los antecedentes del grupo de estudiantes (tipo de curso en el que se aplique) y el género.

Los contenidos que abarca el test son los siguientes: campo magnético, fuerzas entre cables por los que circula corriente eléctrica, fuerza magnética sobre una partícula cargada dentro de un campo magnético y trayectoria de la misma, trabajo realizado por la fuerza magnética, campo magnético producido por imanes de barra y la fuerza entre imanes de barra y cargas en reposo.

El test fue validado en cursos introductorios de física basados en álgebra y en cálculo y no alcanza a los conceptos relacionados con Faraday y Lenz. Consta de 30 preguntas que en su mayoría son cualitativas, aunque contiene algunas preguntas cuantitativas en las que se requiere un cálculo sencillo (Li & Singh, 2016).

Las preguntas seleccionadas del test MCS para el pretest y postest abordan diferentes conceptos y pueden agruparse de acuerdo a ellos. La Tabla 1 muestra la correspondencia entre el número de la pregunta del test, el concepto abordado y las concepciones previas y/o dificultades de aprendizaje asociadas.

Tabla 1. Conceptos evaluados, ideas previas y dificultades asociadas al aprendizaje

Pregunta N°	Concepto asociado	Ideas previas y/o dificultades asociadas
1, 2, 3	Fuerza magnética entre imanes, vinculación con la Tercera Ley de Newton	Se entiende al imán como un objeto cargado, en el que las cargas eléctricas se reparten en los polos, tal que el polo norte acumula carga positiva y el polo sur acumula carga negativa y se recurre a la analogía con la interacción entre cargas eléctricas según el signo para explicar la interacción magnética. (Guisasola, Almudí & Zubimendi, 2003, p. 84) En relación a la aplicación de la Tercera Ley de Newton en las interacciones de origen magnético se encuentra que existen dificultades para transferir leyes de un dominio de la física en concreto a otro, como lo es, de la mecánica al electromagnetismo. Esto puede surgir a partir de que el modelo de campo modifica la forma en que se analizan las interacciones. En mecánica, generalmente se aborda la fuerza como interacción entre dos cuerpos y que las fuerzas surgen de a pares, en cambio, al utilizar el concepto de campo esa simetría se pierde (Guisasola, Almudí & Ceberio, 2003, p. 289)
4, 5, 6	Interacción entre imanes y cargas eléctricas	Al partir de la consideración del imán como un objeto cargado en los polos, se produce una confusión entre el campo eléctrico y el magnético, atribuyéndose el mismo origen, por lo que el campo magnético interactúa con cargas eléctricas sin importar su estado de reposo o movimiento, de la misma forma que lo harían dos cuerpos cargados, obedeciendo la Ley de Coulomb (Guisasola, Almudí & Zubimendi, 2003, p. 86)
7, 8	Dirección y sentido del campo magnético dentro y fuera de un imán	A menudo los estudiantes afirman que en el punto medio entre los polos de un imán el campo magnético debería ser cero e incluso algunos consideran que no debería haber ningún campo magnético dentro de un imán de barra. (Li & Singh, 2017, p.12)
9	Fuerza magnética sobre un conductor por el que circula corriente eléctrica.	El desempeño de los estudiantes está relacionado a la visualización de espacio en tres dimensiones y a su capacidad para aplicar la regla de la mano derecha (o izquierda). Esta necesidad de la visualización en 3D es necesaria porque la dirección de la fuerza magnética siempre es perpendicular al plano formado por el campo magnético y la velocidad de la partícula cargada (sentido de la intensidad de corriente eléctrica). (Li & Singh, 2017, p.14)

II. C- Ganancia de Hake

El cálculo de la ganancia de Hake permite determinar la evolución del aprendizaje de una población de estudiantes y también evaluar si una metodología de enseñanza es efectiva. La ganancia conceptual se determina a partir de la aplicación de un primer test (pretest) al inicio del proceso de aprendizaje y un segundo test (pos-

test) luego de aplicar la metodología de enseñanza cuyos resultados son valorados utilizando la ganancia normalizada (Hake, 1998).

Hake define a la ganancia normalizada como la razón del porcentaje de aumento entre el pretest y el postest a calcularse como (Hake, 1998):

$$g_{\square} = \frac{(\%) - (\%)}{100\% - (\text{pretest}\%)} \quad (1)$$

Dónde:

- “g” es la Ganancia Normalizada de Hake.
- “% postest” corresponde al porcentaje de respuestas correctas en el examen posterior al curso.
- “% pretest” corresponde con el porcentaje de respuestas correctas en el test realizado antes del curso.

Se considera que la ganancia en un curso es alta cuando $g > 0,7$. La ganancia es media cuando $0,7 > g > 0,3$ y la ganancia se considera baja cuando $g < 0,3$.

II. D- Factor de concentración C y Γ

Bao y Redish (2001) han analizado la forma en que los estudiantes responden preguntas correctas e incorrectas luego de aplicar en el curso alguna estrategia de enseñanza. Es mediante el cálculo de la puntuación y factores de concentración de respuestas que se logra el análisis de la distribución de las respuestas de los estudiantes, la cual permite conocer el estado de comprensión del estudiante mediante una categorización de los modelos conceptuales que utiliza para dar respuesta a la situación que se le plantee.

Para realizar el análisis debe determinarse el Score (S), que se calcula como el número de respuestas correctas sobre el total de las respuestas, el factor de concentración C de respuestas correctas y el cálculo del factor de concentración Γ permite realizar el análisis de las respuestas incorrectas.

El factor de concentración C, está definido como una función de las respuestas de los estudiantes que toma valores entre 0 y 1. Un factor de concentración más cercano a 1 indica que las respuestas se concentran más en una opción en particular y cercano a cero puede interpretarse como una distribución aleatoria.

El cálculo del factor C puede realizarse mediante la siguiente expresión (Bao & Redish, 2001)

$$C = \frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m}-1} \times \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^m n_i^2}}{N} - \frac{1}{\sqrt{m}} \right) \quad (2)$$

donde m es el número de opciones de respuestas, n_i el número de respuestas correspondientes a la opción “i” y N el número total de respuestas.

Al relacionar el Score con el factor de concentración C se obtienen patrones de respuestas. Los códigos que se muestran en la Tabla 2 son utilizados para encontrar la relación entre los niveles y el tipo de respuesta.

Tabla 2. Niveles correspondientes según los resultados de los factores S y C

Score (S)	Nivel	Concentración (C)	Nivel
0 - 0.4	L	0 - 0.2	L
0.4 - 0.7	M	0.2 - 0.5	M
0.7 - 1.0	H	0.5 - 1.0	H

Nota: Códigos correspondientes a los niveles de Score y factor de concentración C. Adaptado de *Three-level coding scheme for score and concentration factor*, Bao, L., & Redish, E. (2001). Concentration analysis: A quantitative assessment of student states. American Journal Of Physics.

De la combinación resultante a partir de los niveles de S y C se obtiene que, una pregunta con un bajo score (low, L) pero con un alto factor de concentración (high, H) se denota con el tipo LH. Los patrones de respuesta proporcionan una medida del desempeño de los estudiantes, pero además indican si la pregunta lleva a la concepción de algún concepto erróneo, permitiendo observar la evolución del estado de una clase.

Gráfico 1. Concentración - Score

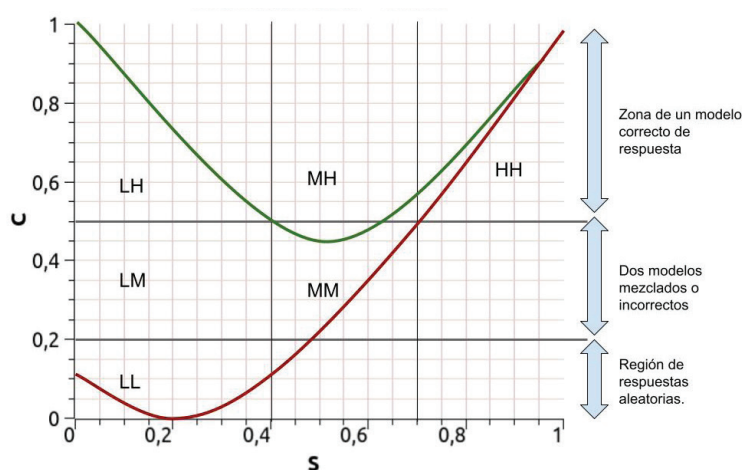


Figura 1 - Esquema de las zonas que identifican las respuestas de los estudiantes a partir del test. Un punto en el espacio de configuración SC representa un estado conocimiento del estudiante. Figura reconstruida y adaptada al español de Bao, L., & Redish, E. (2001). Concentration analysis: A quantitative assessment of student states. American Journal Of Physics, p. S48.

Combinando el factor C y el Score (S) se obtienen los tipos de respuestas que se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Significado de los patrones de respuesta

Posibilidades	Patrón	Significado de los patrones.
Un modelo	HH	Un modelo correcto
	LH	Un modelo incorrecto dominante
Dos modelos	LM	Dos posibles modelos incorrectos
	MM	Dos modelos, uno correcto y otro incorrecto
Ningún modelo	LL	Cercano a una situación aleatoria.

Nota: Posibles combinaciones de niveles de S y C a partir de un sistema de tres niveles (L, M y H). Adaptado de *Three-level coding scheme for score and concentration factor*, Bao, L., & Redish, E. (2001). Concentration analysis: A quantitative assessment of student states. American Journal Of Physics.

En función de la Tabla 3 es necesario aclarar que la posibilidad de un modelo refiere a que la mayoría de las respuestas se concentran en una elección, que no necesariamente es la correcta. La posibilidad de dos modelos indica que la mayoría de las respuestas se concentran en dos opciones, a menudo una correcta y otra incorrecta. La posibilidad de no tener ningún modelo indica que las respuestas se distribuyen de forma uniforme entre todas las opciones.

Por otra parte, el factor de concentración Γ permite analizar la distribución de las respuestas incorrectas, es decir, nos permite observar si los estudiantes luego de la intervención didáctica concentraron su modelo incorrecto en alguna opción. El mismo se calcula a partir de la siguiente expresión (Bao & Redish, 2001):

$$\Gamma = \frac{\sqrt{m-1}}{\sqrt{m-1}-1} \times \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^m n_i^2 - S^2}}{N-S} - \frac{1}{\sqrt{m-1}} \right) \quad (3)$$

Altos valores de Γ pueden indicar que las preguntas tienen distractores fuertes, es decir que los estudiantes encuentran modelos alternativos para explicar una situación. Incluso, puede suceder que después de la intervención del docente, los estudiantes que dan respuestas incorrectas todavía se vean fuertemente afectados por ciertos distractores de estas preguntas.

III. Metodología

Las estrategias de enseñanza-aprendizaje que son objeto de esta investigación fueron aplicadas en dos grupos de Bachillerato orientación Ciencias Biológicas en el Liceo Nro. 1 “Ildefonso P. Estévez” de la ciudad de Tacuarembó y el mismo docente fue quien dictó ambos cursos. Un grupo asistió en el turno matutino (con 20 estudiantes) y fue el grupo seleccionado para aplicar las estrategias de aprendizaje activo. El otro grupo asistió a clases en el turno vespertino (con 21 estudiantes) y fue elegido como testigo, por lo tanto, se trabajó utilizando la metodología tradicional, es decir, las mismas estrategias de enseñanza con las que trabajaba el docente en otros años.

La secuencia de actividades propuestas utilizando la metodología tradicional y de aprendizaje activo se describen a continuación en las tablas 4 y 5 respectivamente.

Por motivos de emergencia sanitaria cada grupo fue dividido en dos subgrupos con asistencia presencial no obligatoria alternada semanalmente. Estas actividades se aplicaron a cada subgrupo de cada clase.

Tabla 4. Secuencia de actividades de aprendizaje en las clases con metodología tradicional

Semana	Tiempo de clase	Objetivo	Actividad
0	25 minutos (Presencial)	Evaluar la comprensión de los estudiantes sobre los conceptos de campo magnético y fuerza magnética antes de aplicar las metodologías	Pre-test
1	Los estudiantes no asisten al centro educativo		
2	45 minutos (Presencial)	Deducir las características del campo magnético alrededor de los imanes. Representar líneas y vectores de campo magnético en diferentes situaciones.	Trabajo cualitativo de observación de líneas de campo en grupos utilizando imanes, limaduras de hierro y brújulas.
	45 minutos (Presencial)	Reforzar el concepto de campo magnético como magnitud vectorial y su relación con las líneas de campo magnético.	Se realiza representación de diagramas de las líneas de campo de acuerdo a la visualización experimental con limaduras de hierro. Se trabaja con las características de dichas líneas y con la representación del vector campo magnético en diferentes lugares alrededor de un imán.
	45 minutos (Presencial)	Representar el vector campo magnético en diferentes puntos del espacio y analizar la superposición de los mismos.	Resolución de ejercicios que implican la representación vectorial y el análisis de la superposición de campos magnéticos generados por más de un imán.
3	Los estudiantes no asisten al centro educativo		
4	90 minutos (Presencial)	Observación de la Fuerza magnética sobre un conductor por el que circula corriente eléctrica.	Actividad experimental cualitativa demostrativa de observación de la fuerza magnética ejercida por un imán sobre un conductor por el que circula corriente eléctrica.
	45 minutos (Presencial)	Comprender el producto vectorial aplicando la regla de la mano izquierda para determinar la Fuerza Magnética	Deducción de la Ley de Laplace, cálculo y representación de la fuerza magnética en diferentes situaciones.
	25 minutos (Presencial)	Evaluar la comprensión de los estudiantes después de la intervención para calcular la ganancia y analizar los cambios conceptuales.	Post-Test

Nota: Secuencia didáctica propuesta al grupo Tradicional. Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Secuencia de actividades de aprendizaje en las clases con metodologías de aprendizaje activo

Semana	Tiempo	Objetivo	Actividad
0	25 minutos (Presencial)	Evaluar la comprensión de los estudiantes sobre los conceptos de campo magnético y fuerza magnética antes de aplicar las metodologías	Pretest
1	Actividad de trabajo a distancia (virtual)	Realizar una primera aproximación al trabajo con imanes y brújulas. Reconocer las características de las líneas de Campo. Reconocer la acción del campo magnético terrestre y la diferencia entre los polos geográficos y magnéticos.	Puesta en común de la actividad propuesta en forma virtual con simulador Phet de magnetismo e imanes.
2	45 minutos (Presencial)	Identificar las diferentes interacciones entre imanes y otros materiales. Diferenciar una interacción eléctrica de una magnética	Aplicación de la primera parte del Tutorial sobre imanes y magnetismo
	45 minutos (Presencial)		Se aplica la segunda parte del Tutorial
3	Trabajo a distancia (virtual)	Afianzar los conceptos trabajados en el Tutorial.	Se solicita a los estudiantes que realicen los ejercicios complementarios del Tutorial y los entreguen por la plataforma educativa.
4	45 minutos (Presencial)	Reforzar los conceptos trabajados.	Puesta en común sobre la actividad propuesta en forma virtual.
	90 minutos (Presencial)	Visualizar los efectos de la Fuerza Magnética sobre un conductor. Encontrar la relación entre las magnitudes campo magnético, longitud del conductor y fuerza magnética.	Clase Demostrativa Interactiva utilizando una actividad experimental cualitativa sobre Fuerza Magnética sobre un conductor
	45 minutos (Presencial)	Aplicar la Ley de Laplace en diferentes situaciones.	Propuesta de ejercicios de aplicación de Fuerza magnética sobre conductores rectos por los que circula corriente eléctrica.
	25 minutos (Presencial)	Evaluar la comprensión de los estudiantes después de la intervención para calcular la ganancia y analizar los cambios conceptuales.	Postest

Nota: Secuencia didáctica aplicada al grupo en que se utilizaron técnicas de aprendizaje activo. Fuente: Elaboración propia

Las diferencias en la carga horaria semanal que puede observarse en la secuencia de actividades se debió a que los grupos no tienen su carga horaria distribuida en los mismos días de la semana y además, en las semanas de trabajo presencial existió coincidencia con un feriado nacional, de todas formas se buscó que las actividades presenciales en ambos grupos mantuvieran la misma carga horaria al finalizar la aplicación de las metodologías. El grupo en el que se aplicaron estrategias de enseñanza tradicional no trabajó a distancia dado que se decidió mantener la metodología con la que el docente trabajaba antes de realizar la intervención. Es necesario

aclarar que algunos estudiantes no participaron de todas las instancias de aprendizaje activo en forma continua debido a la no obligatoriedad de la asistencia a clases durante la emergencia sanitaria.

Los test de evaluación de resultados se aplicaron antes y después de la aplicación de las estrategias de enseñanza en formato lápiz y papel. El test MCS original cuenta con 30 preguntas y se recomienda realizarlo en un tiempo de 50 minutos. Nuestro trabajo se realizó con la selección de 9 preguntas que fueron traducidas al español y aplicadas en 25 minutos máximo. Las preguntas se seleccionaron en función de los contenidos que podían ser trabajados en cuatro semanas en las que los estudiantes asistían alternadamente, esto implicó seleccionar las preguntas que abordan los conceptos: campo magnético, interacción entre imanes, interacción de imanes con cargas eléctricas y fuerza magnética sobre un conductor recto por el que circular corriente eléctrica, las mismas pueden consultarse en el apéndice 1.

IV. Resultados

Porcentajes de respuestas correctas y ganancia

En la Tabla 6 presentamos el porcentaje de respuestas correctas por pregunta en el pre test y en el post test. En todas las preguntas y en ambas metodologías se observa un aumento de las respuestas correctas aunque en algunas el porcentaje de aumento no supera el 5% (ver resultados de las preguntas número 2 y 6). Este aumento en algunos porcentajes se debe a que del postest, en ambos grupos, participó un estudiante menos que en el pretest.

Tabla 6. Porcentaje de respuestas correctas de los test

Pregunta	Metodología tradicional		Ap. Activo	
	% Correctas	% Correctas	% Correctas	% Correctas
	Pretest	Postest	Pretest	Postest
1	38% (8)	75% (15)	55% (11)	74% (14)
2	57% (12)	70% (14)	40% (8)	42% (8)
3	5% (1)	50% (10)	0% (0)	11% (2)
4	81% (17)	90% (18)	80% (16)	89% (17)
5	5% (1)	35% (7)	5% (1)	32% (6)
6	14% (3)	20% (4)	15% (3)	16% (3)
7	10% (2)	55% (11)	10% (2)	37% (7)
8	33% (7)	70% (14)	45% (9)	63% (12)
9	0% (0)	65% (13)	5% (1)	58% (11)

Nota: Porcentajes de respuestas correctas por pregunta obtenidas en los pretest y postest según metodología de enseñanza aplicada, entre paréntesis se indica la cantidad de respuestas correctas correspondiente. Del pretest participaron 21 y 20 estudiantes en la metodología tradicional y de aprendizaje activo respectivamente. Del postest participaron 20 y 19 estudiantes respectivamente. Fuente: Elaboración propia

Utilizando la expresión para la ganancia de Hake (1) determinamos la ganancia en cada curso a partir del conteo de la totalidad de las respuestas correctas (Figura 2). Los resultados obtenidos en nuestros cursos los podemos comparar con los obtenidos por Li & Singh (2016) en la validación del test MCS aplicada a cursos basados en álgebra con enseñanza tradicional. La misma se llevó a cabo en tres cursos de física basado en álgebra en general tomados por estudiantes con especialización en biociencias. El cálculo de la ganancia del curso basado en álgebra¹ se realizó a partir de la información de las respuestas para las mismas preguntas que seleccionamos en nuestro test. Considerando los valores referencia para la ganancia de Hake (g) podemos afirmar que un curso tradicional la ganancia es baja, coincidiendo con nuestros resultados en el curso en que se aplicaron las técnicas de aprendizaje activo. Por otra parte, en el curso en el que se aplicó la enseñanza tradicional la ganancia fue media.

Gráfico 2. Ganancia por curso

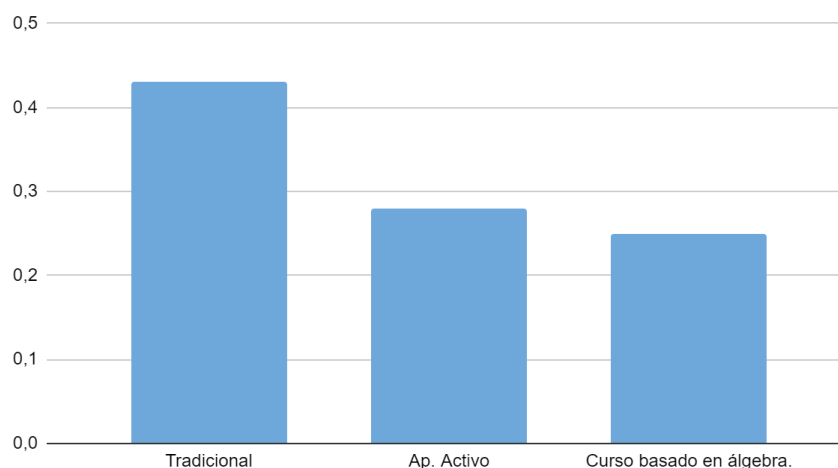


Figura 2 - Gráfico de la ganancia obtenida por curso. Las dos primeras barras corresponden a los resultados obtenidos en esta investigación. Los resultados del Curso basado en álgebra corresponden a los obtenidos en la validación del MCS considerando la misma selección de preguntas (Li & Singh, 2016).

El Score y los factores de concentración C y I

Realizando el análisis del Score y los factores de concentración C y I podemos obtener información de cómo cambiaron las respuestas de los estudiantes antes y después de la intervención docente.

La Tabla 7 nos permite identificar cuántos modelos de respuestas tienen los estudiantes en función de la clasificación realizada por Bao y Redish (2001). También nos permite observar la cantidad de preguntas que se encuentran dentro de cada clasificación luego de la intervención didáctica y evaluar los cambios.

¹ A pesar de que el test MCS validado fue aplicado en otros cursos se seleccionó el curso basado en álgebra para la comparación por su similitud en profundidad de contenidos con los cursos de bachillerato en Uruguay.

De la observación de los resultados para el grupo con enseñanza tradicional encontramos los siguientes aspectos a destacar:

- En el pretest son tres las preguntas que responden a un modelo aleatorio de respuesta y con bajo porcentaje de respuestas correctas (modelo LL), siendo las preguntas 1, 7 y 8 que refieren a fuerza magnética entre imanes de barra, el campo magnético de un imán de barra y la orientación de una brújula alrededor de un imán respectivamente. Luego de la aplicación de la metodología, las tres preguntas lograron mayor puntuación, donde la pregunta 7 responde a dos modelos posibles de respuestas, donde uno es correcto y otro incorrecto, en la que consideran que el campo magnético en el punto medio de un imán es entrante a la página. Por otra parte, las preguntas número 1 y 8 cambian sus respuestas a un modelo correcto dominante.

Tabla 7. Distribución de las respuestas a las preguntas según el modelo para ambos grupos

Código	Grupo con estrategias de enseñanza tradicional.		Grupo con estrategias de aprendizaje activo.	
	Número de las preguntas del pretest	Número de las preguntas del posttest	Número de las preguntas del pretest	Número de las preguntas del posttest
HH	4	1, 2, 4 y 8	4	1, 8 y 4
LH				
LM	3, 5, 6 y 9	6	3, 5, 6 y 9	6
MM	2	3, 5, 7 y 9	1 y 8	2, 3, 5, 7 y 9
LL	1, 7 y 8		7	
ML			2	

Nota: Se muestra para cada modelo el número de las preguntas correspondientes al pre- y posttest aplicado en el grupo con enseñanza tradicional y al grupo con estrategias de aprendizaje activo.
Fuente: Elaboración propia

- Identificamos que las preguntas 3, 5 y 9 mejoraron su puntuación aunque siguen manteniendo dos modelos de respuesta dominante. La pregunta 3 indaga sobre la interacción entre dos imanes de diferentes características, las respuestas obtenidas evidencian que los estudiantes aún mantienen sus concepciones alternativas y no consideran la Tercera Ley de Newton a la hora de responder. La pregunta 5 busca indagar si los estudiantes distinguen entre polos magnéticos y cargas eléctricas y la pregunta 9 busca la aplicación del producto vectorial para encontrar la fuerza magnética.
- La pregunta número 4, sobre la fuerza que ejerce un imán sobre un conductor, en ambos grupos, antes y después de la aplicación de las técnicas de enseñanza respondió al modelo HH. Observando la pregunta podemos entender que la redacción de la misma puede llevar a la conclusión de la respuesta correcta al mencionar que el conductor utilizado es “(no magnético) sin carga”.

Al analizar los modelos de respuestas para el grupo con estrategias de aprendizaje activo resaltamos los siguientes puntos:

- Las respuestas a la pregunta número 3, sobre la interacción entre imanes de diferentes características, mantienen una alta concentración en una opción incorrecta. Esto se debe a la utilización de un distractor en la redacción, en la que se explica que un imán de barra es “más fuerte” que el otro.
- La pregunta número 7, sobre el campo magnético que genera un imán de barra, si bien aumenta su puntuación (S), el aumento puede deberse a un factor aleatorio ya que las respuestas tienen baja concentración luego de la intervención docente (modelo ML).
- La pregunta número 6, que implica el análisis de fuerzas eléctricas y magnéticas sobre una partícula cargada mantiene su bajo score pero además responde a un factor de respuestas aleatorio.
- El modelo de respuestas a la pregunta número 2 cambió de ser aleatorio a concentrarse en dos modelos de respuestas, uno correcto y otro incorrecto. A pesar de ello no cambió su nivel de puntuación manteniéndose en un nivel medio.

Gráfico 3. C en función de S, tradicional

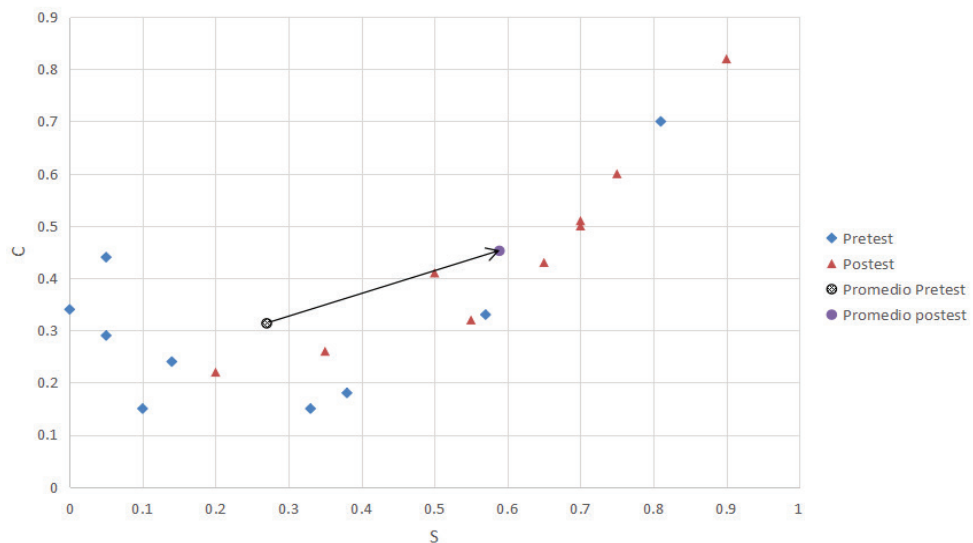


Figura 3 - Gráfico de C en función de S con las respuestas del pre- y posttest correspondiente a la metodología tradicional de enseñanza. Fuente: Elaboración propia.

Las figuras 3 y 4 corresponden al gráfico de C en función de S lo que permite visualizar los resultados. Cada punto muestra el resultado del pre- y posttest para cada pregunta. Además se indican los resultados promedios por clase antes y después de la intervención didáctica. Los vectores que se señalan en los gráficos corresponden a los cambios entre el resultado anterior y posterior. De la observación de estos vectores, el cambio en la componente horizontal indica un aumento del Score más notorio en el grupo con enseñanza tradicional. En cuanto a la concentración de las respuestas correctas, el cambio en el comportamiento es similar en cada grupo.

Gráfico 4. C en función de S, aprendizaje activo

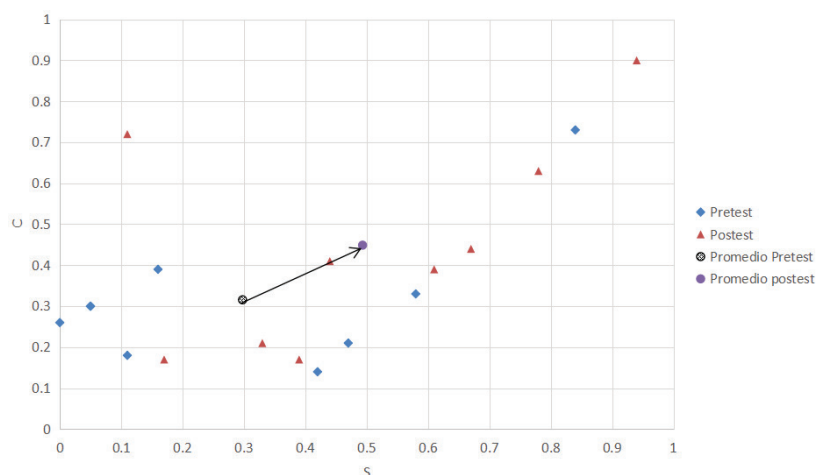


Figura 4 - Gráfico de C en función de S con las respuestas del pre- y posttest correspondiente a la metodología de aprendizaje activo.

A partir de la lectura de los gráficos de Γ en función de S se observa que el comportamiento de las respuestas de los estudiantes es diferente antes y después de la aplicación de las estrategias de enseñanza y aprendizaje. Los vectores que indican el cambio de concentración de respuestas incorrectas en las dos metodologías de enseñanza aprendizaje no se distribuyen de forma similar. Si observamos los valores promedios en ambas metodologías encontramos que luego de la aplicación de las técnicas de aprendizaje activo las respuestas obtuvieron una mayor concentración en opciones incorrectas. Es por esto que seleccionamos para su análisis las preguntas 2, 3 y 4 del test, en las cuales identificamos un aumento de Γ significativo en el grupo de aprendizaje activo.

Gráfico 5. Γ en función de S, tradicional

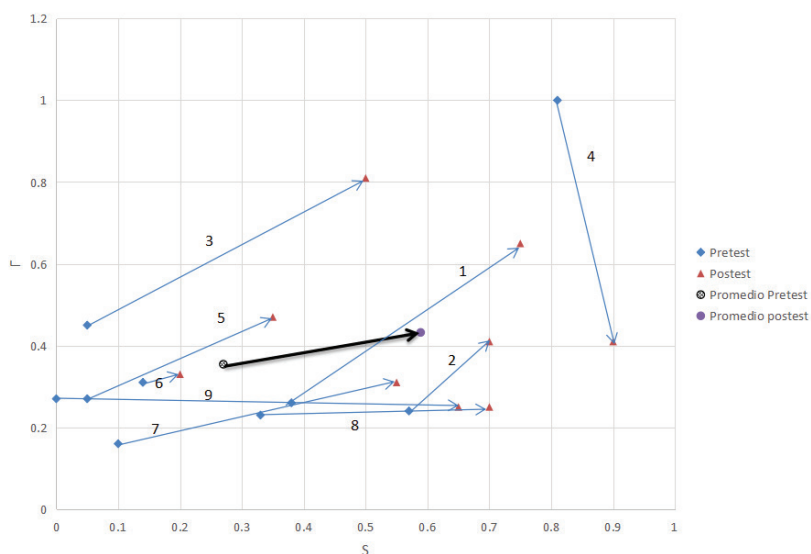


Figura 5 - Gráfico de Γ en función de S con las respuestas del pre- y post-test correspondiente a la metodología de enseñanza tradicional. Los vectores indican el cambio en la concentración de las respuestas incorrectas por pregunta. Al lado de cada vector se indica el número de la pregunta correspondiente. Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6. T en función de S , aprendizaje activo

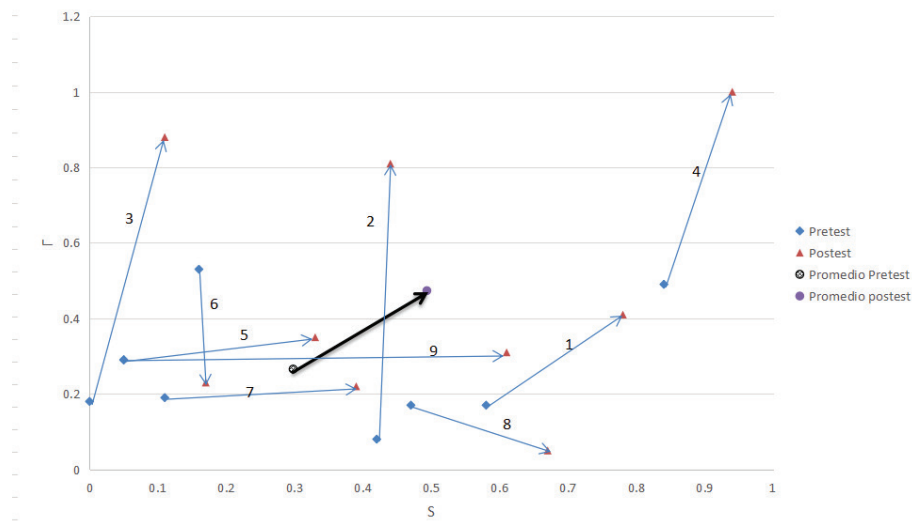


Figura 6 - Gráfico de T en función de S con las respuestas del pre- y post- test correspondiente a la metodología de aprendizaje activo. Los vectores indican el cambio en la concentración de las respuestas incorrectas por pregunta. Al lado de cada vector se indica el número de la pregunta correspondiente. Fuente: Elaboración propia.

- *La pregunta N° 2 - Fuerza magnética entre tres imanes*

Del análisis de las respuestas a esta pregunta encontramos que en el grupo con enseñanza tradicional aumentó el número de respuestas correctas (S), y además las respuestas incorrectas se concentraron en la opción “a” que indica “la fuerza con la cual el imán 1 repele al imán 2 es la mitad de la fuerza con la cual el imán 2 repele al imán 1”. En cambio, en la metodología activa, se evidencia una concentración de respuestas incorrectas en la opción “a” y se mantuvo el número de respuestas correctas.

No logramos en este grupo un cambio conceptual y además varios estudiantes se convencieron de una respuesta incorrecta, esto se observa en el gráfico T - S al identificar vector desplazamiento con un gran tamaño y verticalidad.

Al igual que en el análisis realizado por J. Li y C. Singh, consideramos que los errores en estas respuestas se deben a que los estudiantes no consideraron la Tercera Ley de Newton a la hora de responder esta pregunta. Este conocimiento previo fue trabajado explícitamente con el grupo de enseñanza tradicional pero en el de aprendizaje activo las actividades seleccionadas no apuntaban directamente a este análisis, si bien fue mencionado por la docente pero entendemos que no fue significativo para los estudiantes.

- *La pregunta N° 3 - Fuerza magnética entre dos imanes, uno de hierro y otro de níquel.*

En esta pregunta obtuvimos un comportamiento similar a la anterior. Las respuestas correctas del pretest de los estudiantes de la metodología activa pasaron de ser nulas a 2 opciones correctas. El resto de los estudiantes respondió el distractor más común (Li & Singh, 2016), la opción “La fuerza con la que el imán 1 repele al imán 2 es dos veces la fuerza con la que repele el imán 2 al imán 1”. Un 50% de los estudiantes que participaron de la enseñanza respondieron correctamente y el resto de los estudiantes siguió manteniendo el modelo incorrecto correspondiente a la opción “b”. Al analizar la traducción de la pregunta la misma dice “el imán 1 es dos

veces más fuerte con respecto al imán 2 (es capaz de suspender un objeto dos veces más pesado)”. Esta traducción en la que se utiliza el término “más fuerte” puede haber llevado a una conclusión incorrecta por parte de los estudiantes.

- *La pregunta N° 4 - Fuerza magnética sobre un conductor no cargado y no magnético.*

Si bien el vector desplazamiento del gráfico Γ -S muestra una forma muy similar a las anteriores preguntas, lo que ocurrió es que aumentó muy poco el número de respuestas correctas ya que en el pretest las respuestas ya eran elevadas, existiendo así una única respuesta incorrecta que se concentró básicamente en una sola opción para el grupo con aprendizaje activo, y dos respuestas incorrectas distribuidas en dos opciones para el grupo con enseñanza tradicional.

Las preguntas con baja puntuación ($S < 0,4$)

Si seleccionamos las preguntas consideradas con bajo Score (Bao & Redish, 2001) las mismas pueden responder a modelos LL, LM o LH. En el grupo que se aplicó enseñanza tradicional obtuvimos dos preguntas con bajo Score, las número 5 y 6. A partir de la Figura 8 observamos que la concentración de respuestas en alguna opción incorrecta aumentó en ambos casos.

Gráfico 7. Bajo Score - metodología tradicional

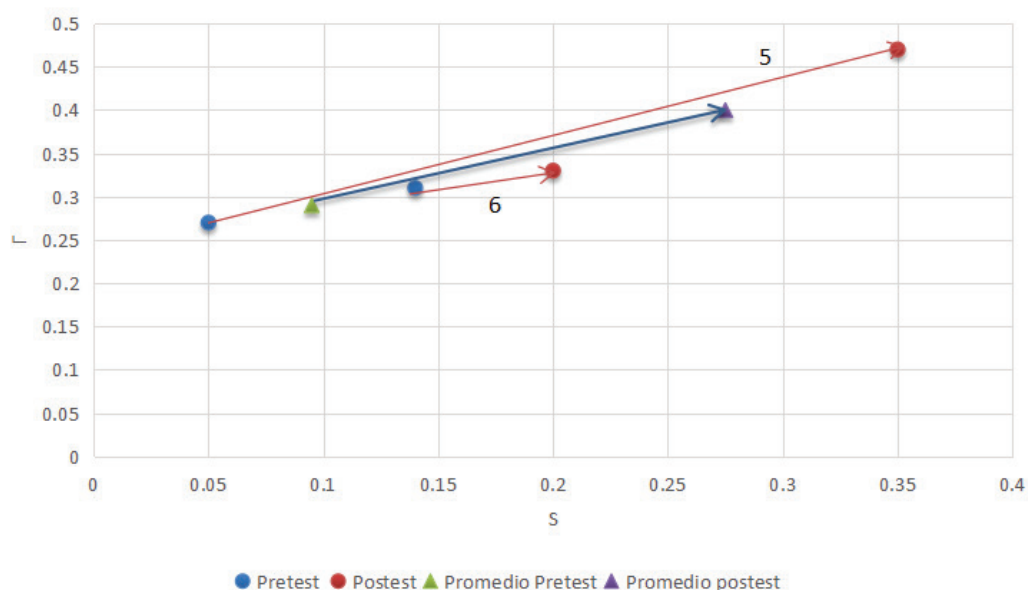


Figura 8 - Gráfico de Γ en función de S con las respuestas del pre- y post- test correspondiente a la metodología de enseñanza tradicional. Los vectores indican el cambio en la concentración de las respuestas incorrectas para las preguntas con bajo Score. Al lado de cada vector se indica el número de la pregunta correspondiente. Fuente: Elaboración propia.

- *La pregunta N°5 - Polos magnéticos y dipolos eléctricos.*

El modelo incorrecto de respuesta que siguen manteniendo los estudiantes implica que un polo norte repele a una carga positiva en reposo, esto significa que aún consideran que un imán con dos polos se comporta como un dipolo eléctrico,

donde las cargas se ubican en los polos norte y sur, existiendo el mismo tipo de interacción en que existe fuerza magnética sobre cargas en reposo. En este modelo un polo norte implica una acumulación de carga positiva. Cabe señalar que en el grupo con metodología tradicional no se trabajó con situaciones que involucraran interacciones de cuerpos cargados eléctricamente e imanes, como sí se realizó al aplicar el tutorial. A pesar de ello, el score obtenido para esta pregunta fue similar.

- *La pregunta N°6 - Fuerza eléctrica y magnética sobre una partícula cargada en reposo.*

En esta pregunta el mayor distractor fue la opción “e”, es decir que no existía fuerza neta sobre una partícula cargada que se encontraba equidistante de un dipolo eléctrico y un imán de barra. La concepción del imán como un un dipolo eléctrico en el que se concentran las cargas positivas en el polo norte y las negativas en el polo sur podría llevar a los estudiantes a seleccionar esa respuesta.

Es posible que la comprensión lograda por los estudiantes en el curso acerca de la interacción eléctrica durante el período de suspensión de clases presenciales incida sobre los resultados obtenidos, considerando que la mayor parte de estos conceptos se enseñaron desde la virtualidad.

Gráfico 8. Bajo Score - aprendizaje activo

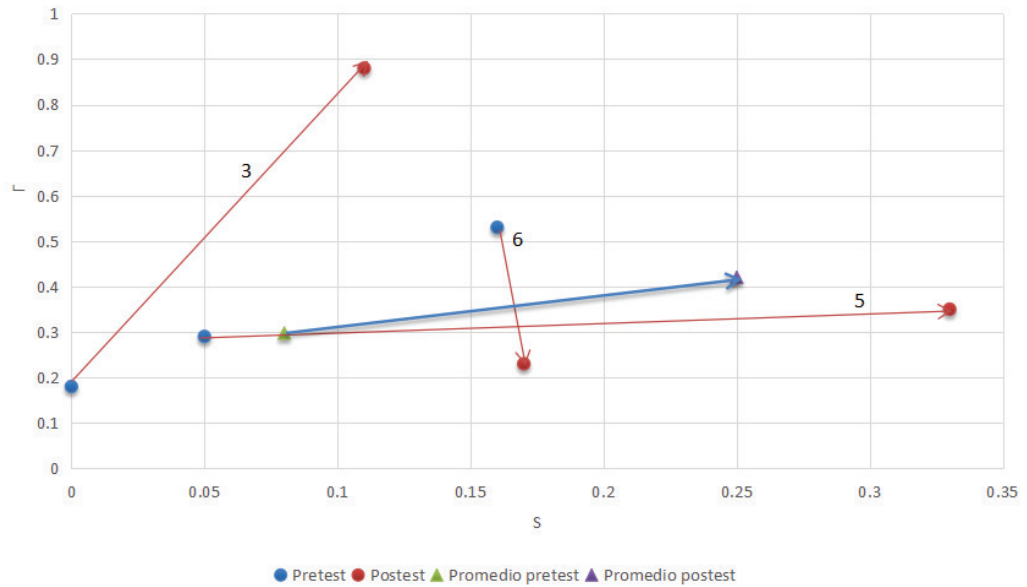


Figura 10 - Gráfico de L en función de S con las respuestas del pre- y posttest correspondiente al grupo en el que se aplicaron técnicas de aprendizaje activo. Los vectores indican el cambio en la concentración de las respuestas incorrectas para las preguntas con bajo Score. Al lado de cada vector se indica el número de la pregunta correspondiente.

Al seleccionar las preguntas con bajo Score para el grupo en que se aplicaron técnicas de aprendizaje activo resultan seleccionadas las número 3, 5 y 6. En ellas observamos que la concentración de respuestas incorrectas se comporta de manera desigual.

La pregunta número 3 fue analizada con anterioridad por su alta concentración de respuestas incorrectas y esto se debía a la concepción alternativa de que un imán “más fuerte” ejercerá una fuerza de mayor módulo sobre otro imán.

La pregunta número 6 disminuyó su concentración de respuestas incorrectas, pero la cantidad de estudiantes que respondieron correctamente antes y después de la aplicación de las técnicas de aprendizaje activo se mantuvo constante. El leve aumento en el Score se debe a que en el pretest participó un estudiante más que en el pos-test. La concentración de respuestas incorrectas disminuyó porque estudiantes que antes respondieron la opción “e” cambiaron su elección a la opción “c” que implica que la carga recibe una fuerza en la “dirección x positiva”. La enseñanza de los conceptos previos a esta intervención, como lo es el concepto de campo eléctrico y las interacciones eléctricas se trabajaron en mayor proporción en la virtualidad, debido a la suspensión de las clases presenciales, es posible que exista confusión entre representar el vector fuerza eléctrica y el vector campo eléctrico. Sería necesario entrevistar a los estudiantes para conocer más acerca del cambio en su elección.

Al considerar la pregunta número 5, aunque en la Figura 10 se observa un aumento del Score debemos recordar que nos encontramos dentro del rango correspondiente a un nivel bajo. Esta pregunta no tiene un gran aumento de la concentración de las respuestas incorrectas y a pesar del aumento del número de respuestas correctas, aún los estudiantes mantienen la concepción alternativa de que un imán concentra cargas eléctricas en sus polos.

V. Conclusiones

Este trabajo muestra que los estudiantes mantienen dos ideas previas luego de la aplicación de las diferentes estrategias de enseñanza: (a) la concepción de los polos magnéticos como lugares en los que se acumula carga eléctrica; (b) la concepción de que en una interacción puede existir una fuerza de mayor módulo que otra. Dos aspectos que pueden haber influido sobre los resultados en la aplicación de las técnicas de aprendizaje activo son: (a) la experiencia del docente en la aplicación de las estrategias de aprendizaje, siendo esta la primera vez que el docente a cargo utilizaba esta metodología; (b) la selección y adaptación de las estrategias de aprendizaje activo no incluyó ninguna actividad que permitiera a los estudiantes cuestionarse acerca del módulo de la fuerza con que interactúan dos imanes teniendo éstos diferentes características. Existen trabajos que muestran una relación entre la habilidad del profesor para implementar un Tutorial y el entendimiento conceptual logrado por los estudiantes (Gotia & Barniol, 2009) y que los resultados mejoran con capacitación y la puesta en práctica (Koenig & Endorf, 2004).

Por otra parte, es relevante la revisión de la redacción de las preguntas que son utilizadas para la evaluación de los resultados, dado que durante la traducción del test MCS, la redacción de las preguntas puede provocar en los estudiantes el refuerzo de una concepción alternativa como sucedió en la pregunta número 3 o guiarlos a la respuesta correcta como sucedió en la pregunta número 4.

De la comparación entre los resultados en ambos grupos se obtuvo que la ganancia en el grupo con aplicación de técnicas de aprendizaje activo fue baja, con una ganancia de Hake de 0,28, cercana a la ganancia de los cursos tradicionales basados en álgebra del test MCS que fue de 0,25, en cambio, en nuestro grupo de control con

enseñanza tradicional se obtuvo una ganancia igual a 0,43. En relación a estos resultados consideramos dos aspectos que pueden haber llevado a no tener los resultados esperados: (a) la participación de los estudiantes en toda la secuencia de actividades de aprendizaje, observando que la asistencia no obligatoria de los estudiantes a los cursos implicó que varios de ellos no participaran de algunas de las clases, interrumpiendo la continuidad del proceso de aprendizaje; (b) la aplicación de estrategias de aprendizaje activo implica el cambio en la dinámica de las clases del docente dentro en un curso que comenzó con clases a distancia debido al COVID19 y que retomó sus clases presenciales en Junio, para luego aplicar estas estrategias durante el mes de Agosto.

Aunque los resultados presentados no logran validar las conclusiones de otras investigaciones acerca de que la implementación de tutoriales y clases demostrativas interactivas como estrategias de aprendizaje activo de la física mejoran el aprendizaje conceptual de los estudiantes en comparación con la enseñanza tradicional, alentamos a los docentes a considerar y aplicar estrategias de aprendizaje basadas en la investigación y enseñanza de la física y que requieren que los estudiantes expresen sus pensamientos ya sea en forma oral o escrita. Sugerimos incorporarlas desde principio de año permitiendo al docente y a los estudiantes incorporar y adaptarse al uso de las nuevas metodologías.

Referencias

- Bao, L., & Redish, E. (2001). Concentration analysis: A quantitative assessment of student states. *American Journal Of Physics*, 69(S1), S45-S53.
- Barbosa, L. (2021). Introducing discrepant experiments for understanding Bernoulli's principle in the classroom. *Enseñanza De Las Ciencias. Revista De Investigación Y Experiencias Didácticas*, 39(2), 143-161.
- Barboza, L., & Organista, J. (2014). Instrucción del principio de superposición a estudiantes de ingeniería mediante una secuencia didáctica de videos. *Revista Educación En Ingeniería*, 9(18), 106-118.
- Benegas, J. (2007). Tutoriales para Física Introductoria: una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física. *Latin-American Journal Of Physics Education*, 1(1), 32-37.
- Benitez, Y., & Mora, C. (2011). Enseñanza tradicional vs aprendizaje activo para alumnos de ingeniería. *Revista Cubana De Física*, 27(2A), 175-179.
- Docktor, J., & Mestre, J. (2014). Synthesis of discipline-based education research in physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10(2), 1-58.
- Guisasola Aranzabal, J., Almudí García, J., & Ceberio, M. (2003). Concepciones alternativas sobre el campo magnético estacionario. Selección de cuestiones realizadas para su detección. *Enseñanza De Las Ciencias. Revista De Investigación Y Experiencias Didácticas*, 21(2), 281-293.
- Guisasola Aranzabal, J., Almudí García, J., & Zubimendi, J. (2003). Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. *Enseñanza De Las Ciencias. Revista De Investigación Y Experiencias Didácticas*, 21(1), 79-94.
- Hake, R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal Of Physics*, 66(1), 64-74.

- Koenig, K., & Endorf, R. (2004). Study of TA's ability to implement the Tutorials in Introductory Physics and student conceptual understanding. *AIP Conference Proceedings*, pp. 161-164.
- Li, J., & Singh, C. (2016). Developing and validating a conceptual survey to assess introductory physics students' understanding of magnetism. *European Journal Of Physics*, 38(2), 1-25.
- McDermott, L., & Shaffer, P. (2001). *Tutoriales para física introductoria* (pp. 5-6, 79-83). Pearson Education.
- Singh, C., & Li, J. (1999). *Magnetism Conceptual Survey (MCS)*, (1).
- Sokoloff, D., & Thornton, R. (2004). *Interactive lecture demonstrations. Active learning in introductory physics*. (pp. 3-12, 287-292). John Wiley & Sons.
- Sokoloff, D. (2006). *Active Learning in optics and photonics. Training manual*. [Ebook] (p. 3). UNESCO. <https://www.light2015.org/dam/LightForDevelopment/activelearning.pdf>.
- Sokoloff, D. (2021). *Home Adapted ILDs*. <https://pages.uoregon.edu/sokoloff/HomeAdaptedILDs.html>.
- Tecpan, S., Zavala, G., & Benegas, J. (2012). Actitudes de Profesores de Física hacia Estrategias de Aprendizaje Activo: Un Caso de Estudio en un Taller de Formación de Formadores. Conferencia: *XI Simposio De Investigación En Educación En Física*, pp. 185-196.

Apéndice

Apéndice 1- Selección de preguntas del test MCS utilizadas para el pretest y postest

INSTRUCCIONES

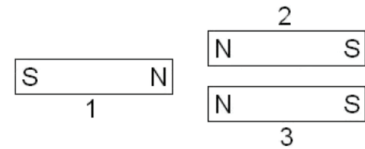
- Seleccione solamente una única respuesta.
- Ignore el campo magnético terrestre
- Si en una pregunta, un campo particular se muestra explícitamente en una figura, por ejemplo, campo eléctrico, campo gravitatorio, etc., NO debe ignorar su efecto.
- \otimes y \odot significan dentro y fuera de la página, respectivamente.
- Las flechas (p. Ej., \uparrow , \rightarrow etc.) muestran direcciones y sentidos de magnitudes físicas en el plano del papel.

1- Se colocan tres imanes de barra idénticos uno cerca del otro en línea recta con la orientación de los polos como se muestra en la figura. La fuerza magnética neta sobre el imán central es



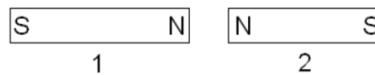
- (a) hacia fuera de la página (\odot).
- (b) entrante a la página (\otimes).
- (c) hacia la derecha (\rightarrow).
- (d) hacia la izquierda (\leftarrow).**
- (e) cero.

2- Se colocan tres imanes de barra idénticos uno cerca del otro con la orientación de los polos como se muestra en la figura. Los imanes 2 y 3 están colocados simétricamente con respecto al imán 1 como se muestra. Para esta configuración, podemos concluir que



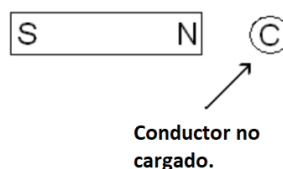
- (a) La fuerza con la cual el imán 1 repele el imán 2 es la mitad de la fuerza con la cual el imán 2 repele el imán 1.
- (b) La fuerza con la que el imán 1 repele el imán 2 es dos veces la fuerza con la que repele el imán 2 el imán 1.
- (c) La fuerza con la que el imán 1 repele el imán 2 es igual a la fuerza con la que el imán 2 repele el imán 1.**
- (d) La fuerza con la que el imán 1 atrae al imán 2 es el doble de la fuerza con la que el imán 2 atrae el imán 1.
- (e) La fuerza con la que el imán 1 atrae al imán 2 es la mitad de la fuerza con la que el imán 2 atrae el imán 1.

3- Dos imanes de barra, uno hecho de hierro y el otro de níquel, se colocan uno cerca del otro en línea recta con la orientación de los polos como se muestra en la figura. El imán 1 es dos veces más fuerte con respecto al imán 2 (es capaz de suspender un objeto dos veces más pesado). Para esta situación, podemos concluir esto



- (a) La fuerza con la cual el imán 1 repele el imán 2 es la mitad de la fuerza con la cual el imán 2 repele al imán 1.
- (b) La fuerza con la que el imán 1 repele el imán 2 es dos veces la fuerza con la que repele el imán 2 al imán 1.
- (c) La fuerza con la que el imán 1 repele el imán 2 es igual a la fuerza con la que el imán 2 repele el imán 1.**
- (d) La fuerza con la que el imán 1 atrae al imán 2 es el doble de la fuerza con la que el imán 2 atrae el imán 1.
- (e) La fuerza con la que el imán 1 atrae al imán 2 es la mitad de la fuerza con la que el imán 2 atrae el imán 1.

4- Un imán de barra se mantiene muy cerca de un conductor (no magnético) sin carga como se muestra. Ambos, el conductor y el imán, están en reposo.



¿En qué dirección recibe el conductor una fuerza magnética debido al imán?

(a) El conductor no magnético no recibe una fuerza magnética.

- (b) Entrante a la página (\otimes)
- (c) Hacia fuera de la página (\odot)
- (d) Hacia el imán (\leftarrow)
- (e) Alejándose del imán (\rightarrow)

5- Un imán de barra se mantiene muy cerca de una partícula cargada positivamente como se muestra. Tanto la carga puntual como el imán están en reposo.

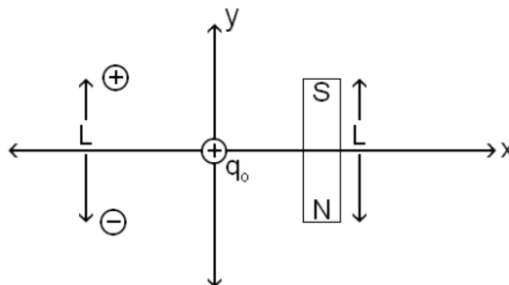


¿En qué dirección la carga puntual siente una fuerza magnética debido al imán?

(a) La carga puntual no recibe una fuerza magnética.

- (b) Entrante en la página (\otimes)
- (c) Hacia fuera de la página (\odot)
- (d) Hacia el imán (\leftarrow)
- (e) Alejándose del imán (\rightarrow)

6- Un dipolo eléctrico y un imán de barra con la misma longitud L están ambos en reposo. Son equidistantes al eje y , y cada uno se coloca simétricamente alrededor del eje x (ver Figura).

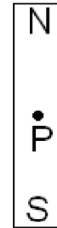


Una carga puntual positiva q_0 está en reposo en el origen como se muestra. ¿En qué dirección está la fuerza neta sobre la carga q_0 debido al dipolo eléctrico y al imán de barra?

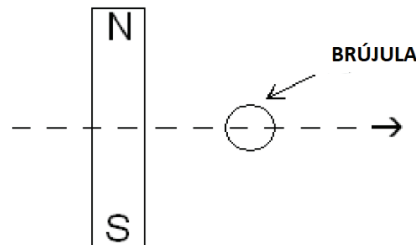
- (a) dirección y positiva
- (b) dirección y negativa**
- (c) dirección x positiva
- (d) dirección x negativa
- (e) No hay fuerza neta en q_0 debido al dipolo eléctrico y al imán de barra.

7- ¿Cuál es la dirección del campo magnético en el punto P que está dentro de la barra del imán equidistante de los dos polos?

- (a) Entrante a la página (⊗)
- (b) Hacia fuera de la página (⊙)
- (c) hacia abajo, hacia el polo sur
- (d) hacia arriba, hacia el polo norte**
- (e) No hay campo magnético en el punto P.



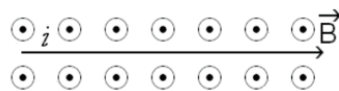
8- Se coloca una brújula en la bisectriz perpendicular de un imán de barra como se muestra.



¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe correctamente la orientación de la aguja de la brújula?

- (a) \leftrightarrow porque el campo magnético de la barra magnética es cero allí.
- (b) \leftrightarrow porque el campo magnético del imán de barra es paralelo a \leftrightarrow allí.
- (c) \uparrow porque el campo magnético de la barra magnética es cero allí.
- (d) \uparrow porque el campo magnético del imán de barra es paralelo a \uparrow allí.**
- (e) No hay suficiente información.

9- Se coloca un cable recto muy largo que lleva una corriente i hacia la derecha (ver figura) en un uniforme campo magnético B dirigido fuera de la página.



¿Cuál es la dirección de la fuerza en el cable debido al campo magnético B?

- (a) A la derecha (\rightarrow).
- (b) Hacia arriba (\uparrow)
- (c) Hacia abajo (\downarrow)**
- (d) Fuera de la página (⊙)
- (e) Entrante a la página (⊗)

Apéndice 2 - Las respuestas de los estudiantes

Desglose de cantidad de respuestas correctas por pregunta. En negrita y subrayado se indican las opciones correctas de cada pregunta.

Resultados pretest	Metodología tradicional.					Aprendizaje Activo				
Pregunta	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	0	3	3	8	7	2	0	3	11	3
2	1	2	12	5	1	3	4	8	3	1
3	1	14	1	3	2	5	8	0	6	0
4	17	0	0	4	0	16	2	1	0	0
5	1	1	2	11	6	1	0	2	7	9
6	3	3	1	3	11	1	3	1	2	12
7	7	2	2	2	8	9	3	2	2	3
8	4	3	0	7	7	2	5	1	9	2
9	12	1	0	5	3	9	2	1	7	0
Total de estudiantes	21					19				
Total de respuestas correctas	51					51				
Respuestas totales	189					171				
Resultados postest	Metodología tradicional.					Aprendizaje Activo				
Pregunta	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	1	0	0	15	4	0	0	2	14	2
2	4	1	14	1	0	9	1	8	0	0
3	0	9	10	1	0	0	15	2	1	0
4	18	1	1	0	0	17	0	0	0	1
5	7	1	0	3	9	6	0	1	4	7
6	3	4	1	2	10	2	3	4	1	8
7	5	1	3	11	0	2	1	6	7	2
8	1	3	0	14	2	2	1	1	12	2
9	3	3	13	1	0	2	1	11	4	0
Total de estudiantes	20					18				
Total de respuestas correctas	106					80				
Respuestas totales	180					162				

Apéndice 3 - Los modelos de respuesta por pregunta y según la metodología

Score y factores C y Γ por pregunta para la metodología de enseñanza tradicional.

	PRETEST	POSTEST	PRETEST	POSTEST	PRETEST	POSTEST	PRETEST	POSTEST	PRETEST	POSTEST
PREGUNTA	1		2		3		4		5	
S	0.38	0.75	0.57	0.70	0.05	0.50	0.81	0.90	0.05	0.35
C	0.18	0.60	0.33	0.51	0.44	0.41	0.70	0.82	0.29	0.26
Γ	0.26	0.65	0.24	0.41	0.45	0.81	1.00	0.41	0.27	0.47
Modelo	LL	HH	MM	HH	LM	MM	HH	HH	LM	MM
PREGUNTA	6		7		8		9			
S	0.14	0.20	0.10	0.55	0.33	0.70	0.00	0.65		
C	0.24	0.22	0.15	0.32	0.15	0.50	0.34	0.43		
Γ	0.31	0.33	0.16	0.31	0.23	0.25	0.27	0.25		
Modelo	LM	LM	LL	MM	LL	HH	LM	HM		

Nota: Resultados del Score (S) y los factores de concentración C y Γ para cada pregunta del pretest y postest correspondiente al grupo de estudiantes que participó de la enseñanza tradicional. A partir de los resultados de S y C se indican los modelos de respuestas de los estudiantes. Fuente: Elaboración propia.

Score y factores C y Γ por pregunta para la metodología de enseñanza que utilizó técnicas de aprendizaje activo.

	PRETEST	POSTEST	PRETEST	POSTEST	PRETEST	POSTEST	PRETEST	POSTEST	PRETEST	POSTEST
PREGUNTA	1		2		3		4		5	
S	0.58	0.78	0.42	0.44	0.00	0.11	0.84	0.94	0.05	0.33
C	0.33	0.63	0.14	0.41	0.26	0.72	0.73	0.90	0.30	0.21
Γ	0.17	0.41	0.08	0.81	0.18	0.88	0.49	1.00	0.29	0.35
Modelo	MM	HH	ML	MM	LM	LH	HH	HH	LM	LM
PREGUNTA	6		7		8		9			
S	0.16	0.17	0.11	0.39	0.47	0.67	0.05	0.61		
C	0.39	0.17	0.18	0.17	0.21	0.44	0.30	0.39		
Γ	0.53	0.23	0.19	0.22	0.17	0.05	0.29	0.31		
Modelo	LM	LL	LL	ML	MM	MM	LM	MM		

Nota: Resultados del Score (S) y los factores de concentración C y Γ para cada pregunta del pretest y postest correspondiente al grupo de estudiantes en el que se aplicaron técnicas de aprendizaje activo. A partir de los resultados de S y C se indican los modelos de respuestas de los estudiantes. Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 4 - Las actividades de aprendizaje activo

A través del siguiente enlace puede acceder a las actividades utilizadas como parte de las estrategias de aprendizaje activo: <https://cutt.ly/WEkPJrn>