Enseñando la ley de Ohm usando Aprendizaje Activo de la Física a Nivel Medio Superior en el Distrito Federal de México

Rubén Sánchez Sánchez[1], César Mora[1], Lino Jesús Velázquez-Arteaga[2]
[1]*Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Legaria. Calzada Legaria #694. Colonia: Irrigación. Delegación: Miguel Hidalgo. C.P. 11,500. México, D.F. Tel. 011(52)(55)57296000. Extensiones. 67737 y 67702.*
[2]*Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 13, Ricardo Flores Magón, del Instituto Politécnico Nacional del Distrito Federal en México. Avenida Taxqueña #1620. Colonia: Paseos de Taxqueña. Delegación: Coyoacán. C.P. 04250. México, D. F.*

E-mail: rsanchezs@ipn.mx

(Recibido el 7 de septiembre de 2014, aceptado el 8 de febrero de 2015)

Resumen

En el presente trabajo se muestra un esfuerzo por llevar a cabo la aplicación de un método de Aprendizaje Activo para los estudiantes de nivel Medio Superior del CECyT no. 13 Ricardo Flores Magón, de la Ciudad de México. La metodología Activa de Sokoloff, Thornton y Laws, nos ha servido como guía en la aplicación de metodologías de enseñanza que tengan como objetivo el mejorar el nivel de comprensión y análisis para algunos de nuestros jóvenes mexicanos. En esta investigación, el profesor Lino tomó en cuenta el diseño de test validado en electromagnetismo, como lo hace BEMA (Brief Electricity and Magnetism Assessment), para la elaboración de su test utilizado para el aprendizaje de la Ley de Ohm, en sus estudiantes, para la asignatura de Física II, que se llevó a cabo en el CECyT 13, en el año de 2014.

Palabras clave: Ley de Ohm, Metodologías Activas de Enseñanza, Aprendizaje Activo Social.

Abstract

In this paper, an effort is shown for carrying out the implementation of an Active Learning method for students at Bachelor's degree, of the CECyT no. 13 Ricardo Flores Magón, in México City. The Active methodology of Sokoloff, Thornton and Laws, has served as a guide in the application of teaching methods, which aim at improving the level of understanding and analysis for some of our young Mexicans. Professor Lino took into account designing of test for electromagnetism, validated as BEMA (Brief Electricity and Magnetism Assessment), for the development of his own test for learning Ohm's Law, in their students, for the subject of Physics II, that was imparted in the CECyT no. 13, in the year 2014.

Keywords: Ohm's Law, Active Teaching Methodologies, Social Action Learning.

PACS: 01.40.-d, 01.50.H-, 01.50.hv, 01.50.-i, 01.50.ht **ISSN 1870-9095**

I. INTRODUCCIÓN

Las metodologías activas [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] han sido llevadas dentro de la enseñanza de la Física para estudiantes de Nivel Medio Superior, en México. Se describe la metodología llevada a cabo en las aulas del, Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos "Ricardo Flores Magón" (CECyT 13), del Instituto Politécnico Nacional; en la Ciudad de México, Distrito Federal. El año pasado el profesor Lino aplicó una metodología didáctica a dos de sus grupos que llevan la asignatura de Física II, y los comparó con otros dos de sus grupos que llevaron la misma materia, con la enseñanza tradicional. Los resultados por él obtenidos, para que los alumnos aprendan la *Ley de Ohm*, son mostrados en el presente trabajo con el objeto de tener en claro como las metodologías activas de enseñanzas están modificando la manera de ver y apreciar la educación en escuelas del Distrito Federal. Aunque todavía falta mucho trabajo por realizar para poder atestiguar este impacto con mayor cantidad de pruebas, pensamos que estos primeros intentos por aplicar las metodologías, nos pueden servir de fundamento y antecedente dentro de futuros esquemas de la investigación educativa en México.

II. EL APRENDIZAJE ACTIVO Y SUS METODOLOGÍAS

La metodología educativa que vamos a emplear, y que de ahora en adelante vamos a llamar Aprendizaje Activo

Social, tiene sus raíces en la aplicación del Aprendizaje Activo de la Física, metodología empleada por Sokoloff *et al.,* en los Estados Unidos, con sorprendentes resultados. El aprendizaje de los estudiantes es *activo,* porque demanda la participación de ellos para poder garantizar que el aprendizaje se lleve a cabo en ellos. El ciclo que se puede utilizar es el que se emplea en las Clases Demostrativas Interactivas; se le conoce comúnmente como ciclo PODS, de donde se toman las fases de: Predicción, Observación, Discusión y Síntesis; en donde el alumno toma un papel participativo y activo en la clase.

El profesor ayuda y coordina a que toda la actividad se lleve correctamente, por los estudiantes, además de que toman un papel activo durante la síntesis del problema. Entonces, en lugar de que el profesor sea el centro de atención de la clase y la fuente absoluta del conocimiento, ahora es una guía activa y participativa con los estudiantes, quienes ahora serán los autores de su propio conocimiento.

Estas actividades están basadas en el principio del constructivismo de Piaget, donde es el estudiante el que construye su propio conocimiento, y no el que absorbe el conocimiento a partir de la exposición del profesor.

También están basadas en el principio del constructivismo social de Vygotsky, dado que él fue el que resaltó el hecho de que: el conocimiento y el fenómeno del aprendizaje son en sí mismos un fenómeno social. Esto es, el conocimiento no se construye de la nada en cada estudiante, sino que es el resultado de la interacción social que éste tiene con su propio entorno social. Aquí el entorno social comprende tanto a su profesor, como a sus compañeros de equipo, y a sus compañeros de la clase.

De esta manera, y a partir de los principios mencionados en el párrafo anterior, es como podemos hablar de que existe un principio educativo, que hemos de llamar de ahora en adelante: Aprendizaje Activo Social (AAS). Una de estas aproximaciones puede ser identificada con el Aprendizaje Activo de la Física (AAF) que han empleado Sokoloff *et al*., basándose en estos mismos principios. Es por eso que, en el presente trabajo se toman los mejores elementos del AAF y se ponen en práctica, para el bienestar de los mismos estudiantes.

En los siguientes párrafos veremos la forma en como el profesor Lino aborda el problema educativo tomando en cuenta estas ideas y las aplica en sus estudiantes.

III. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Se realizaron varias etapas en la elaboración de esta investigación, las cuales vamos a describir brevemente en los siguientes párrafos.

Como primer paso o actividad, el profesor aplica un examen de diagnóstico, tanto a los grupos experimentales que son los que llevan la metodología activa), como a los de control (los estudiantes que llevan una enseñanza tradicional, la cual ha sido practicada en la escuela, en la mayoría de las veces). Esta etapa de la investigación es crucial, ya que gracias a esta se pueden medir o estimar en los resultados del test, que cantidad de estudiantes tiene un conocimiento correcto del tema, y que cantidad aún no cuenta con los conocimientos suficientes para dominar el tema de la clase. Así, el profesor cuenta con un control de los grupos, que posteriormente utilizará para calcular su factor de eficiencia en conocimiento o factor de Hake.

El segundo paso o etapa, consiste en la ejercitación de la misma clase, propiamente dicha. En otras palabras, al grupo de control se le ofrece una clase, con todas las características tradicionales, que han sido aceptadas por nosotros durante décadas y generaciones de estudiantes –de esta forma, no se atenta en contra de su formación, sino que simplemente se les da la atención, que los profesores les han dado a través de muchos años, a varias generaciones de estudiantes–. Y a los grupos experimentales, se les ofrece la nueva metodología educativa, basada en el Aprendizaje Activo Social (AAS). Aquí, el AAS y el AAF se identifican en una sola metodología educativa, pues ya que estamos usando los pasos del ciclo PODS y estamos utilizando directamente el material de laboratorio; entonces según Sokoloff, estamos utilizando el Aprendizaje Activo de la Física. Por otra parte, el Aprendizaje Activo Social, viene a ser una generalización de la primera, en donde, no necesariamente se utilizan los recursos de un laboratorio real de Física.

Como se puede ver, esto es sano, pues no siempre se tiene la posibilidad de contar con material e instrumentos de medición sofisticados y de un costo económico elevado.

Así, el AAS tiene los mismos objetivos del AAF, pero puede flexibilizarse más que el primero, para condiciones económicamente menos fuertes. En el AAS se puede reemplazar el experimento real, por simulaciones de computadora, o por material audiovisual, que muestre cómo se comporta el fenómeno físico observado; mientras que en el AAF –según Sokoloff– es necesario emplear al mismo fenómeno físico en sí.

En el tercer paso de la investigación, el profesor investigador, va a aplicar el mismo test que les presentó a sus estudiantes, pero ya que estos hayan adquirido o hayan pasado por el proceso de aprendizaje, ya sea empleando el AAS o la enseñanza tradicional. Aquí el profesor investigador vuelve a recopilar los resultados de aprovechamiento de sus estudiantes, para evaluarlos y analizar los resultados.

El cuarto paso de la investigación consiste en el análisis de los resultados, realizando una comparación con ganancia de Hake, para ver si se obtuvo un resultado diferente empleando el AAS, en lugar de la enseñanza tradicional.

IV. DATOS RECOLECTADOS

Los datos se recolectaron en ambos grupos, para saber si el Aprendizaje Activo de la Física dió mejores resultados de aprendizaje en los estudiantes, que la enseñanza tradicional.

Aquí la manera de abordar tal cuestión es: a través de la ganancia de Hake, que nos muestra el avance o razón de ganancia en el aprendizaje de los estudiantes. Comparando las ganancias es que podemos darnos una idea de las posibles ventajas que puede tener una nueva metodología

didáctica, con respecto a las usadas comúnmente. O en otras palabras, podemos comparar el Aprendizaje Activo de la Física con la enseñanza tradicional, y observar si hubo alguna ventaja al utilizar estas nuevas metodologías de enseñanza.

Primero antes que nada, haremos un listado de los datos recolectados por el investigador en ambos tipos de grupos.

El grupo 4IV5 será nuestro grupo experimental, tuvo 34 estudiantes en total. Los datos recabados son dados en la Tabla I. Cada entrada representa el número de alumnos que contestaron bien el cuestionario. Estos datos son suficientes para calcular la ganancia de Hake para el grupo, en esta fase de la investigación.

Para que todo el grupo hubiera contestado en forma perfecta el cuestionario, se necesitaban 34x18=612 puntos en total. Sin embargo, los alumnos que contestaron bien el pretest en el grupo experimental tuvieron un puntaje de 174, lo cual representa el (174x100/612) % de aciertos. Esto es, en el pretest tenemos una ganancia del 28.4%, para el grupo experimental.

TABLA I. Resultados del pretest para el grupo experimental 4IV5.

Pretest	
Grupo 4IV5 (Experimental)	
Pregunta	Alumnos que contestaron bien
1	7
2	5
3	4
4	12
5	14
6	11
7	17
8	4
9	3
10	18
11	14
12	3
13	6
14	10
15	14
16	15
17	8
18	9

Asimismo mostramos en la Tabla II los datos recabados para el mismo grupo pero en su fase del postest. Como se puede observar, existe una ganancia en el aprendizaje que tienen los estudiantes, una vez que han recibido la clase siguiendo la metodología del Aprendizaje Activo de la Física. Para calcular el puntaje obtenido por los alumnos en el postest, sumamos los números de la columna derecha en la Tabla II, ya que esto nos da una idea, de que porcentaje de estudiantes han construido en forma satisfactoria su conocimiento. El puntaje total alcanzado por los estudiantes del grupo experimental es entonces de 406. Lo cual, de forma similar representa un porcentaje final de aprovechamiento del (406x100/612) %, o bien, del 66.3%. Este dato es también de importancia, para calcular la ganancia de Hake.

TABLA II. Resultados del postets para el grupo experimental 4IV5.

Postest	
Grupo 4IV5 (Experimental)	
Pregunta	Alumnos que contestaron bien
1	20
2	22
3	23
4	22
5	18
6	23
7	23
8	21
9	22
10	22
11	24
12	21
13	23
14	25
15	22
16	25
17	24
18	26

Ahora vamos a analizar a un grupo de control, repitiendo el cálculo de la ganancia de Hake, para poder contrastar el aprendizaje obtenido ahí, con el obtenido aquí.

En la Tabla III se recolectan los datos esenciales de aprovechamiento del grupo 4IV6, que fungió como un grupo de control para el profesor investigador.

TABLA III. Resultados del pretest para el grupo de control 4IV6.

Pretest	
Grupo 4IV6 (Control)	
Pregunta	Alumnos que contestaron bien
1	5
2	6
3	8
4	10
5	10
6	10
7	6
8	4
9	6
10	12
11	10
12	4
13	6
14	13
15	9
16	13
17	8
18	9

TABLA IV. Resultados del postest para el grupo de control 4IV6.

Postest	
Grupo 4IV6 (Control)	
Pregunta	Alumnos que contestaron bien
1	10
2	9
3	17
4	15
5	12
6	13
7	13
8	11
9	13
10	15
11	15
12	10
13	11
14	13
15	18
16	16
17	17
18	14

La Tabla IV contiene los datos recogidos para el grupo de control, en su fase de postest. Esto es, ya que la enseñanza tradicional se había completado para dicho grupo. Es de notar que en este caso, el grupo de control contaba con un total de 32 estudiantes (dos estudiantes menos que en el grupo experimental).

En la siguiente sección discutiremos los resultados.

V. RESULTADOS

Para calcular la *ganancia de Hake* [9] o *ganancia promedio normalizada* de un grupo, debemos de usar la siguiente relación:

$$\langle g\rangle = \%\langle G\rangle / \%\langle G\rangle_{max} = (\%\langle S_f\rangle - \%\langle S_i\rangle)/(100 - \%\langle S_i\rangle).$$

Donde $\%\langle S_f\rangle$ y $\%\langle S_i\rangle$ son los promedios final (post) e inicial (pre) de la clase.

Se pueden clasificar tres clases de cursos:

1. Los cursos con una ganancia *g-alta* corresponden o son aquellos para los cuales ($\langle g\rangle$) es mayor o gual a 0.7.
2. Los cursos con una ganancia *g-media* son aquellos para los cuales ($\langle g\rangle$) es mayor o igual a 0.3.
3. Los cursos con una ganancia *g-baja* son aquellos para los cuales ($\langle g\rangle$) es menor a 0.3.

Para el caso del curso del grupo experimental, tendríamos que estas cantidades son:

$$\%\langle S_i\rangle = 28.4\%$$
$$\%\langle S_f\rangle = 66.3\%,$$

aquí tendríamos una ganancia promedio normalizada de:

$$\langle g\rangle = (66.3-28.4) / (100-28.4) = 37.9 / 71.6 = 0.53,$$

que correspondería a una *g-media,* para el grupo experimental.

Ahora pasamos a analizar al grupo de control.

Observamos de la Tabla IV, que el número de alumnos que contestaron bien el pretest, tienen un puntaje de 149 para el grupo de control, por lo tanto:

$$\%\langle S_i\rangle = ((149 \times 100) / (32x18))\ \% = (14900/576)\ \% = 25.87\%.$$

Y el número de alumnos que contestaron bien el test en la fase posterior, tienen un puntaje sumado de 242, según la suma de los datos en la Tabla IV; por lo tanto tenemos en este caso que:

$$\%\langle S_f\rangle = ((242x100) / (32x18))\ \% = (24200/576)\% = 42,.01\%$$

Ahora se puede calcular la ganancia de Hake para el grupo de control que está dada por la siguiente relación:

$$\langle g\rangle = (42.01-25.87) / (100-25.87) = 16.14/74.13 = 0.22,$$

que corresponde a una *g-baja,* para el grupo de control.

Como podemos observar, de ambos resultados para estos dos grupos, el grupo experimental ha obtenido una ganancia promedio normalizada de Hake mejor que la ganancia correspondiente al grupo de control. Esto quiere decir al compararlos que, la metodología del Aprendizaje Activo de la Física, ha dado mejores resultados en el aprendizaje de los alumnos, que la enseñanza tradicional.

No obstante de que la ganancia no fue alta, si se notó que existe una diferencia significativa en cuanto a enseñar con AAF y enseñar de la manera tradicional. Quizá esto se deba precisamente al hecho de que, en el AAF se le ha pedido al estudiante que sea más participativo en la clase, por lo que a éste se le llama un *estudiante activo.* En contraste, un estudiante que regularmente sólo toma notas y casi no participa en la clase y deja todo el quehacer al profesor, lleva la enseñanza tradicional, y a él se le conoce en la literatura como *estudiante pasivo.*

Evidentemente, si la hipótesis de investigación plantea esperar que, el primer estudiante debe aprender en promedio más y mejor que el segundo estudiante, estos resultados reflejan el éxito y cumplimiento de dicha hipótesis, dando por sentado que es mejor emplear una metodología activa, que una pasiva, en la clase de Física, para aprender por ejemplo, la Ley de Ohm.

El test que empleó el investigador será publicado en un trabajo posterior, de tesis doctoral en Física Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional, por el profesor investigador Lino Velázquez [10].

Actualmente, esta investigación se encuentra en fase de terminación y de desarrollo; faltan más resultados y futuros

cálculos. Además, este tipo de investigación indica a los profesores que vale la pena motivar más al estudiante para que este sea más dinámico, y a que enfrente él mismo (con ayuda del profesor) el reto de aprender.

VI. CONCLUSIONES

Como ya hemos mencionado anteriormente en la sección de resultados, podemos percatarnos de la importancia que tienen las metodologías didácticas dentro del aula de clases para la materia de Física.

Como la investigación está realizada en un país donde, los recursos económicos de las escuelas están ciertamente más limitados que en escuelas de países más desarrollados, pensamos que el resultado mostrado aquí, sirve de guía para futuras investigaciones de las metodologías educativas activas en territorio latinoamericano.

La conclusión central alcanzada –al menos hasta el momento–, es que el Aprendizaje Activo de la Física, mejora el aprendizaje del estudiante de Física, en el tema particular de la Ley de Ohm, ya que le exige tomar una actitud activa frente a la clase. Se debe tomar en cuenta que el papel del profesor también es fundamental, ya que es él quien guía la clase, toma parte en la fase de la Síntesis de resultados, y también es el agente que debe conseguir que el estudiante se motive en la clase, y que sea más participativo en ella. La enseñanza tradicional, se ve entonces superada, ya que en ella no se le exige tanto al estudiante, pues el estudiante se limita a escuchar o tomar notas, y se pretende que adquiera el conocimiento, a través de la exposición activa de su profesor.

Los autores de este trabajo piensan, que, si el profesor que va a ver el tema de la Ley de Ohm, para su curso de Física, se toma la molestia de implementar una clase más dinámica a través del Aprendizaje Activo de la Física, entonces verá que sus esfuerzos tienen mejores resultados, comparados a los que obtendrá si se limita a sólo exponer las ideas del tema a sus estudiantes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente artículo de investigación educativa, quieren expresar su agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico recibido durante la realización del trabajo.

Asimismo, agradecen al apoyo económico de la COFAA del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

Y al apoyo económico recibido por la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN número 20151223, que lleva por título *Aprendizaje Activo de la Física para la Ley de Ohm*.

El apoyo de las anteriores dependencias e instituciones fue indispensable para la realización y redacción de este trabajo.

REFERENCIAS

[1] Laws, P. W., Workshop Physics, activity guide. Module 2: Mechanics II, In: *The Physics Suite*, (John Wiley & Sons, Hoboken, 2004).

[2] Sokoloff, D. R., Thornton, R. K., Laws, P. W., Real time Physics, learning laboratories. Module 1: Mechanics, In: *The Physics Suite*, (John Wiley & Sons, Hoboken, 2004).

[3] Sokoloff, D. R., Thornton, R. K., Laws, P. W., *Real* Time Physics, active learning laboratories. Module 3: Electric Circuits, In: *The Physics Suite*, (John Wiley & Sons, Hoboken, 2004).

[4] Sokoloff, D. R., Thornton, R. K., Laws, P. W., Real Time Physics, Active Learning Laboratories. Module 4: Light and Optics, In: *The Physics Suite*, (John Wiley & Sons, Hoboken, 2004).

[5] Sokoloff, D. R., Thornton. R. K., *Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools*, Am. J. Phys. **58**, 858-867 (1990).

[6] Sokoloff, D. R., Thornton, R. K., *Using interactive lecture demonstrations to create an Active Learning Environment*, The Physics Teacher **35**, 340-347 (1997).

[7] Sokoloff, D. R., Thornton, R. K., *Assessing student learning of Newton's laws: The force and motion conceptual evaluation of active laboratory and lecture curricula*, Am. J. Phys. **66**, 338-352 (1998).

[8] Sokoloff, D. R., Thornton. R. K., Interactive lecture demonstrations, active learning in introductory Physics. In: *The Physics Suite*, (John Wiley & Sons, Hoboken, 2006).

[9] Hake, R. R., *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses,* Am. J. Phys. **66**, (1998).

[10] Velázquez-Arteaga, L. J., *Manuscrito no publicado de tesis doctoral en Física Educativa*, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Legaria, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, Distrito Federal.