

# Los cómics en la enseñanza de la Física: Diseño e implementación de una secuencia didáctica para circuitos eléctricos en bachillerato



Silvia Orlaineta Agüero<sup>1,2</sup>, Ricardo García-Salcedo<sup>2</sup>, Daniel Sánchez Guzmán<sup>2</sup> y José Guzmán Mendoza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*IEMS-DF y Prepa de UNAM*

<sup>2</sup>*Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada-Unidad Legarí del Instituto Politécnico Nacional, Legarí #694. Col. Irrigación, CP.11500, México, D. F.*

**E-mail:** sorlaine@gmail.com

(Recibido el 12 Junio 2012, aceptado 26 Septiembre 2012)

## Resumen

Se presenta una propuesta metodológica basada en el Aprendizaje Activo, la cual fue estructurada para promover el aprendizaje en los estudiantes de bachillerato mediante el empleo de un cómic que aborda algunos conceptos sobre electricidad. En particular, se trabajó con un cómic donde se definen y relacionan la diferencia de potencial, la resistencia eléctrica y la corriente eléctrica. Este cómic forma parte de las actividades propuestas en una secuencia didáctica que incluye, además, una serie de actividades experimentales de bajo costo, discusiones grupales y de clases que pretenden inducir a la mejora de la comprensión de los conceptos antes mencionados, así como determinar la relación entre ellos, es decir, la Ley de Ohm. La secuencia fue aplicada a un grupo de prueba de segundo semestre de Física de nivel bachillerato y se comparó contra un grupo de control de características similares. La evaluación de esta propuesta fueron algunas preguntas de la Evaluación de Conceptos de Circuitos Eléctricos (ECCE, por sus siglas en inglés) diseñado por Sokoloff y los resultados se analizaron empleando la ganancia conceptual normalizada para comparar el aprendizaje de ambos grupos. Se encontró que la secuencia tuvo éxito, aunque pensamos que un análisis adicional, es necesario para dar un resultado contundente.

**Palabras clave:** Cómics, Aprendizaje activo, Bachillerato.

## Abstract

Present work shows a methodologic proposal based on Active Learning, it has been structured to promote a better learning in high school students with the use of a comic book that shows various concepts of electricity. In the experiment we use the first part of the book that was used to show the concepts of electric resistance, electric current and electric potential difference. The book was complemented with other activities like low-cost experiments, discussions in the classroom and lectures, oriented to clarify the concepts previously mentioned and define some related themes like the Ohm's law. This didactic sequence was applied to an experimental group of students that course the second semester at high school level and the results were compared with a control group of students with similar characteristics and the methodology applied to the control group was the use of lectures. The evaluation of this proposal was using some questions from the Electric Circuits Concept Evaluation (ECCE) designed by Sokoloff and results were analyzed with Hake's normalized gain. We found that the methodology was better effective than only the use of lectures, these results cannot be generalized and we will continue to apply the same experiment with more students to validate these results.

**Key words:** Comics, Active learning, High school level.

**PACS:** 01.40-d, 01.40Di, 01.40gb, 01.55+b

## I. INTRODUCCIÓN

La United Nations Education, Scientific and Culture Organization (UNESCO), recomienda la lectura de cuatro libros por año para garantizar que los individuos cuenten con el nivel adecuado de cultura y desarrollo social [1].

La lectura per cápita en México es de alrededor de tres libros por año [2], pero revistas semanales como *TV notas* y *El libro vaquero* alcanzan, entre ambos, un tiraje de

aproximadamente 45 millones de ejemplares por año, situándose entre las cinco revistas semanales con más alta circulación [3].

Pese a que la historieta tiene una fuerte aceptación social en México, desde una perspectiva didáctica es un recurso poco empleado por los docentes. Con frecuencia estos asocian al cómic con contenidos superficiales, a los cuales no se les debe dar importancia [4].

Por otra parte en México, aproximadamente el 2% de los alumnos que ingresan a licenciatura eligen el área de ciencias naturales y exactas según datos reportados en los anuarios estadísticos de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior [5]. Los estudiantes argumentan que las materias relacionadas con la ciencia y, en particular con la Física, son difíciles y están separadas de la vida cotidiana, lo cual resulta paradójico, pues la Física pretende explicar los fenómenos naturales. Esto indica la falta de relación entre los dominios del conocimiento científico, escolar y cotidiano [6]. Por lo que requerimos nuevos métodos para relacionar esos dominios.

Fanaro, *et al.* investigaron la forma en que los docentes elegían los libros de texto dentro de las aulas de clase [7]. Algunos los elegían por las imágenes que los textos incluían sin analizar profundamente el significado que los estudiantes les daban a esas imágenes. Los profesores creían que el uso de imágenes tenía un carácter prioritariamente motivacional. Aunque también consideraban que las imágenes reducían la abstracción y mejoraba la comunicación. Algunos pocos pensaban que las mismas ayudaban a sintetizar la información. No obstante, los resultados mostraron que en los profesores prevalecía una concepción de sentido común sobre las imágenes e ignoraban las dificultades que enfrentaba los estudiantes al descifrarlas. Así que los investigadores sugirieron que se debe capacitar a los docentes en el uso de imágenes, mostrándoles la relación entre el lenguaje científico y el empleo de las mismas.

El objetivo de este trabajo es evaluar el aprendizaje conceptual en un tema específico de electrodinámica utilizando al cómic dentro de una secuencia didáctica enmarcada en una estrategia de aprendizaje activo en estudiantes de bachillerato en la Ciudad de México. Dicha secuencia tiene como elemento central la lectura de las primeras páginas del cómic “Por un puñado de Amperios” [8] que incluye los conceptos de diferencia de potencial, corriente eléctrica y resistencia eléctrica, involucrados en la Ley de Ohm.

Por todo lo anterior, nuestra forma de trabajo será la siguiente: antes que nada debemos saber qué es un cómic, cómo se ha empleado en la enseñanza y por qué es atractivo para los jóvenes, en especial los conocidos actualmente como web cómics. Posteriormente, se debe fundamentar la teoría de aprendizaje en que se basa y cómo podemos elaborar una secuencia didáctica empleando el cómic. Finalmente, cómo es que se evaluará la comprensión de los conceptos Físicos en los alumnos.

La organización del presente artículo es la siguiente: en la siguiente sección (sección II) se presentan brevemente la historia del cómic: se dará la definición, se explicará la evolución del cómic norteamericano y cómo se fue incorporando a la enseñanza, se muestran las primeras investigaciones en torno a él en Estados Unidos y se explica porque fue abandonado como herramienta didáctica. Así mismo se presenta la evolución del cómic en México desde sus inicios con Don Catalino hasta los últimos webcómic. En la siguiente sección (sección III), se presentan los usos del cómic en la enseñanza de la Física, es decir, se explica cómo

se usan para motivar, para mejorar la comprensión y para evaluar. En la sección IV, se analiza el cómic elegido, *Por un puñado de amperios* de Jean Pierre Petit, desde el punto de los conceptos físicos. Posteriormente, en la sección V, se describe la metodología educativa bajo la cual se diseñó la secuencia didáctica, esta sección finaliza con la secuencia didáctica misma. En la sección VI se caracterizará a la población y a la institución educativa, se presenta como se diseñó el pre-test, se explica las pruebas previas que se le realizaron antes de aplicarlo a los grupos de estudio y se fundamentan las modificaciones. Además se explicará la metodología que se empleará con cada grupo (prueba y control). En la sección VII los resultados obtenidos que se analizarán mediante la ganancia de Hake se muestra una tabla comparativa entre los resultados de ambos grupos. Se presentarán dos casos particulares con ganancias altas del grupo de prueba y se analizará la actitud del grupo de prueba hacia el empleo de cómics dentro del aula. Al mismo tiempo, se hace una discusión de los resultados. Finalmente, en la sección VIII se brindarán las conclusiones a las que se ha llegado en este trabajo.

## II. HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL CÓMIC

¿Qué es el cómic? Según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española [9], el cómic, también conocido como “historieta” o “tebeo”, se define como una serie o secuencia de viñetas con un desarrollo narrativo. Anteriormente se diferenciaba al tebeo del cómic, debido a que las historias iban dirigidas a un público distinto. Por lo regular, se llamaba tebeos a las historietas dirigidas hacia niños, mientras que se consideraba que los cómics tenían un público lector diverso, incluso adulto. Con el tiempo esta diferencia se ha ido diluyendo y se emplean los términos “cómic”, “historieta” o “tebeo”, como sinónimos.

Aunque Umberto Eco evita brindar una definición formal de cómic, dice que: “El cómic es un género literario autónomo, dotado de elementos estructurales propios, de una técnica comunicativa original, fundada en la existencia de un código compartido por los lectores y al cual el autor se remite para articular, según leyes formativas inéditas, un mensaje que se dirige simultáneamente a la inteligencia, la imaginación y el gusto de los propios lectores” [10].

Scott McCloud, en cambio, proporciona una definición formal de cómic [11]. “Cómic: Ilustraciones yuxtapuestas y otras imágenes en secuencia deliberada, con el propósito de transmitir información y obtener una respuesta estética del lector”. Además aclara que su definición no enumera géneros, ni tipos de materia, ni estilos de prosa o poesía, no prohíbe ninguna clase de herramienta, no proscribiera ninguna escuela de dibujo, filosofía, movimientos o cualesquier enfoques, no indica la edad del lector, ni el tema a tratar.

Por otro lado, Barrero dice que “los cómics son un conjunto de signos con significado propio, del que se obtiene una expresión estética”, son un vínculo entre la

lectura pasiva o soporte papel y la lectura activa o soporte audiovisual [12].

Así, este tipo de lectura permite la participación del lector activamente, estimulando su imaginación, cuestionando sus valores y provocando emociones. La lectura del cómic permite atribuirle significados a los íconos y estimular las respuestas globales práxicas, principalmente la imitativa [13].

Además, los cómics son un medio de comunicación masiva, que puede acercar al público con la ideología del guionista y/o dibujante, por lo que el cómic tiene una finalidad pedagógica [10]. Aunque al inicio los cómics no pretendían ni educar, ni transmitir ninguna ideología, sino más bien su comercialización. Para profundizar en este aspecto estudiaremos el origen del cómic moderno, es decir, el cómic que comúnmente conocemos, ver por ejemplo las siguientes referencias [14, 15].

El cómic moderno comenzó en 1896 con la aparición de "The Yellow Kid" de Richard Felton Outcault, en Nueva York. Poco después aparecieron personajes como Anita la huerfanita, Popeye y el pequeño Nemo, que aún permanecen. En 1929, George Delarte publicó el primer cómic a cuatro tintas y lo llamó *The Funnies*, que se entregaba semanalmente. En ese mismo año surgió *Tarzán* y, poco después, en 1930, apareció *Mickey Mouse* y, en 1931, *Dick Tracy*.

El primer cómic que se publicó en el formato que conocemos fue *The funnies on parede* de Mc Gaines, cuya distribución fue gratuita y se daba como obsequio en la compra de algún producto. Se sumaron a este tipo de cómics: *Famous Funnies: A carnaval of comic y Century of comics*. En 1934, se editó *Famous Funnies* No. 1 para los puestos de revistas y, a partir de ahí, se publicaron 250 ejemplares continuos en entregas mensuales hasta 1955.

Según menciona Kakalios el desarrollo de los cómics modernos se divide en etapas: la época dorada (1938 a 1955) y la época de plata (1956 a 1972) a las que hace mención (Kakalios, 2006). A estas debemos agregar una nueva etapa entre 1973 y 1986, a la que podemos llamar la época de bronce. Los nombres se refieren al nivel de popularidad, aceptación y ventas de los cómics.

La época dorada del cómic inició con la aparición de *Superman* de Siegel y Shuter. *Batman* de Bobe Kane aparece un año después. En 1941 surge el *Capitán América* de Joe Simon y Jack Kirby. Después de la segunda guerra mundial, los superhéroes cayeron en la decadencia. Surgieron personajes más ligeros como *Archie*.

A finales de la época dorada los cómics se enfrentaban a la regulación, a problemas de distribución y a la competencia con la televisión. Debido a esto las ventas bajaron, se redujeron los títulos y dejaron de emplearse como material educativo.

Desde el punto de vista educativo, en esta época surgió cierta motivación en las instituciones educativas a investigar su valor pedagógico y comenzaron un debate. En la Universidad de Pittsburgh, Sones condujo una serie de estudios sobre el uso de los cómics en la educación [16]. En dicho estudio, menciona que entre 1935 y 1944 se habían escrito al menos cien artículos de crítica hacia los cómics en

revistas educativas y periódicos. En su artículo narró las investigaciones de sus contemporáneos, entre ellos, Paul Witty y George Reynolds [17]. El primero se interesó en medir la popularidad del medio mientras que el segundo investigó por qué razones los jóvenes se interesaban en leer cómics. Según Reynold los jóvenes leían cómics principalmente porque les gustaban las historias y eran fáciles de leer. Basado en estos resultados, Sones dijo que la eficacia de los cómics se debía a la forma de comunicación, ya que el lenguaje que se empleaba en ellos era casi universalmente conocido [16].

En otras investigaciones, Sones sugerían distintas formas para emplear los cómics comerciales en las diferentes materias e integrarlos como parte de la currícula. Gruenberg, mencionó numerosos ejemplos de la aplicación de los cómics a las asignaturas y dijo que "Difícilmente hay materias que no puedan enseñarse a través de este medio" [16].

En la enseñanza de la lengua, los cómics también fueron de gran utilidad especialmente para aquellos cuya edad rebasaba el promedio de su nivel escolar y los libros dedicados a enseñar a leer, aunque cumplían con ese fin, no eran de su interés. En cambio los cómics proveían un material práctico que cumplía con ambos objetivos [18].

Aunque había un buen número de defensores del cómic, también existían los detractores del medio. Lucille Rosencrans, directora de una escuela de Nebraska decía que los cómics eran el principal obstáculo para lectura de comprensión, destruían la imaginación y causaban fatiga visual. Por lo que eran los enemigos de la lectura seria [18].

En 1953, el senador Estes Kefauver intentó conectar a los cómics con la delincuencia juvenil. Al inició solamente centro su atención en los cómics de crímenes y de horror, pero luego también llevó a los superhéroes al Senado de los Estados Unidos. Para evitar que el Senado regulara la publicación de las historias, los principales editores crearon una agencia autorreguladora llamada Cómics Code Authority (CCA) que tenía como objetivo evitar que las historias que exhibieran escenas de sangre, lujuria, drogas, zombis, vampiros, etc. Todas las tiras deberían ser aprobadas por la CCA antes de su publicación y distribución [19].

La época de plata dio inicio con la publicación de *Showcase No. 4* en el cual se podía ver una versión actualizada del antiguo *Flash* de la era anterior. Poco después, la nueva versión obtuvo su propio título y resurgieron los superhéroes, es decir, sirvió como plataforma para actualizar a los personajes [15].

El primer trabajo de Stan Lee y Jack Kirby se publicó en 1958. Estos escritores crearon a la mayor parte de los superhéroes de Marvel. Dicha editorial publicó en *Amazing Adventures No. 1*, el primer grupo de superhéroes, los *Cuatro Fantásticos*, luego apareció *Hulk* y, posteriormente, *Spiderman*. Más adelante, surgieron personajes como los *X-Men*.

En 1973, comenzó la época de bronce, cuya temática iba enfocada a problemas sociales complicados, como el uso de las drogas y el racismo. Aquí proliferaron los

superhéroes anglosajones y nuevamente se retoma el uso del cómic como material educativo.

En ese mismo año, Kay Haugaard escribió un artículo titulado “Comics book: Conduits to Culture?”, donde describía el cambio que había sufrido sus hijos, y cómo después de la total negación a aprender a leer, se habían interesado en aprender sólo para saber lo que decían los cómics [18]. Fue entonces que Kay Haugaard y Constance Alongi recomendaron emplear los cómics, justo para aquellos estudiantes que se reusaban a leer y, poco después Bruce Broca dijo que la lectura de los cómics podía combatir al nuevo enemigo de la literatura: la televisión. Con los nuevos defensores de la lectura del cómic en la educación y con los nuevos problemas sociales, las editoriales le dieron un enfoque distinto a los mismos.

Actualmente el cómic ha vuelto a las aulas y a pesar de haber sido truncado su primer intento, existen asociaciones para aprender a hacer cómics dentro de las escuelas.

En México, Mc. Cloud [11] menciona que el primer cómic es un manuscrito precolombino descubierto por Hernán Cortés alrededor del año 1519 (ver también [20]). Ese manuscrito mide unos diez metros de largo, tiene ilustraciones llenas de color y nos cuenta las hazañas de un gran militar y héroe político llamado *8-ciervo. Garra de Tigre*. El manuscrito cumple con los requisitos de la definición de Mc Cloud, aunque el orden de lectura debe ser en zigzag y de derecha a izquierda.

A pesar de que el dibujo político y religioso ha acompañado a México a lo largo de toda su historia, podemos decir que la primera historieta que se propagó en episodios es *Vida y milagros de Lorín* publicada en *El Demócrata* en 1919 [21]. Esta historieta iba dirigida a niños y fue escrita y dibujada por Alfonso Velazco, de catorce años y César Berra, de trece, respectivamente. Con ella se inauguró el género policiaco en México.

Para competir con los cómics norteamericanos, Hipólito Zendejas creó en 1922 a *Don Catalino* [21]. Este personaje es un inmigrante rural recién llegado a la ciudad y estuvo presente en la historieta mexicana de forma discontinua por cerca de 25 años, en los que se narraron las peripecias de Don Catalino, desde su candidatura a presidente como rival de Porfirio Díaz hasta sus pasajes familiares cotidianos más simples.

Para fundamentar el surgimiento de la historieta mexicana se requiere un poco de historia [22]. A fines del siglo XIX, menos de la quinta parte de la población mexicana sabía leer y escribir. En 1910, el Porfirismo se derrumbó dejando en el analfabetismo al 75% de la población. Con el triunfo de la revolución se promulgó la Constitución Mexicana de 1917 y se estableció el carácter gratuito, laico y obligatorio de la enseñanza primaria. El Estado tenía ahora la responsabilidad de educar a la población, para ello se creó la Secretaría de Educación Pública (SEP) en 1921. Y al siguiente año, 1922, José Vasconcelos impulsó la primera campaña de alfabetización, que no tuvo mucho éxito. En 1937, Vázquez Vela promovió una nueva campaña de alfabetización que se prolongó por tres años y, aunque no tuvo mucho éxito, al término de la década de los treinta el 42% de la población ya sabía leer y

escribir. A mediados de los cuarenta el número de alfabetizados por primera vez superó al de analfabetos, y poco a poco el número fue aumentando. La nueva interrogante era ¿qué leen los nuevos lectores? A mitad de los años cuarenta la población mexicana leía historietas o no leía nada [23].

La masificación de la lectura de cómics se inició simbólicamente en 1934 con la aparición de *Paquín*, primera publicación especializada exitosa. En México, la lectura de historietas siempre ha tenido un público mayoritariamente adulto, aunque no se vea reflejado en los nombres de las más famosas: *Paquín*, *Paquito*, *Pepín* y *Chamaco*. Es importante hacer notar que los editores no intentaban educar a la población sino únicamente lograr utilidades. A pesar de ello, según Ramón Valdiosera, guionista y dibujante de Chamaco, las historietas fueron el verdadero incentivo de la alfabetización. Decía: “Mucha gente aprendió a leer para poder entender los pepines” [23]. Para vislumbrar el impacto en la sociedad diremos que se editaban alrededor de cuatro millones de cómics semanales, lo que implica que algunos lectores leían una historieta al día.

Junto con la historieta aparecen las novelas de pulpa o pulps, que son revistas especializadas en relatos o historietas: *Emoción*, *Detectives*, *Misterio* y *Novela de Aventuras*, y a finales de los treinta se le suman *Detectives* y *bandidos*, *Cuentos* y *Novelas*, y poco después *Vida y cuentos*.

Entre los años veinte y treinta surgen en México nuevos géneros, proliferan los detectives con nombres autóctonos, pero por sobre todos surgen las crónicas noveladas de la revolución. En 1936, Ignacio Sierra, con guiones de Elías Torres inicia la publicación de una biografía en historieta sobre Pancho Villa en el semanario *Sucesos para Todos*. Así Villa se convierte en héroe nacional y el primer protagonista de la historieta mexicana de dibujos realistas, o bien, la primera revista de historia en cómic.

El gobierno cardenista advirtió la eficacia del cómic y exploró sus posibilidades didácticas con *Palomilla*, la revista que instruye y divierte de publicación quincenal, que se publicó desde junio de 1936. Al quinto número desapareció y volvió a aparecer en julio de 1937. En ella se trataba los temas científicos, históricos y políticos más relevantes del momento.

Posteriormente apareció la *Historia Gráfica de México*, y en 1939, la SEP publicó *Hércules*. *Piocha* surgió en el mismo año, era un tebeo didáctico en la que se cuidaba la calidad literaria y gráfica de su contenido. Después surgió la serie *Anécdotas coloniales* y el semanario *Cruzada*.

*Cruzada* se publicó por la editorial Buena Prensa y estaba respaldada por la Unión Nacional de Padres de Familia. Incluía páginas de catecismo, explicaciones sobre la misa, el evangelio y la eucaristía. Con ella se intentaba catequizar a la población infantil y alejarla de las historietas comerciales. Ahí se publicaron historias como: *Miguel Strogoff* y *Dos años de vacaciones* de Julio Verne, entre otros. Poco a poco los dibujantes y guionistas de la revista fueron cambiando los dibujos y formatos de tal

modo que ya no había una diferencia clara entre *Cruzada* y los *pepines* comerciales.

A la par de los cambios en el formato, los temas de las historietas se diversificaron y surgieron historietas para adultos de sátira política como *El duende de la Catedral*.

En general, los editores se preocupaban únicamente por las ganancias que obtenían de las historietas. Los dibujantes y guionistas tenían tanto trabajo y tan poco reconocimiento que tampoco intentaban educar a la población mexicana ni le intentaban transmitir una ideología. Los dibujantes no tenían regalías ni derechos de autor por los personajes que creaban, les pagaban por hoja, lo que los obligaba a dibujar con rapidez sin tener otro objetivo.

Las cosas cambiaron al surgir la historieta independiente cuando Germán Butzen creó *Los Supersabios*. Esta historieta comenzó en el semanario *Novedades* el 27 de noviembre de 1936, pero como revista inició su tiraje en 1953 y concluyó en febrero de 1968. A diferencia de otros escritores, Butzen era el dueño de la historia y de sus personajes. Decidía lo que escribía, cómo y cuándo lo hacía. La historia de *Los Supersabios* es internacional, ya que *Picamosco* (la ciudad donde se sitúa) puede ser cualquier ciudad, es decir, se evitan los localismos.

Butzen y *Los Supersabios* se convirtieron en el modelo a seguir y a imitar. Por ello aparecieron *Los pochos* de Bismarck Mier, *Rolando "el rabioso"* de Gaspar Bolaños y *Los superlocos* de Gabriel Vargas.

Para la década de 1960, la historieta ya era el medio de comunicación masiva más importante, sus tirajes llegaban a millones de ejemplares, y se habían definido los principales temas de consumo: la comedia, el drama y las aventuras. Por otra parte, el gobierno mexicano comenzó a limitar la libertad de expresión y a controlar las publicaciones. Aunque la historia seguía siendo uno de los temas principales.

En 1965 surgió la historieta subversiva con *Los Supermachos* de Eduardo del Río (Rius) donde se denunciaba la corrupción y los defectos del mexicano con mucha ironía. Rius ya era dueño de sus personajes, pero debido a algunas diferencias con la editorial y para poder editar un nuevo cómic, cedió sus derechos de autor y comenzó una nueva tira *Los Agachados* que duró 291 números [24].

Rius escribió para los niños en la revista *Cucurucho y el tío Rius: ¡Prohibida para adultos!* que apareció en 1975. En esta revista, Rius transmite su ideología izquierdista, se trataban temas de política, ciencia, historia y hasta música. Se editaron 20 números y después desapareció por falta de presupuesto. Un año antes se había editado *Profesor planeta* que trataba los mismos temas pero no logró grandes ventas, en ella se intentaba educar a la población infantil, pero no tenía marcada una ideología.

La decadencia de la historieta mexicana comenzó en la década de 1980 y casi desapareció en la siguiente década debido en parte porque las principales editoriales perdieron el interés por editar historietas y porque la televisión paso a ocupar un sitio privilegiado. Dice Armando Bartra: "Los mexicanos no hemos dejado de leer historietas para leer otra cosa, simplemente hemos dejado de leer. El derrumbe de los

"monitos" es una catástrofe civilizatoria. En el México del fin del milenio el lector es una especie en extinción" [25].

Pero la historieta mexicana, al igual que el Ave Fénix, se niega a desaparecer y ha resurgido dentro de un nuevo medio de comunicación masiva. En la Internet se ha convertido en el webcómic [26]. Según explica Álvaro Pons, el webcómic permite pasar de centenares de lectores a millones de internautas potenciales. Aquí los autores pueden experimentar con nuevos recursos narrativos y tiene mayores posibilidades gráficas, lo que les permite romper con la viñeta y la página como unidad narrativa, y volver a la tira que es el formato original de los cómics. Sin embargo, al igual que los cómics impresos, los webcómic se publican en tiras hasta terminar la historia, y al concluir una intentan comenzar una nueva.

La mexicana Beatriz Torres (Zirta) fundó en el 2004 el sitio WEEzine, que actualmente reúne casi 300 títulos, cien autores y una comunidad que va aumentando día a día. [27].

En 2008, Zirta diseñó una campaña contra el cáncer de mama auxiliada por los webcómic al que podríamos llamar educativo, creó la iniciativa "Mes de las Tetás". Se trataba de dibujar pechos y opinar sobre la prevención del cáncer de mama. El número de participantes fue tal, que los siguientes tres años han vuelto a repetirlo.

Luis Gantús mostró en su exposición "Del Paquín al Webcómic: Los caminos de la historieta mexicana" [28] una serie de historietas en línea, pero no se aventuró a predecir el futuro del web cómic mexicano.

### III. EL CÓMIC COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA

Existen varias razones para emplear el cómic como herramienta didáctica. La primera es que el cómic ha sido uno de los géneros más leídos en México. Actualmente en la Cd. de México representa el 19.5 % de la preferencia de lectura de los jóvenes entre los 12 y 17 años, es decir, aquellos lectores que acostumbran leer libros para la escuela, leen cómics en su tiempo libre [2]. Además, los cómics reflejan la cotidianidad que viven los adolescentes.

Este medio de comunicación masivo es capaz de transmitir conocimiento y valores en un contexto lúdico. Estimulan la imaginación del lector, lo hacen partícipe de la lectura, fomentan su autoestima, aumentan su vocabulario, mejoran su capacidad crítica, fortalecen la inteligencia emocional y la asimilación de conceptos en diversas áreas del conocimiento, y promueven el trabajo en equipo [13].

El cómic se ha empleado para enseñar historia [29], español [4, 30], ciencias de la salud [31] o incluso en la enseñanza del español como lengua extranjera [32], entre otras áreas. En 1982, Georgina Guerra, publicó el libro "*El cómic o la historieta en la enseñanza*" donde hacía una serie de consideraciones para integrar al cómic a la enseñanza de las Ciencias Sociales [29]. En dicho libro mostraba la necesidad de que los lectores de historietas se

volvieron críticos, para lo cual proponía un análisis de la semiótica de la historieta, donde se pusieran de manifiesto los mensajes en los códigos visuales: el lingüístico, el denotativo y el connotativo.

Durante la década de 1970 se editaron en España libros de texto que contenían secuencias de viñetas para mejorar la comprensión de los temas. No obstante, esos libros han dejado de editarse, muestra de lo reacia que es la escuela al cambio. El empleo de cómics en el aula tuvo éxito, según lo indica Barrero [12], debido a una experiencia del educador José Luis Díaz de la Torre, que durante quince años hizo que 40 estudiantes crearan historietas y fotonovelas que fueron publicadas en una revista con un formato de calidad. Por su parte, Roberto Aparici incluye en su libro *El cómic y la fotonovela en el aula* algunos de los doscientos diez trabajos realizados para el certamen *Educación para la Paz* por estudiantes y docentes en 1988 [33]. El libro antes mencionado explica la manera en que se pueden crear los cómics, el análisis de los elementos que lo componen y el trabajo en el aula. Según Aparici, los cómics se componen del lenguaje visual, el lenguaje verbal y los signos convencionales. Cada uno a su vez se subdivide, pero se requiere analizar y comprender la utilidad de cada uno para codificar o decodificar mensajes.

Por otra parte, Barrero propone una serie de actividades alrededor del cómic que divide en tres ciclos según la edad y desarrollo de los estudiantes [12]. Algunas de las actividades son para: motivar a los estudiantes en el aprendizaje de un tema, mejorar la comprensión lectora, promover el manejo de nuevas tecnologías como podría ser la elaboración de cómics en pequeños grupos. Esta última, además, incrementa las habilidades para trabajar en equipo.

En Chile se han creado cómics enfocados al área de la salud. Clara Misrahi y Felipe Alliende nombraron a sus historietas *La patrulla de la salud*, las dirigieron a estudiantes de educación básica para promover la prevención de accidentes, el autocuidado y la prevención de enfermedades [31]. Lo interesante de sus resultados es el cambio de actitud que mostraron los niños después de trabajar con los cómics, es decir, llevaron el conocimiento teórico a la práctica. Motivados por esos resultados, decidieron emplear los cómics para introducir la bioética a nivel nacional mediante la publicación de cinco historietas en un diario local, que fueron distribuidos semanalmente. Se hizo el seguimiento de los cómics en escuelas, tanto con alumnos como con profesores, y mostraron resultados muy positivos [31].

En resumen el cómic se ha empleado como herramienta didáctica en distintas áreas ya que de él se puede obtener información (tanto de la imagen como del diálogo), se adquiere conocimiento y se cambia la forma de actuar de los individuos a través una serie de actividades en torno a él.

Existen diversas formas en que pueden emplearse los cómics en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física [12]. La primera es como un elemento motivacional, que permita introducir un tema y cambiar la visión de la ciencia y el científico [34]. La segunda es como una herramienta didáctica que funja como medio o puente, entre la búsqueda de información y el aprendizaje significativo. Por último, el

cómic como un fin en sí mismo, que permita el análisis y síntesis de lo aprendido, es decir, evaluar el proceso de creación y fomentar el trabajo en equipo.

El cómic también se ha empleado para introducir y discutir conceptos básicos de los temarios de Física. En su opinión, la Física se aprende mejor si se enseña con humor, por lo que se ha dado a la tarea de buscar y coleccionar una serie de viñetas que aparecen en revistas, libros y periódicos, donde se muestran las actividades de docencia e investigación [34]. Algunas imágenes exponen a los científicos y docentes, y revelan como ellos, también pueden reírse de sí mismos. Además, ha empleado las viñetas para plantear y discutir los fenómenos físicos, incluso en la elaboración de sus exámenes. Los resultados obtenidos han sido gratificantes, pues estudiantes que mostraban un rechazo por la Física, al finalizar el curso se vuelven curiosos e interesados, dado que los enunciados les resultan menos áridos y más cercanos a su cotidianidad.

Por su parte, Kakalios desarrolló el seminario llamado "Todo lo que sé sobre física lo aprendí leyendo cómics" y fue tal su éxito que escribió el libro *La física de los superhéroes*, donde, a través de las acciones y súper poderes de los héroes, se muestra cómo éstos infringen los principios físicos y lo que podría pasar si los respetaran [35]. Debido al éxito de su primer libro, Kakalios publicó en octubre de 2010 su segundo libro llamado *The Amazing Story of Quantum Mechanics* que tiene la misma línea del anterior.

A su vez, Carrascosa dice que si las imágenes en un texto tuvieran errores conceptuales, serían de utilidad didáctica, ya que el estudio y análisis de ellas podrían lograr el cambio conceptual [36]. Siguiendo esta línea de pensamiento, Gallegos decidió estudiar la concepción distorsionada que tiene la sociedad del científico y la ciencia a través de los cómics [37]. Suponía que en los cómics comerciales de temas científicos se reflejaría a la ciencia como: empirista y ateorica, rígida, aproblemática, ahistórica, individualista, elitista y descontextualizada. Los resultados confirmaron las hipótesis de Gallegos: los cómics transmiten la concepción distorsionada de la ciencia o el llamado "folk", y proponen que éste podría cambiarse haciendo el análisis de los cómics con los estudiantes.

En otra forma de aprovechar los errores en los cómics, González parte de que la utilización de historietas como recurso didáctico favorece la apropiación de contenidos físicos, aunado a que está firmemente convencida de que la ciencia se aprende mejor al socializarla [38]. Se seleccionó y empleó las caricaturas de Olaf para llevar a cabo sus secuencias didácticas. Olaf el vikingo fue creado por Dik Browne y ha sido traducido a más de dieciséis idiomas.

En Francia, Jean Pierre Petit, astrofísico de profesión, creó un género de historieta llamado "La historieta científica". Pierre-Petit, junto con Gilles d'Agostini, fundó la asociación *Saber sin Fronteras* [8] con la finalidad de distribuir gratuitamente las historietas científicas. Sus historietas han sido traducidas a 28 idiomas, entre ellos el

español. Con ellas pretenden divulgar algunos temas de ciencia, en especial de física y matemáticas.

Para desarrollar el presente trabajo he elegido un cómic de Jean Pierre Petit titulado “Por un puñado de amperios” ([http://www.savoir-sans-frontieres.com/JPP/telechargeables/ESPANOL/amperios\\_es.htm](http://www.savoir-sans-frontieres.com/JPP/telechargeables/ESPANOL/amperios_es.htm)) que trata los temas básicos de circuitos eléctricos empleando en su explicación una analogía hidráulica.

#### **IV. ANÁLISIS DEL CÓMIC “Por un puñado de amperios”**

Para mejorar la comprensión de los estudiantes y estimular el aprendizaje significativo de conceptos como la diferencia de potencial y la corriente eléctrica, se puede emplear la lectura de las primeras nueve páginas del cómic *Por un puñado de amperios* de Jean Pierre Petit [8]. El cómic se divide en pequeñas unidades, que simulan la entrega semanal del mismo y que al finalizar cada una, pretende dejar en suspenso al lector, para que continúe con la lectura de la siguiente entrega.

Los personajes principales de la historieta son: Sofía y Anselmo. Los acompañan el caracol Tiresias, el pelícano León y una gaviota anónima. Sofía es la imagen de la sabiduría y brinda las explicaciones científicas cuando Anselmo se equivoca o provoca un accidente. Anselmo, como su nombre lo indica, es el protegido de los dioses, o bien el pupilo de Sofía. Tiresias es el adivino, el que introduce las sutilezas en las explicaciones y, finalmente, León es el compañero de Anselmo, el aventurero incansable.

En el prólogo, Sofía nos muestra que la Física forma parte de la vida cotidiana y que no se requiere de grandes laboratorios para “hacer” Física, que basta estar interesado y en cualquier parte se puede aprender Física, incluso dentro de una casa. Para demostrárselos reta a Anselmo a explicar el funcionamiento de un foco.

La primera entrega se titula *Intensidad* y se refiere al concepto de corriente eléctrica, Anselmo y León dicen que para que un foco encienda se necesita que pase una corriente a través del filamento. Se emplea una analogía hidráulica para explicar lo que es la diferencia de potencial y la resistencia eléctrica.

La segunda entrega se llama *Resistencia*, en donde se explica la resistencia eléctrica considerando el movimiento de los electrones libres en la red que forman los átomos en un metal. Los personajes mencionan que el movimiento de los electrones libres se ve limitado por los choques con los átomos de la red. Además, explican que estas colisiones van a perturbar una zona de la red y esta perturbación a su vez, se va a transmitir por toda la estructura del metal provocando la conducción térmica. A este fenómeno se le conoce como efecto Joule y hacen que el filamento se caliente. Se dice también que el caso límite es cuando la agitación es tan violenta que puede fusionar el filamento o fundirlo. Después emplean otra analogía y comparan la estructura cristalina del metal con una red de campanas unidas entre sí por elásticos.

Esta analogía sirve para introducir la siguiente entrega llamada *IncanDESCENCIA*.

En *IncanDESCENCIA*, Sofía se refieren a la analogía de la red metálica cristalina con red de las campanas. Según esta analogía, una perturbación en alguna “campana” es tal que puede liberar parte de la energía acumulada haciendo que una o varias campanas vibren y emitan sonido. Del mismo modo ocurre en el filamento, los átomos emiten energía luminosa a partir de una temperatura crítica, para liberar la energía que no puede ser disipada por la conducción térmica. Remarcan la importancia de tener un filamento al vacío y de emplear un metal como el tungsteno cuyo punto de fusión es muy alto y eso lo hace ideal para construir el filamento. Además, se explica el fenómeno de radiación y relacionan el no movimiento de los átomos con el cero absoluto. Aunque al parecer Anselmo ha descifrado los misterios de un foco, en el capítulo posterior se le presenta un nuevo reto, cuyo contenido queda fuera de este trabajo y se deja como lectura. En cuanto al capítulo corresponde a la ley de Ohm y los circuitos en serie y paralelo de resistencia, esta se deja como lectura opcional para los estudiantes, ya que ellos mismos tendrán que explicar esta ley y el funcionamiento de los circuitos. Por esto, dentro de la secuencia didáctica diseñada en este trabajo, se plantea la elaboración de esta continuación del cómic por parte de los alumnos, lo cual se analizará en un trabajo posterior.

La historieta continua, pero las entregas anteriormente narradas son las que podrían emplearse en los cursos iniciales de electromagnetismo. Las siguientes secciones incluyen temas como el plasma, el efecto de las puntas, la corriente alterna, el diodo, el triodo, la fluorescencia, la fuerza de Laplace, electrolitos, la fuerza electromotriz, la rueda de Barlow, el motor eléctrico, imanes, inducción, entre otros. Esos temas pueden ser abordados para otras secuencias didácticas en el tema de electromagnetismo de bachillerato, lo cual es parte de una futura investigación.

#### **V. DISEÑO DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA**

En general, los estudiantes de bachillerato muestran interés en la construcción y manejo de los circuitos eléctricos. Algunos de ellos llevaron el taller de electricidad en sus respectivas secundarias, nivel educativo previo al bachillerato, y los temas a tratar les son familiares. Por lo que en este trabajo se procedió a diseñar una secuencia didáctica para la comprensión de los temas de Ley de Ohm y conceptos relacionados.

Para diseñar la secuencia didáctica en esta investigación se empleó la estrategia, que puede ser considerada dentro del Aprendizaje Activo, mencionada en el trabajo de García y Sánchez [39]. En este podemos observar que pueden utilizarse varios tipos de actividades de trabajo práctico que son realizadas por los alumnos. Millar y colaboradores, definieron el trabajo práctico como “*todas aquellas clases de actividades de*

aprendizaje en Ciencias que involucra a los estudiantes en algún momento en el manejo u observación de objetos o materiales (o representaciones directas de estos, en una simulación o videograbación)” [40].

Por otro lado, el diseño de estas secuencias va encaminado más hacia el estudiante, así como a los procesos de adquisición y construcción de sus conocimientos. Existen diferentes formas de aprendizaje, entre otros, el aprendizaje autoregulado [41], aprendizaje independiente [42], aprendizaje significativo [43] de los cuales se puede decir que se han tomado algunas características adicionales.

Dentro de los modelos didácticos que se revisaron para el diseño de las secuencias didácticas están, en primer lugar, el descrito por Needham [44], quien propone cinco fases para la planificación de secuencias que lleven al aprendizaje de un tema en particular: orientación, dilucidación de ideas, reestructuración de ideas, aplicación de ideas y revisión.

Por otra parte, también se considera la propuesta de Sanmartí [45], quien estructura las intervenciones pedagógicas avanzando de lo simple a lo complejo y de lo concreto a lo abstracto en cuatro etapas: exploración de las ideas de los alumnos, introducción de nuevos puntos de vista, síntesis y aplicación.

En cada una de las etapas de las secuencias, se llevan a cabo distintos tipos de actividades que favorecen el modelo de trabajo en el aula denominado ciclo reflexivo-cooperativo [46]. Estas etapas de la secuencia son: Iniciar, observar y reflexionar, presentar ideas nuevas, aplicar las nuevas ideas, sintetizar y evaluar.

En general, se sugiere iniciar partiendo de una pregunta generadora, relacionada con el título de la secuencia, después se realiza alguna observación de algún fenómeno físico y reflexiona sobre él, ya sea experimentando directamente, viendo un video o leyendo un artículo que haga reflexionar al estudiante sobre la respuesta que ha dado a la pregunta generadora. En esta etapa, se intenta que los estudiantes visualicen las variables involucradas en un fenómeno. Posteriormente, se presentan las ideas nuevas por parte del profesor y se pretende que los estudiantes reestructuren sus ideas erróneas, o bien, que se presenten nuevos conceptos. La siguiente etapa es de aplicación, en ella los estudiantes aplicarán las nuevas ideas a situaciones prioritariamente cotidianas, es aquí donde pondrán a prueba sus nuevos conocimientos. La síntesis permite que el alumno se concientice de lo que ha aprendido y finalmente la evaluación que le permite al profesor evaluar el aprendizaje del estudiante.

Debido a la versatilidad de las actividades que se pueden proponer dentro del diseño de las secuencias didácticas con la propuesta de García y Sánchez [39], la inclusión de un cómic como parte de ellas es muy natural, por lo que nos pareció una estrategia muy fácil de utilizar.

El diseño de la secuencia didáctica desarrollada en este trabajo se describe a continuación, aunque en la figura 1, se muestra brevemente.

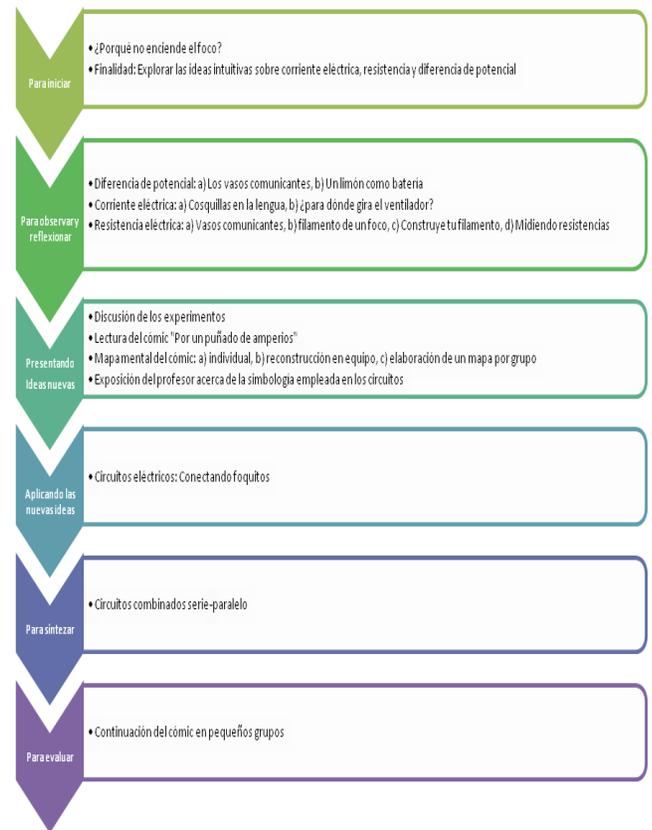


FIGURA 1. Esquema de la secuencia didáctica implementada en el grupo de prueba de esta investigación.

### PARA INICIAR

*María va a salir de campamento y necesita una lámpara de mano, no cuenta con mucho dinero y preferiría no tener que comprar una. En casa encontró una muy bonita y grande pero no enciende y se pregunta ¿por qué no enciende el foco? ¿Qué procedimiento debe realizar para averiguarlo?*

Este planteamiento pretende ser un problema cercano a la realidad de los estudiantes del IEMS debido a que sus recursos económicos son muy limitados y viven en una época de consumismo.

### PARA OBSERVAR Y REFLEXIONAR

En esta fase de la secuencia, lo que se pretende es implementar algunas actividades experimentales sencillas que permitan a los estudiantes observar algún fenómeno físico y reflexionar sobre él.

En este caso se presentan dos actividades tanto para la diferencia de potencial, como para corriente eléctrica y tres actividades para la resistencia eléctrica, las cuales pueden implementarse todas o hacer alguna selección en caso de que el tiempo sea poco.

#### 1. Diferencia de potencial

- **Los vasos comunicantes**

**Finalidad:** Centrar la atención en que el flujo del agua al variar la altura de los vasos

Este experimento se empleará ya que el cómic utiliza una analogía hidráulica entre la diferencia

de potencial y el flujo de agua en una tubería. Se pretende que los estudiantes observen que entre mayor es la diferencia de altura el flujo de agua aumenta, mientras que entre menor sea dicha diferencia el flujo de agua disminuye y si no existiera diferencia entre las alturas tampoco existiría flujo de agua.

Concepto a adquirir: Diferencia de potencial.  
Duración: 30 minutos.

- **Un limón como batería**

**Finalidad:** Medir la diferencia de potencial entre dos terminales en un limón y mostrar que una combinación de pilas-limón pueden encender un foco.

Al observar que un limón puede emplearse como una pila para lograr una diferencia de potencial y asociar el ánodo y cátodo a una moneda de cobre y un clavo, esto puede sorprender a los estudiantes y motivarlos en el estudio de estos temas. Por otra parte, les ayudará a aprender a conectar baterías en serie o paralelo y a ver la forma adecuada para incrementar la diferencia de potencial a partir de la conexión entre los limones.

**Reflexión:** Si en los vasos comunicantes fluye el agua, ¿qué fluye en los cables de cobre para que los limones logren encender un foco?

Concepto a adquirir: Diferencia de potencial.  
Duración: 40 minutos.

## 2. Corriente eléctrica

- **Cosquillas en la lengua**

**Finalidad:** Sentir el paso de corriente eléctrica por la lengua empleando una pila de 9 volts ligeramente cargada.

Este experimento tiene dos finalidades: La primera es que los estudiantes se den cuenta que para que exista una corriente se necesita tocar ambos polos de una batería. La segunda es que sientan el paso de corriente eléctrica en su cuerpo y asocien la diferencia de potencial como productora de corriente eléctrica.

Concepto a adquirir: Corriente eléctrica. Duración: 20 minutos.

- **¿Para dónde gira el ventilador?**

**Finalidad:** Empleando celdas solares de 1.5 volts hacer que un ventilador encienda con cualquier combinación posible, un solo cable, dos cables, dos celdas en serie y se observe el giro del ventilador.

Con este experimento es posible que los estudiantes se hagan conscientes de la forma adecuada para conectar las celdas y verificar que la corriente eléctrica lleva una dirección.

Concepto a adquirir: Corriente eléctrica. Duración: 30 minutos.

## 3. Resistencia eléctrica

- **Vasos comunicantes**

**Finalidad:** Emplear los vasos comunicantes con una altura fija entre ellos y modificar el diámetro de salida de los vasos

Siguiendo con la analogía hidráulica se pretende que con una altura fija, los estudiantes centren su atención en que el flujo de agua dependerá ahora del diámetro y la longitud del tubo de salida.

Concepto a adquirir: Resistencia eléctrica.  
Duración: 30 minutos.

- **¿Cómo es el filamento de un foco?**

**Finalidad:** Observar el filamento de un foco para tratar de construir uno similar con alambre de cobre de diferentes diámetros y medir la resistencia de cada uno.

Para relacionar el experimento anterior con la resistencia eléctrica se requiere que los estudiantes se concienticen de la función del filamento de un foco. Además distingan que la resistencia, a su vez, depende del área transversal y la longitud del mismo.

Concepto a adquirir: Resistencia eléctrica.  
Duración: 15 min.

- **Construye tu filamento**

**Finalidad:** Medir la resistencia eléctrica de diferentes materiales conductores y no conductores

Para completar la relación entre la resistencia eléctrica se necesita cambiar el tipo de material, manteniendo constante tanto su diámetro como su longitud

Concepto a adquirir: Resistencia eléctrica.  
Duración: 15 min.

### PRESENTANDO IDEAS NUEVAS

Duración: 50 min.

#### 1. Discusión en pequeños grupos de los experimentos y resolución de un cuestionario a partir de sus observaciones.

La discusión en pequeños grupos es para llegar a conclusiones sobre lo que hayan observado en los pequeños experimentos, para generar conclusiones y provocar dudas.

#### 2. Lectura individual del cómic

Las páginas del cómic están relacionadas con los temas a tratar y les brindan parte de la teoría que ayuda a explicar los experimentos que han realizado, lo que les permitiría comparar sus respuestas con la información del cómic y hacer las correcciones adecuadas.

#### 3. Elaboración individual de un mapa mental sobre la analogía hidráulica del cómic y los experimentos (vasos comunicantes y los circuitos eléctricos). Para después comparar los mapas con los elaborados por sus compañeros.

Para unificar los conocimientos del grupo, se pretende hacer una discusión sobre las ideas principales del cómic que sirva para aclarar las dudas tanto de los experimentos como para socializar las observaciones de los equipos. Esto mejoraría la comprensión de la lectura y fortalecería el aprendizaje significativo.

#### 4. Manejo de la simbología de los circuitos eléctricos

Debido a que algunos estudiantes han llevado el taller de electricidad en el nivel de educación previo, recuerdan los símbolos para representar una pila, un foco, una resistencia eléctrica o la corriente, pero es necesario que todos la manejen ya que los exámenes y los libros de texto la emplean a lo largo de los cursos.

#### 5. Explicación basado en el cómic y los mapas mentales sobre la corriente eléctrica, la diferencia de potencial y la resistencia eléctrica

Existen estudiantes dentro de los grupos que requieren una definición formal de cada concepto. Además esto forma parte de los objetivos del programa de Física II en el IEMS.

#### PARA APLICAR

Duración: 15 min.

##### Circuitos serie y paralelo: Conectando foquitos

**Finalidad:** *A partir de circuitos serie y paralelo medir su resistencia total, la resistencia, la corriente y el voltaje en cada uno. Además de observar el brillo de los focos y lo que ocurre al desconectar uno de ellos.*

No es suficiente con conectar un foco a una batería, las conexiones podrían ser ligeramente más complicadas. Por lo que se propone estudiar la conexión de tres focos en serie y en paralelo, para observar la corriente en cada foco, su voltaje, resistencia total y brillo. Así como lo que ocurriría si un foco se fundiera en un circuito y la necesidad de emplear conexiones en serie para garantizar la seguridad de los aparatos en casa, o bien, el empleo de conexiones en paralelo para que al fundirse, por ejemplo el foco de la cocina, no se apagarán todos los focos de una casa. Además, con esto se pretende que los estudiantes investiguen las definiciones formales y manejo de símbolos.

#### PARA SINTETIZAR

Duración: 20 min.

##### Circuitos combinados serie-paralelo

La intención es hacer un análisis de algunas otras posibles combinaciones de circuitos, como las que se muestran en la figura 2 y que predigan algunos de los resultados sobre los voltajes, y corrientes en distintos puntos sobre el circuito.

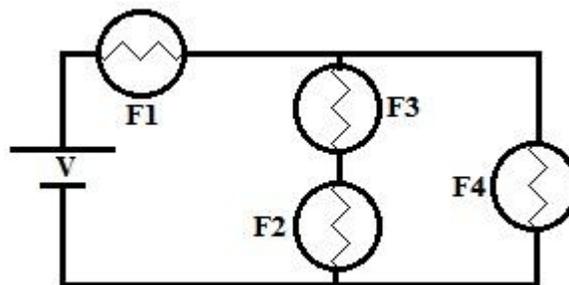


FIGURA 2. Circuito complejo para la sección de sintetizar de la secuencia didáctica.

En una actividad grupal, el profesor propondrá distintas combinaciones de 4 focos y se hará una lluvia de ideas para explicar lo que ocurriría si un foco se fundiera, qué le pasaría al brillo, la corriente eléctrica y el voltaje en cada una.

#### PARA EVALUAR

Duración: 50 min.

**Realizar la continuación del cómic con Anselmo, Sofía, Tiserio y León para explicar los circuitos serie y paralelo.**

Para redondear la actividad y que los estudiantes demuestren el dominio que han adquirido del tema, al igual que el desarrollo de habilidades tanto de comprensión, como para plantear problemas se sugiere que concluyan la actividad con una posible continuación del cómic con el mismo equipo con el que han desarrollado los experimentos.

Al finalizar la secuencia didáctica, dos semanas después, se aplicó el pos-test. Se entregó el examen enfatizando que los resultados del mismo no impactarían en la evaluación semestral. Con el fin de evitar que los estudiantes se presionaran y contestarían libremente. De la misma forma, se les aplicó un instrumento de evaluación conocido como Diferencial semántico sobre el uso del cómic que permitió evaluar la actitud de los estudiantes hacia el uso del cómic en el aula.

## VI. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

### A. VI. 1. Instrumento de evaluación

Para evaluar los conceptos físicos se decidió diseñar un cuestionario que se aplicaría como pre-test y pos-test para poder comparar los resultados.

Un inventario de conceptos es un examen basado en criterios diseñados para evaluar si un estudiante tiene un conocimiento preciso de un conjunto específico de conceptos. Para garantizar la interpretabilidad, es común tener varios elementos que se ocupan de una sola idea. Por lo general, los inventarios de conceptos están organizados

como exámenes de opción múltiple para garantizar que se les califica de una forma reproducible. Estos inventarios son objeto de una extensa investigación en la actualidad. Los objetivos de la investigación incluyen la determinación del rango de lo que piensan los individuos en una pregunta que se está pidiendo en particular y las respuestas más comunes a las preguntas. Los inventarios de conceptos son evaluados para asegurar la fiabilidad y la validez del examen. En su forma final, cada pregunta incluye una respuesta correcta y distractores varios. Los distractores, es decir las respuestas incorrectas, están por lo general (pero no siempre), basados en ideas erróneas de los estudiantes comúnmente aceptadas [47].

Hestenes, Halloun, y Wells desarrollaron el primer inventario de conceptos que una amplia difusión: el Force Concept Inventory (FCI) [48, 49, 50]. El FCI fue diseñado para evaluar la comprensión del alumno de los conceptos newtonianos de la fuerza.

Desde el desarrollo del FCI, otros instrumentos de evaluación de conceptos de Física se han desarrollado, estos incluyen Force and Motion Conceptual Evaluation (FMCE) desarrollado por Thornton y Sokoloff [51] y Brief Electricity and Magnetism Assessment desarrollado por Ding [52] Para una discusión de cómo una serie de inventarios concepto se desarrollaron ver [53]. Información sobre las pruebas de concepto de la física se puede encontrar en varios sitios web, por ejemplo:

1. <http://www.foundationcoalition.org/home/keycomponents/concept/index.html>
2. [http://www7.nationalacademies.org/bose/PP\\_Commissioned\\_Papers.html](http://www7.nationalacademies.org/bose/PP_Commissioned_Papers.html)
3. <http://www.ncsu.edu/per/TestInfo.html>

El FMCE es un test diseñado para evaluar el concepto de fuerza y movimiento, desarrollado por Thornton & Sokoloff [51] y se compone de 47 preguntas. Es un cuestionario de preguntas de opción múltiple que permite evaluar la enseñanza de los cursos de Física introductoria. Las preguntas están orientadas al estudio del movimiento y las fuerzas que intervienen en él. Cada pregunta tiene entre cinco y nueve respuestas, las preguntas se presentan en forma de pequeñas historias sobre un determinado problema (contextos reales) en un lenguaje coloquial, utilizan representaciones gráficas sin incluir sistemas de coordenadas o las fuerzas que actúan de forma explícita [54]

El diseño tuvo como base el examen conceptual sobre circuitos eléctricos del Proyecto “The Workshop Physics” de la Universidad de Oregón, llamado “*The Electric Circuits Concept Evaluation (ECCE)*” que fue elaborado por David Sokoloff en 1998 [55]. El ECCE se compone por 45 preguntas de opción múltiple. Su autor sugiere se seleccione entre ellas y se dividan entre el pre-test y el post-test.

Las preguntas del ECCE son esencialmente cualitativas y se escogieron diez de las 45. Éstas fueron traducidas y adecuadas al idioma español. Además se seleccionaron tres preguntas del examen que aplicaron Perriago y Bohigas en su investigación sobre la persistencia de las ideas previas en los estudiantes [56]. De tal modo que el cuestionario completo quedo constituido por trece preguntas de opción múltiple con distinto número incisos cada una.

Una vez seleccionadas las preguntas del pre-test se puso a prueba. Para ello se le aplicó el examen a un grupo de 24 estudiantes de primer año de bachillerato en el plantel 5 “José Vasconcelos” de la Escuela Nacional Preparatoria. A partir de las dudas que surgieron en los estudiantes, se hicieron los siguientes cambios:

1. Se modificó el nombre de evaluación conceptual a cuestionario diagnóstico para disminuir el estrés generado en el grupo.
2. Se escribió explícitamente voltaje como sinónimo de la diferencia de potencial, porque los estudiantes desconocían el término.
3. Se hicieron algunos cambios en las imágenes de la pregunta 1 para diferenciar las conexiones con los focos.
4. Se unificó el número de incisos para cada pregunta, debido a que los estudiantes confundían los renglones en la hoja de respuestas.
5. Se incluyó la opción “No sé”, para evitar que los estudiantes intentaran atinarle a la respuesta correcta a pesar de ignorarla y para darles la opción de responder con sinceridad.

Finalmente, se decidió modificar y probar nuevamente el pre-test, con una población más parecida a la elegida en la investigación. Para esto, se aplicó el pre-test modificado a un grupo del IEMS del turno vespertino, para calcular el tiempo de resolución y para observar la actitud de los estudiantes ante el cuestionario.

Con las modificaciones que se hicieron al pre-test, los estudiantes del grupo vespertino respondieron el cuestionario entre 30 y 45 minutos. Mostraron interés, no sufrieron estrés, no tuvieron dudas con la redacción, ni confundieron las respuestas en la hoja destinada a ese fin. Aunque existía la opción “No sé” fue una de las menos sacorridas.

En 1998, Richard R. Hake propuso una expresión que permite calcular el promedio del aprendizaje conceptual en alumnos que realizaron evaluaciones de opción múltiple [57]. Esta ganancia en el aprendizaje nos permite comparar el grado de efectividad de alguna estrategia didáctica implementada en distintas poblaciones independientemente del estado inicial de conocimiento.

En su trabajo, el profesor Hake examinó datos de 62 cursos introductorios de Física que incluyeron a 6542 estudiantes. Todos los estudiantes presentaron el examen antes y después del curso, lo que permitió medir tanto las concepciones previas al curso como el cambio en la comprensión conceptual de los estudiantes al aprobar la materia.

Para esto, Hake propuso calcular el factor  $g$  (ganancia normalizada), definido de la siguiente forma:

$$g = \frac{S_f - S_i}{100 - S_f}$$

donde  $S_i$  es el puntaje porcentual del pretest, mientras que  $S_f$  es el puntaje porcentual del postest. Hake propone categorizar los resultados de la instrucción en las llamadas zonas de ganancia [57] de acuerdo al resultado obtenido de a siguiente forma:

1. Zona de ganancia baja. Un rango menor a 0.3 ( $g \leq 0.3$ ).
2. Zona de ganancia media. Rango de ( $0.3 \leq g \leq 0.7$ ).
3. Zona de ganancia alta. Un rango mayor a 0.7 ( $g \geq 0.7$ ).

## B. VI. 2. Descripción de la población

Se eligió trabajar con estudiantes de nivel bachillerato de una misma institución para poner a prueba la secuencia didáctica. La población comparte el proceso de selección, el turno y el modelo educativo. Se optó por el Instituto de Educación Media Superior del Distrito Federal (IEMS).

El modelo educativo que se implementa en el IEMS es por competencias. Dentro de Física se ha determinado la evaluación de cinco objetivos con sus respectivas caracterizaciones. El primer objetivo se relaciona con la ciencia y permite que los estudiantes tengan un panorama del desarrollo histórico-social en el que surgieron las teorías científicas y el impacto de las mismas en el entorno social de su época. El segundo objetivo se relaciona con el manejo de conceptos y la explicación de fenómenos. Esto no significa que los estudiantes memoricen las teorías y los conceptos físicos, sino más bien que los identifiquen y puedan aplicarlos para explicar fenómenos naturales cercanos a su cotidianidad. El tercer objetivo se refiere al trabajo en laboratorio, en él los estudiantes deben manejar el material de laboratorio, identificar las variables en un experimento y encontrar las relaciones entre dichas variables mediante gráficas o ecuaciones simples. En este mismo objetivo, los estudiantes deben ser capaces de elaborar un reporte de práctica y llegar a conclusiones simples. El cuarto objetivo se refiere a los métodos de solución de problemas cualitativos y cuantitativos. Aquí los estudiantes deben interpretar con matemáticas básica un problema, identificando los datos y las incógnitas, el tema al que se refieren los problemas y plantear la solución de los mismos. El quinto y último objetivo se refiere a la buena actitud que los estudiantes tiene hacia la ciencia y la Física, lo que significa que tengan buena disposición a corregir sus errores en una tarea, que aprendan a trabajar en equipo y se solidaricen con las dificultades de sus compañeros.

No existe un temario establecido y rígido a seguir en la asignatura de Física II; sin embargo, se deben ver los temas que la academia de profesores elija de mecánica y electromagnetismo.

Con el panorama anterior en mente, los grupos que se han seleccionado en esta investigación están inscritos en la asignatura de Física II correspondiente al segundo semestre del bachillerato. Tienen una edad que varía entre los 15 y los 25 años. Los estudiantes tienen pocas herramientas matemáticas, pero ya son capaces de realizar despejes simples, graficar variables a escala e identificar relaciones directas e inversas. Saben los elementos de un reporte de práctica, distinguen entre ciencia y pseudociencia, reconocen

los datos en un problema a partir de las unidades y son capaces de esquematizar un problema empleando un dibujo.

Los grupos tienen un número máximo de 28 estudiantes y dada la planeación de la asignatura, en el momento en que se desarrolló esta investigación ya había transcurrido la mitad del semestre, es decir, los estudiantes con problemas laborales, actitudinales o familiares ya habían desertado de la asignatura. Se trabajó con dos grupos del turno matutino y en la investigación participaron dos profesoras. Los grupos no se eligieron de forma aleatoria se buscó que la edad de los estudiantes fuera parecida y que la formación del grupo también fuera similar. Por lo que al final, se realizó esta investigación con diez estudiantes en el grupo de prueba y con nueve estudiantes para el grupo control.

La profesora A se encargó del grupo de control y siguió aplicando y desarrollando los temas convenidos como acostumbra, mientras que la profesora B aplicó la metodología propuesta al grupo prueba.

Antes de comenzar con la implementación de las clases, las profesoras convinieron en trabajar los siguientes temas: Corriente eléctrica, diferencia de potencial o voltaje, resistencia eléctrica, ley de Ohm y circuitos eléctricos (serie y paralelo). Cada una de las profesoras trabajo en su propio grupo como se explica a continuación.

## C. VI. 3. Implementación en grupo de control

Para el grupo de control, la profesora A planeo ocho sesiones de 1.5 hrs cada una, que incluían dos sesiones de laboratorio. En la primera se explicó a los grupos que participarían en una investigación, se presentó a la investigadora y se aplicó el examen diagnóstico (pre-test) que tuvo una duración máxima de 45 min, del mismo modo se aplicó el pos-test al finalizar la dinámica. En ambos exámenes se enfatizó que los resultados no impactarían directamente en su evaluación semestral.

Las clases siguieron el siguiente esquema. Al inicio se plantearon preguntas directas sobre fenómenos de la vida cotidiana asociados a cada tema, por ejemplo: “¿Cómo crees que es la corriente eléctrica?” El grupo no respondió adecuadamente la pregunta inicial por lo que la profesora dió la respuesta correcta. Posteriormente, se explicó el tema mediante una conferencia magistral, escribiendo en pizarrón la explicación para que los estudiantes copiaran la información. Después se empleó un cuadernillo de trabajo que contiene una serie de preguntas y problemas sobre el tema visto en clase que los estudiantes contestaban de forma individual, aunque se les permitía discutir entre ellos y aclarar dudas con la profesora. En ocasiones se resumía la información con un mapa mental que se elaboraba en pizarrón por la profesora con la participación de los estudiantes.

Las dos sesiones de laboratorio sirvieron como retroalimentación a los temas, es decir, para comprobar el aprendizaje. En la primera, se emplearon algunas

resistencias para que los estudiantes reconocieran el código de colores, Posteriormente, procedieron a conectar esta resistencia a una fuente de voltaje, medir la corriente eléctrica, para finalmente realizar una gráfica y deducir de esta forma, la ley de Ohm. En la segunda sesión, se emplearon varias resistencias y se conectaron en serie o paralelo y se midió la resistencia equivalente de cada uno de los circuitos.

Una vez finalizadas estas sesiones y, dejando pasar un par de semanas, se procedió a aplicar el pos-test para conocer la ganancia en el aprendizaje que habrían tenido los estudiantes.

#### D. VI. 4. Implementación en grupo de prueba

Para el grupo de prueba, la profesora B diseñó la secuencia didáctica en ocho sesiones de 1.5 hrs cada una. En la primera sesión se explicó a los grupos que participarían en una investigación educativa. Se hizo énfasis en que los resultados obtenidos servirían para saber sus conocimientos previos sobre el tema, pero que los resultados no influirían en la evaluación de la materia, con la finalidad de disminuir la presión de los estudiantes al resolver el cuestionario diagnóstico.

Posteriormente se entregaron los cuestionarios junto con la hoja de respuestas y se brindó una explicación general sobre la manera en que debían marcar las respuestas en la hoja destinada a ese fin. No se permitió la comunicación entre ellos durante la aplicación del pretest y los estudiantes entregaron el examen antes del límite de tiempo, aproximadamente en 45 minutos, con esto finalizó la primera sesión.

A partir de la segunda sesión se llevó a cabo la implementación de la secuencia descrita anteriormente.

Una vez finalizada la implementación de esta secuencia y, dejando pasar un par de semanas, se procedió a aplicar el pos-test para conocer la ganancia en el aprendizaje que habrían tenido los alumnos por haber llevado esta secuencia didáctica.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez recolectados los instrumentos de evaluación: pre-test y pos-test, se procedió a hacer un análisis para conocer la ganancia conceptual de los estudiantes después de la implementación en ambos grupos: control y prueba.

Los resultados se muestran en las tablas I-IV. En la primera tabla (Tabla I) se muestran los resultados obtenidos por el grupo de prueba para el pre-test, mientras que en la Tabla II se muestran los resultados del pos-test. De la misma forma, en la Tabla III se muestran los resultados del grupo control para el pre-test y en la Tabla IV, los resultados del pos-test.

TABLA I. Resultados del pre-test para el grupo de prueba. En letra negra se muestra la opción correcta.

	Opción a	Opción b	Opción c	Opción d	Opción e	Opción f
Pregunta 1	0	<b>0</b>	0	10	0	0
Pregunta 2	<b>1</b>	2	5	0	2	0
Pregunta 3	2	1	<b>3</b>	4	0	0
Pregunta 4	1	5	<b>3</b>	1	0	0
Pregunta 5	1	<b>4</b>	5	0	0	0
Pregunta 6	0	2	<b>4</b>	3	1	0
Pregunta 7	1	1	<b>1</b>	3	3	1
Pregunta 8	2	2	4	<b>1</b>	1	0
Pregunta 9	2	2	<b>3</b>	0	3	0
Pregunta 10	0	1	<b>0</b>	4	3	2
Pregunta 11	1	3	<b>1</b>	0	3	2
Pregunta 12	1	4	<b>1</b>	0	3	1
Pregunta 13	3	<b>3</b>	0	1	2	1

TABLA II. Resultados del pos-test para el grupo de prueba. En letra negra se muestra la opción correcta.

	Opción a	Opción b	Opción c	Opción d	Opción e	Opción f
Pregunta 1	0	<b>4</b>	0	6	0	0
Pregunta 2	<b>5</b>	0	0	3	2	0
Pregunta 3	1	0	<b>8</b>	1	0	0
Pregunta 4	1	7	<b>2</b>	0	0	0
Pregunta 5	0	<b>8</b>	2	0	0	0
Pregunta 6	3	1	<b>5</b>	0	1	0
Pregunta 7	0	1	<b>8</b>	1	0	0
Pregunta 8	2	0	4	<b>2</b>	2	0
Pregunta 9	0	4	<b>6</b>	0	0	0
Pregunta 10	0	1	<b>5</b>	4	0	0
Pregunta 11	0	5	<b>1</b>	0	4	0
Pregunta 12	0	1	<b>9</b>	0	0	0
Pregunta 13	2	<b>6</b>	0	0	2	0

TABLA III. Resultados del pre-test para el grupo control. En letra negra se muestra la opción correcta.

	Opción a	Opción b	Opción c	Opción d	Opción e	Opción f
Pregunta 1	0	<b>2</b>	0	7	0	0
Pregunta 2	<b>3</b>	1	2	0	1	2
Pregunta 3	2	0	<b>5</b>	2	0	0
Pregunta 4	0	8	<b>1</b>	0	0	0
Pregunta 5	0	<b>5</b>	2	0	2	0
Pregunta 6	1	2	<b>2</b>	2	2	0
Pregunta 7	2	1	<b>2</b>	1	2	1
Pregunta 8	1	0	3	<b>3</b>	2	0
Pregunta 9	1	2	<b>1</b>	1	4	0
Pregunta 10	0	1	<b>2</b>	6	0	0
Pregunta 11	2	2	<b>0</b>	1	2	2
Pregunta 12	0	2	<b>5</b>	0	2	0
Pregunta 13	3	<b>1</b>	1	0	4	0

**TABLA IV.** Resultados del pos-test para el grupo control. En letra negra se muestra la opción correcta.

	Opción <b>a</b>	Opción <b>b</b>	Opción <b>c</b>	Opción <b>d</b>	Opción <b>e</b>	Opción <b>f</b>
Pregunta 1	0	<b>3</b>	0	6	0	0
Pregunta 2	<b>4</b>	2	0	1	2	0
Pregunta 3	1	0	<b>8</b>	0	0	0
Pregunta 4	0	7	<b>2</b>	0	0	0
Pregunta 5	1	<b>5</b>	3	0	0	0
Pregunta 6	3	1	<b>2</b>	3	0	0
Pregunta 7	2	1	<b>4</b>	2	0	0
Pregunta 8	1	2	3	<b>2</b>	1	0
Pregunta 9	1	1	<b>5</b>	1	1	0
Pregunta 10	0	2	<b>0</b>	7	0	0
Pregunta 11	1	3	<b>2</b>	1	2	0
Pregunta 12	0	2	<b>7</b>	0	0	0
Pregunta 13	2	<b>4</b>	0	1	2	0

La tabla V muestra el calculo de la ganancia normalizada de acuerdo a la expresión mostrada en la sección anterior en el trabajo de Hake [57] y los resultados de las tablas I-IV.

**TABLA V.** Resultados de la ganancia conceptual de los grupos de prueba y control.

	Ganancia normalizada Grupo control	Ganancia normalizada Grupo prueba
Pregunta 1	0.14	0.40
Pregunta 2	0.17	0.44
Pregunta 3	0.75	0.71
Pregunta 4	0.13	-0.14
Pregunta 5	0.00	0.67
Pregunta 6	0.00	0.33
Pregunta 7	0.29	0.78
Pregunta 8	-0.17	0.11
Pregunta 9	0.50	0.43
Pregunta 10	-0.29	0.50
Pregunta 11	0.22	0.00
Pregunta 12	0.50	0.75
Pregunta 13	0.38	0.29
Promedio en grupo	<b>0.20</b>	<b>0.43</b>

Como se observa, la ganancia normalizada en el grupo prueba se encuentra en la zona de ganancia media, para secuencias didácticas en la enseñanza activa. Esto ocurre en la mayoría de las preguntas excepto en las preguntas 4, 8, 11 y 13, lo que indica que la implementación de la secuencia didáctica que incluye el empleo del cómic “Por un puñado de amperios” [8], tuvo un impacto directo en el proceso de enseñanza aprendizaje. Mientras que en el grupo de control esto sucede, ganancia media, únicamente en las preguntas 3, 9, 12 y 13.

Comparando la ganancia normalizada de ambos grupos, se ve que en las preguntas 1, 2, 5, 6, 7, 10 y 12, el grupo de prueba supera al grupo de control, lo que indica que la

lectura del cómic dentro de la secuencia propuesta y la elaboración de la continuación del cómic han mejorado la comprensión de los temas.

Al analizar al grupo completo se pierde los logros individuales, en el grupo de prueba existen dos casos de interés que deberían ser discutidos aparte. Ambos estudiantes no son sobresalientes y evitan participar en el grupo.

El primero es el caso de un estudiante con discapacidad motriz, es tímido y participa poco en las sesiones de laboratorio, ya que las mesas son muy altas para la silla de ruedas. Debido a que las dinámicas se hicieron tanto en el laboratorio, como en el salón de clases, e incluso en el patio, su participación se incremento considerablemente al igual que sus resultados. En su pre-test tuvo cero aciertos mientras que en el pos-test logro 10 de 13 aciertos, logrando una ganancia conceptual individual de 0.75. Su actitud mejoró al igual que su autoestima, manifestó a sus compañeros lo siguiente: “...yo sí entendí, ustedes me confunden...”, cuando discutían su mapa mental.

El otro caso es el de un estudiante, que cursó el taller de electricidad en su secundaria. A pesar de haber llevado el taller durante tres años, los resultados del pre-test no fueron buenos (0 aciertos) lo que implica que su comprensión de los conceptos eran mínimos, sabía conectar un circuito adecuadamente y sabía emplear un multímetro, pero era incapaz de predecir los fenómenos. Después de la secuencia didáctica obtuvo 8 aciertos lo que significa una ganancia normalizada de 0.62.

## VIII. CONCLUSIONES

La secuencia didáctica propuesta, basada en el trabajo previo de García y Sánchez [39] que utiliza las primeras páginas del cómic “Por un puñado de amperios”, mejoró la comprensión de los conceptos de corriente eléctrica, diferencia de potencial y resistencia eléctrica. Esto se refleja en la ganancia normalizada que obtuvieron ambos grupos. El grupo de control logró una ganancia promedio de 0.20 mientras que el grupo de prueba obtuvo una ganancia de 0.43. La primera se encuentra dentro de los límites reportados por Hake para la enseñanza tradicional, en cambio la segunda supera el valor de 0.3 pero es inferior a 0.7, lo que indica que la estrategia se encuentra dentro de los valores reportados para la enseñanza activa.

Es factible emplear la secuencia didáctica en instituciones con estudiantes de diversos niveles de rendimiento, particularmente bajos, como se muestra en la descripción de la población, debido a que los materiales que se requieren son de fácil acceso y económicos.

Los resultados del pre-test en ambos grupos muestran que los estudiantes responden a la mayoría de las preguntas de forma aleatoria. En cambio, en el pos-test se observa el cambio en la manera que responden, se unifican las respuestas en algunos casos o se manifiesta dos modelos mentales. Se muestra como el grupo de prueba en su mayoría relaciona la corriente eléctrica con el flujo de

electrones libres, es decir maneja un modelo mental, mientras que el grupo de control casi unifica su respuesta y dice que la corriente es energía lo que indica que maneja un solo modelo mental aunque este sea erróneo. Aunque para tener certeza sobre estos resultados hace falta un análisis de concentración que actualmente se encuentra realizando por parte de los investigadores y se publicara posteriormente.

Los cómics motivan el aprendizaje del grupo y se observa como estudiantes que son poco participativos en otro tipo de estrategias se vuelven dinámicos y activos al aplicar la secuencia didáctica. La asistencia del grupo de prueba se mantuvo constante durante las sesiones y fue posible evaluar la comprensión de la ley de Ohm y sus variables involucradas como son: resistencia eléctrica, diferencia de potencial y corriente eléctrica a partir de la elaboración de la continuación del cómic, cuyos resultados se encuentran en fase de análisis para su posterior publicación.

Para estudiantes con problemas de comprensión lectora, los textos reducidos en los globos de los cómics les son más fáciles de analizar, por lo que se incrementa su participación en las discusiones.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos los comentarios invaluable de los árbitros anónimos de este trabajo, así como a César Mora. Este trabajo fue parcialmente apoyado CONACyT-México a través de SNI. R.G-S. y J. G. M. agradecen el apoyo parcial de las becas COFAA y EDI, así como los proyectos SIP: 20120991, 20120714, 20120623.

## REFERENCIAS

- [1] Singh, J. P., *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO): Creating norms for complex world* (Routledge, First edition, USA, 2011).
- [2] Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, CONACULTA, Encuesta Nacional de Prácticas y Consumo Culturales de CONACULTA, <[http://sic.conaculta.gob.mx/publicaciones\\_sic.php](http://sic.conaculta.gob.mx/publicaciones_sic.php)>. Consultado en febrero de 2011; Chacón, B. *Hábitos de lectura de la sociedad mexicana* <<http://www.fundacionpreciado.org.mx/biencomun/bc162/habitos.pdf>>. Consultado el 5 de febrero de 2011.
- [3] Marcin, M., *Historietas y revistas, no libros, lecturas favoritas del mexicano* (Periódico La Crónica, publicado el Lunes 3 de enero de 2005: <http://www.cronica.com.mx/nota.php?idc=160267>). Consultado el 2 de febrero de 2011.
- [4] Nava, J. R., *El empleo de la historieta como recurso didáctico para la enseñanza del Español en la escuela secundaria*; Segundo Congreso de Imagen y Pedagogía, Mazatlán Sinaloa, Noviembre 2002.
- [5] ANUIES (2004, 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009). *Estadísticas de la Educación Superior*, Anuarios estadísticos 2004-2009 <[http://www.anui.es.mx/servicios/e\\_educacion/index2.php](http://www.anui.es.mx/servicios/e_educacion/index2.php)> Consultado el 8 de febrero de 2011.
- [6] Vilchez, J.M y Perales, F.J., *Enseñando física con dibujos animados*, Enseñanza de la Ciencias, Número extra, VII congreso (2005).

- [7] Fanaro, M. A, Otero, M. R., y Greca I. M. *Las imágenes en los materiales educativos: las ideas de los profesores*; Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias 4(2), (2005).
- [8] Petit, Pierre, *Por un puñado de Amperios*, Saber sin fronteras, 2005. <<http://www.savoir-sans-frontieres.com>>. Consultado el 10 de julio de 2010.
- [9] Real Academia de la Lengua Española. *Diccionario de la lengua española* (23a ed. Madrid: Real Academia de la Lengua Española, 2003). < <http://buscon.rae.es/draeI/> >. Consultado el 25 enero de 2011.
- [10] Eco, U., *Apocalípticos e integrados*, (Ed. Tusquets, Barcelona, España, 1995).
- [11] McCloud, S., *Entender el cómic. El arte invisible*, (Ed. Astiberri, España, 2009).
- [12] Barrero M., *Los cómics como herramientas pedagógicas en el aula*, Conferencia en las jornadas sobre narrativa gráfica, Jerez 2002. <<http://www.tebeosfera.com/1/Hecho/Festival/Jerez/Conferencia/Jerez020223.pdf>>. Consultado el 10 de febrero de 2011.
- [13] Misrachi, C. y Alliende, F., *La historieta como medio educativo y como material de lectura*, (Editorial Interamed. OEA, Serie Educativa 38. Chile, 1994), pp. 93-109.
- [14] Goulart, Ron . *Comic Book Culture: An Illustrated History*. (Collectors Press. p. 43. ISBN 978-1-888054-38-5. 2000).
- [15] Coville, Jamie. "[The History of Comic Books](http://www.thecomicsbooks.com/old/frames.html)". *TheComicBooks.com*. <<http://www.thecomicsbooks.com/old/frames.html>> . Consultado el 25 de febrero de 2011.
- [16] Sones, W. W. D., *The Comics and Instructional Method*, Journal of Educational Sociology 18, The Comics as an Educational Medium, pp. 232-240, (1944). <<http://www.jstor.org/stable/2262696>>. Consultado el 7 de febrero de 2011.
- [17] Witty, P., *Children's Interests in Reading the Comics*, Journal of Experimental Education X, 100-104 (1935).
- [18] Yang, G., Blog: *Comics in Education*, (2003) <http://www.geneyang.com>. Consultado el 7 de febrero de 2012.
- [19] Sterling, Ch. H., and Kittross, J. M. *Stay Tuned: a Concise History of American Broadcasting*, (Wadsworth, Belmont, California USA, 1990).
- [20] López, J. M., *La comunicación Visual antes de la Conquista*, Tiempo y Escritura Núm. 12, UAM (2007) <[http://www.azc.uam.mx/publicaciones/tye/tye12/art\\_hist\\_03.html#anterior](http://www.azc.uam.mx/publicaciones/tye/tye12/art_hist_03.html#anterior)>. Consultado el 10 de agosto de 2011.
- [21] Aurrecochea J.M y Bartra, A., *Puros cuentos. La historia de la historieta en México 1874-1934*, (Ed. Grijalbo, México, 1988).
- [22] De Valdés, R., en "*La historia de los cómics mexicanos: El progreso de la industria y de la aceptación del arte gráfico-narrativo*" para la Historia de los cómics IV, fascículo 43, Editorial Toutain, Barcelona, (1984).
- [23] Aurrecochea, J. M. y Bartra, A., *Puros cuentos II. La historia de la historieta en México 1934-1950*, (Ed. Grijalbo, México, 1993).
- [24] Hernandez, V., *Los supermachos remasterizados* <<http://supermachos.toliro.com/>>. Consultado el 7 de febrero de 2011.
- [25] Bartra A., *Globos globales: 1980-2000*, Revista Latinoamericana de Estudios sobre la Historieta 1, 225-236 (2001)
- [26] Webcómics en Español <<http://www.webcomics.es/>>. Consultado el 7 de febrero de 2011.
- [27] Águrda, X. <<http://listocomics.com/weezine/>>. Consultado el 7 de febrero de 2011.

- [28] Gantús, L., *Cómo, Cuándo y por qué de la exposición "Del Paquín al webcomic: Los caminos de la historieta"* <<http://estoesferpecto.produccionesbalazo.com/?p=1332>>. Consultado el 7 de febrero de 2011.
- [29] Guerra G., *El comic o la historieta en la enseñanza*, (Editorial Grijalbo, Primera Edición, México, 1982).
- [30] Guerra, J. B., *La historieta como medio para la enseñanza*, Tesis de grado, Universidad Católica Andrés Bello, Escuela de Comunicación Social, Venezuela (2001). <<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAP4190.pdf>>. Consultado el 15 de febrero de 2011.
- [31] Misrachi, C., Lolas y Alliende, *El "cómic" como estrategia educativa en bioética y ciencia*, Revista Enfoques educativos, **3**(1), Facultad de Ciencia Sociales, Universidad de Chile, 73-81 (2000). <[http://csociales.uchile.cl/publicaciones/enfoques/05/docs/enfoques\\_05\\_2000.pdf](http://csociales.uchile.cl/publicaciones/enfoques/05/docs/enfoques_05_2000.pdf)>. Consultado el 15 de febrero de 2011.
- [32] Ubeda, P., *El cómic contextualizado en la clase de ESP para arquitectos: El diseño de una unidad*, Didáctica **12**, 265-278 (2000). <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=148750>>. Consultado el 15 de febrero de 2011.
- [33] Aparici R., *El cómic y la fotonovela en el aula*, (Ed. De la Torre, Primera edición, Madrid, España, 1992).
- [34] García M., R., *La física con humor se enseña (y aprende) mejor*, Revista Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales, **60**, 65-72 (2009).
- [35] Kakalios, J., *La física de los superhéroes*, (Ed. Ma Non Troppo, 1ra. Ed., Barcelona, España, 2006).
- [36] Carrascosa Alís, J., *El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte III). Utilización didáctica de los errores conceptuales que aparecen en cómics, prensa, novelas y libros de texto*; Revista Eureka, Enseñanza y Divulgación de la Ciencia **3**(1), 77-88 (2006).
- [37] Gallegos T., A.P., *Imagen popular de la ciencia transmitida por los cómics*, Rev. Eureka, **60**, 65-72 (2007).
- [38] González S. B., *La física en historietas*, Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el Campo de las Ciencias Exactas y Naturales, 18-19 de octubre de 2007.
- [39] García S., R. y Sánchez, D., *La enseñanza de conceptos físicos en secundaria: diseño de secuencias didácticas que incorporan diversos tipos de actividades*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**(1), 62-67, (2009).
- [40] Millar, R., LeMarechal, J. F. and Tiberghien, A., *Mapping the domain – varieties of practical work*. in J. Leach and A.C. Paulsen (eds) *Practical Work in Science Education – Recent Research Studies* (Roskilde University Press/Kluwer Academic, Netherlands, 1999).
- [41] Knowles, M. S., *Self-directed learning: A guide for learners and teacher*, (Teachers Association Press, New York, 1975).
- [42] Treffinger, D. J. and Barton, E., *Encouraging self-directed learning*, (Creative Learning Press, Mansfield Center CA, 1981).
- [43] Moreira M. A., *Aprendizaje significativo crítico*, Trabajo presentado en el III Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo en Peniche Portugal en 2000.
- [44] Needham, R., *Teaching strategies for developing understanding in science*. (Serie Children's learning in Science. (University of Leeds, Inglaterra, 1987).
- [45] Sanmartí, N., *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*, (Síntesis Educación, Madrid, 2002).
- [46] Gómez, J. A., *Un modelo Didáctico para la Enseñanza de la Física en la E.S.O.* Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid en 2003.
- [47] Adams W. K. & Wieman, C. E., *Development and Validation of Instruments to Measure Learning of Expert-Like Thinking*, International Journal of Science Education **33**, 1289-1312 (2010).
- [48] Hestenes, D. y Halloun, I., *Interpreting the force concept Inventory. A response to Huffman and Heller*. The Physics Teacher **33**, 502-506 (1995).
- [49] Hestenes, D. y Wells, A. M., *Mechanics Baseline Test*. The Physics Teacher **30**, 159-166 (1992).
- [50] Hestenes, D. y Wells, A. M. y Swackhamer, G., *Force Concept Inventory*. The Physics Teacher **30**, 141-158 (1992).
- [51] Thornton, R. & Sokoloff, D., *Assessing student learning of Newton's laws: The force and motion conceptual evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula*. American Journal of Physics **66**, 338-352 (1998).
- [52] Ding, L, Chabay, R, Sherwood, B, & Beichner, R., *Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment Brief Electricity and Magnetism Assessment (BEMA)*. Phys. Rev. ST Physics Ed. Research **2** (2006).
- [53] Beichner, R. *Testing student interpretation of kinematics graphs*, Am. J. Phys. **62**, 750-762 (1994).
- [54] Téllez Felipe, A., *Secuencias didácticas ABP para principios de la dinámica y Leyes de Newton en Bachillerato*, Tesis de Maestría en Física Educativa, CICATA-Legaria, IPN (2009).
- [55] Sokoloff D., *Electric Circuits Conceptual Evaluation*, <[http://physics.dickinson.edu/~wp\\_web/wp\\_resources/wp\\_assessment.html](http://physics.dickinson.edu/~wp_web/wp_resources/wp_assessment.html)>. Consultado el 7 de marzo de 2011.
- [56] Periago M.C y Bohigas, X., *Persistencia de las ideas previas sobre potencial eléctrico, intensidad corriente eléctrica y ley de Ohm en estudiantes del segundo curso de ingeniería*, Rev. Electrónica de Investigación Educativa **7** (2), (2005).
- [57] R. Hake, *Interactive Engagement Versus Traditional Methods: a Six-Thousand Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses*, Am. J. of Phys. **66**, 64-74 (1998).