

# Comprensión de circuitos eléctricos apoyados en el aprendizaje activo y en dispositivos móviles

## *Understanding of electrical circuits supported by active learning and mobile devices*

Ivan Alirio Imbanchi-Rodríguez<sup>a</sup>, Oscar Jardey Suárez<sup>b</sup>, Diego Fernando Becerra-Rodríguez<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Magister en Educación en Tecnología, Secretaría de Educación de Pitalito, Pitalito, Colombia, <https://orcid.org/0000-0002-0335-0538>, [imbachi11@gmail.com](mailto:imbachi11@gmail.com)

<sup>b</sup>Doctor en Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia, <https://orcid.org/0000-0001-8780-595X>, [oscar.suarez@fuac.edu.co](mailto:oscar.suarez@fuac.edu.co)

<sup>c</sup>Doctor en Ciencias en Física Educativa, Universidad de La Sabana, Chía, Colombia, <https://orcid.org/0000-0003-3881-7289>, [diego.becerra2@unisabana.edu.co](mailto:diego.becerra2@unisabana.edu.co)

**Forma de citar:** Imbanchi-Rodríguez, I. A., Suárez, O. J., & Becerra-Rodríguez, D.F. (2022).  
Comprensión de circuitos eléctricos apoyados en el aprendizaje activo y en dispositivos móviles . *Eco Matemático*, 13 (1), 43-51

Recibido: 7 de julio de 2021

Aceptado: 15 de septiembre de 2021

### Palabras clave

Aprendizaje Activo,  
Circuitos Eléctricos  
de Corriente Directa,  
Mediación tecnológica,  
Educación rural.

**Resumen:** La investigación tuvo como objetivo establecer la comprensión del funcionamiento de los circuitos eléctricos de corriente directa, en estudiantes de educación media, en una institución educativa rural localizada al sur de Colombia, en un municipio agrícola y ganadero. En el marco de la investigación se diseña, construye y valida una secuencia didáctica, basada en el aprendizaje activo y en la App Electric Circuit Studio®. El enfoque de la investigación es cuantitativo, con un diseño cuasi experimental, con un solo grupo que presentó pretest y postest. Los resultados mostraron una mejoría en la comprensión, estadísticamente significativa, de los circuitos eléctricos de corriente continua, agrupados en mayor concentración en un modelo de aprendizaje correcto. A manera de conclusión, se identificó cómo la mediación con tecnologías de la información y la comunicación, soportadas pedagógicamente en el aprendizaje activo, pueden potencialmente contribuir en una mejor comprensión y aprendizaje, en los conceptos relacionados con los circuitos de corriente directa.

\*Autor para correspondencia: [oscar.suarez@fuac.edu.co](mailto:oscar.suarez@fuac.edu.co)

<https://doi.org/10.22463/17948231.3356>

2462-8794© 2022 Universidad Francisco de Paula Santander. Este es un artículo bajo la licencia CC BY 4.0

## Keywords

Active Learning, Direct Current Electrical Circuits, Technological Mediation, Rural Education.

**Abstract:** The objective of the research was to establish the understanding of the operation of direct current electrical circuits, in middle school students, in a rural educational institution located in the south of Colombia, in an agricultural and livestock municipality. Within the framework of the research, a didactic sequence is designed, built and validated, based on active learning and on the Electric Circuit Studio® App. The research approach is quantitative, with a quasi-experimental design, with a single group that presented pre-test and post-test. The results showed a statistically significant improvement in the understanding of DC electrical circuits, grouped in greater concentration in a correct learning model. By way of conclusion, it was identified how mediation with information and communication technologies, pedagogically supported in active learning, can potentially contribute to a better understanding and learning, in the concepts related to direct current circuits.

## Introducción

La enseñanza de las ciencias naturales tiene como propósito que el estudiante desarrolle un conjunto de competencias científicas, relacionadas con la comprensión de los fenómenos naturales y artificiales que ocurren a su alrededor, para que, en una posterior apropiación de dicha comprensión, el estudiante tenga la posibilidad de plantear y resolver problemas que requieran de dicho conocimiento científico (Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN), 2006). Al parecer, en la actualidad, al estudiantado se les puede denominar nativos digitales (Prensky, 2010; Suárez, 2016), en razón a que desde su nacimiento han estado inmersos en un mundo altamente tecnológico (Ortiz & Quintana, 2013), aunque falta mayor evidencia científica que lo ratifique. En la enseñanza – aprendizaje de la física se promueve la comprensión de los conceptos físicos, más allá de la utilización de los Recursos Educativos Digitales (RED) como la simulación (Klein, 2012; Martínez-Jimenez et al., 1994; Rodríguez-Llenera & Llovera-Gonzalez, 2009; Rodríguez et al., 2009; Sánchez-Sánchez, 2017; D. R. Sokoloff et al., 2007).

Actualmente la asignatura de física en la educación media, se imparte principalmente con un enfoque tradicional, en la medida en que el estudiantado asumen un papel pasivo en el proceso de aprendizaje; es preciso entonces, implementar recursos innovadores como las TIC, que permitan replantear la práctica docente, a partir de estrategias

más efectivas (Capuano, 2011), estos recursos deben estar articulados con pedagogías activas y cuyo propósito principal, es poner en primer plano al estudiante, quién a partir de sus conceptos iniciales se encamina a la construcción de su propio conocimiento científico, relacionado con la física (Silberman, 2006).

## Fundamentos Teóricos

### *Aprendizaje Activo*

El aprendizaje activo es un modelo centrado en el estudiante, que parte de los conocimientos previos y promueve el trabajo en equipo. Los elementos característicos, según Hernández-Silva et al., son “...exploración de ideas previas, discusión en clase, inducción de preguntas, aprendizaje en colaboración, enseñanza entre pares, aprendizaje independiente, aprendizaje emocional y desarrollo de aptitudes...” (2018). Existe evidencia de la efectividad de los procesos orientados por el aprendizaje activo, en comparación con las metodologías tradicionales, basada en los resultados de pruebas que miden el entendimiento conceptual del estudiantado (T. Sokoloff, 1998).

### *Fundamentos conceptuales*

El electromagnetismo es la parte de la física que se ocupa de estudiar los fenómenos eléctricos y magnéticos. Los circuitos simples de corriente

directa (DC), que combinan baterías y resistores, emplean reglas simples, centradas principalmente en la ley de ohm, conservación de la carga eléctrica y conservación de la energía eléctrica. Los dispositivos electrónicos, en su mayoría, utilizan DC, sin embargo, en los tomacorrientes de las casas, la señal de la corriente es alterna (AC), por lo cual, son necesarios dispositivos que hagan dicha transformación AC/DC. Un circuito rectificador de onda completa, convierte una señal de AC en una señal DC, en un proceso que se llama rectificación (Serway & Jewett, 2009). Los componentes del circuito son: transformador, puente de diodos, capacitor, resistencia y diodo Zener, dispuestos como se ilustra el plano en la Figura 1.

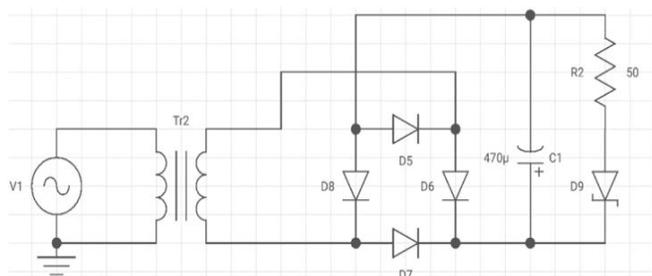


Figura 1. Circuito rectificador de onda completa (Elaboración propia en electric circuit studio®).

### ***Recursos educativos digitales en la enseñanza de la física (RED)***

Para la enseñanza de la física se utilizan, con algún éxito, diversos RED que sirven de mediación, tales como interfaces para capturas de datos, software de simulación, entre otros (Martinez-Jimenez et al., 1994; Rodriguez et al., 2009). En medio de la pandemia, el recurso más usado como mediación, es la simulación (Interactive Physics, Modellus, PhET, entre otros), por sus posibilidades de interacción.

## **Método**

### ***Enfoque y diseño***

El enfoque de esta investigación es cuantitativo (Hernández-Sampieri et al., 2014; McMillan & Schumacher, 2005), se apoya en la ganancia de Hake (Hake, 1998), el factor de concentración (Bao & Redish, 2001) y la prueba t student (Walpole et al., 2007). La investigación educativa se hace a través de un pre-experimento (Fernández & Baptista, 2014) con un único grupo (G). Se inicia aplicando el pretest (O1), se desarrolla la intervención educativa con una secuencia didáctica (X) y se aplica el posttest (O2). con un solo grupo de 15 estudiantes.

### ***Participantes***

El grupo de estudiantes que participó, se encuentra en edades entre 16 y 18 años, cursan último grado de educación media, la mayoría cuenta con dispositivo móvil con sistema operativo Android, viven en zona rural y colaboran en sus casas con la producción agrícola. La institución educativa está a 15 km de la zona urbana, por una vía de difícil acceso, sin conectividad a internet. La intervención se desarrolló en medio de la alternancia vivida por causa de la pandemia por la COVID-19.

### ***Acerca del inventario***

El Inventario utilizado es el Inventory of Basic Conceptions – DC Circuits (IBCDC) Versión F06 (Halloun, 2007a). Tiene 33 preguntas de opción múltiple. La validez se sustenta en temas relevantes, a juicio de expertos en física, a la revisión de expertos y a la aplicación con más de 2500 estudiantes en los Estados Unidos y el Líbano (Halloun, 2007b). El inventario fue traducido, adecuado y revisado por pares expertos, para asegurar tanto los aspectos disciplinares de la física, como el lenguaje adecuado. En razón a los temas trabajados, en el curso se utilizaron 26 de las 33 preguntas, descartando las referidas a potencia y resistencia de los materiales.

## Secuencia didáctica (SD)

La SD diseñada en la presente investigación, se orienta al estudio de los circuitos de corriente directa, por parte de estudiantes de educación media, en una institución educativa de carácter público en zona rural. La SD tiene como elemento mediador, las tecnologías de la información y la comunicación representadas en la App Electric Circuit Studio®. La validación de contenidos relacionados de la SD, está a cargo de profesores expertos en el área de la física, así como de profesores activos y en ejercicio en la docencia la física en educación superior y medio, quienes hicieron las veces de expertos. La validación de la SD se apoya en el índice de V Aiken (1980) y se desarrolla en 8 sesiones, tal como se indica en la Figura 2.

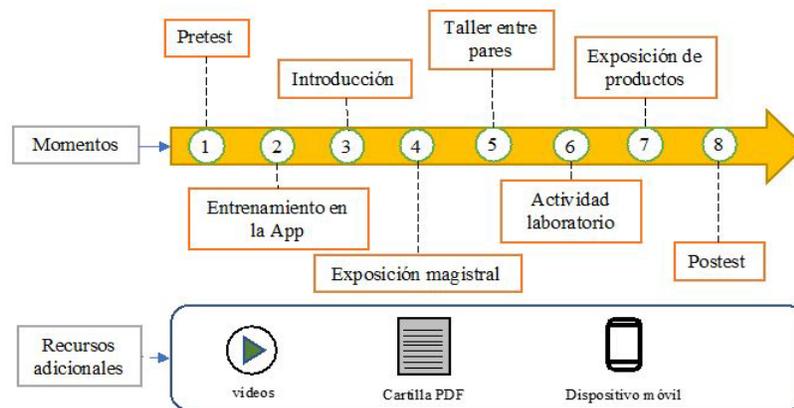


Figura 2. Organización de la secuencia didáctica

A continuación, se desarrollan cada uno de los momentos que se consideraron en la secuencia didáctica para el estudio de los circuitos eléctricos, es preciso mencionar que, esta secuencia se enmarca dentro del proyecto que se orienta al estudio de un cargador de un celular; mencionar que el estudiantado siempre tuvieron acceso a los videos de la utilización de la aplicación, el documento a manera de cartilla, en formato PDF, preparado para la investigación y el dispositivo móvil con la aplicación ECS instalada. Los apartados son:

- *Pretest*. Inventory of Basic Conceptions – DC Circuits (IBCDC).

- *Entrenamiento App*. Se instala la app en los dispositivos móviles de la institución, se asignan los dispositivos móviles y se enseña al estudiantado a utilizar la App ECS. Para el entrenamiento, son cargados en el dispositivo móvil y se organiza un

conjunto de videos que muestran la forma de utilizar la app.

- *Introducción*. Se hace desde los pasos propuestos por Sokoloff, a saber: 1. Presentación de una situación para reflexión, 2. Demostración de la situación problema, 3. El estudiantado reflexionan en la hoja de respuestas, lo observado y lo que cada uno predice, 4. El estudiantado socializan entre ellos, en grupos de 3 tres, repitiendo la demostración, cuantas veces sea necesario, 5. El profesor lidera la conversación con el grupo para llegar a acuerdos y 6. Se deja la conclusión de la actividad basada en los consensos, el profesor recoge las hojas y cierra la sesión, motivando la lectura previa para el siguiente momento.

- *Exposición Magistral*. La exposición magistral relacionada con los circuitos eléctricos de corriente continua, se lleva a cabo utilizando para la explicación las ideas previas, así como las demás

intervenciones que emergieron en el momento anterior.

- *Taller entre pares.* El estudiantado desarrolla algunos ejercicios y preparan, al menos uno, para compartir la solución con sus compañeros.

- *Actividad de laboratorio.* A partir de algunos experimentos propuestos de circuitos de corriente directa, el estudiantado desarrolla la práctica, tanto en la app, como con los instrumentos en el salón de clase.

- *Exposición de productos.* Se asigna a cada uno de los participantes un ejercicio o la actividad de laboratorio, para ser presentada en el grupo.

- *Postest.* Inventory of Basic Conceptions – DC Circuits (IBCDC).

## Resultados y discusión

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de procesar la información del estudiantado, en el desarrollo de la investigación, los cuales se describen en tres partes: 1) la mejora en el aprendizaje, 2) determinando el lugar donde se da la mejoría en el aprendizaje y 3) posteriormente estableciendo la significancia de la mejora en la comprensión y aprendizaje de los circuitos de corriente directa.

### Ganancia de Hake

La ganancia de Hake  $\langle g \rangle$  se calcula mediante la ecuación (1), donde “Si” es el promedio porcentual de los resultados del pretest y “Sf” es el promedio porcentual de los resultados del postest. Según Hake (1998), las ganancias se pueden catalogar en alta-g ( $\langle g \rangle \geq 0,70$ ), media-g ( $0,70 > \langle g \rangle \geq 0,30$ ) y baja-g ( $\langle g \rangle < 0,30$ ).

$$\langle g \rangle = \frac{S_f - S_i}{100 - S_i} \quad (1)$$

Para el caso de la presente investigación, fue obtenido en el pretest ( $S_i = 25,45\%$ ) y el postest ( $S_f = 51,51\%$ ), lo que dio como resultado una ganancia de Hake de 0,34, encontrándose en el intervalo de media-g.

### Factor de concentración

Bao & Redish (2001) diseñaron una propuesta para establecer si en un grupo de estudiantes, al momento de resolver un inventario, con respuestas de selección múltiple con única respuesta, se agrupan con mayor preferencia en modelos correctos o incorrectos. La ecuación (2) se utiliza para calcular el factor de concentración “C”. Donde  $n_i$ , se refiere al número de participantes en la prueba que respondieron la  $i$ -ésima opción,  $m$  la cantidad de opciones de respuesta en las preguntas y  $N$  el número de estudiantes que participaron del estudio.

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

Para determinar la calificación normalizada por cada participante “P”, se hace la división entre el número de estudiantes que eligen la opción correcta de la respuesta “a” y el total de estudiantes que participan del estudio  $N$ .

La calificación normalizada  $P$  se interpreta en tres niveles Bajo (B) [0.00 – 0.40], Medio (M) [0.40 – 0.70] y Alto (A) [0.70 – 1.00]. Hay que tener presente, que cuando se obtiene la calificación normalizada de 1.00, quiere decir que el estudiante ha resuelto correctamente la prueba.

El factor de concentración  $C$  se interpreta en tres niveles: Bajo (A) [0.00 – 0.20], Medio (M) [0.20 – 0.50] y Alto (A) [0.50 – 1.00]. Cuando se obtiene un valor de  $C$  igual 1.00, significa que la totalidad del estudiantado que participa de la prueba escogieron la misma opción de respuesta.

Tabla I. Resultados de las preguntas a la luz de la interpretación de Bao y Redish (2001).

Descrip.	Región	Implicación	# Preguntas PRE	# Preguntas POS
Un modelo	AA	Un modelo de comprensión correcto	1	9
	BA	Un modelo de comprensión dominante incorrecto	1	1
Dos modelos	BM	Dos posibles modelos de comprensión incorrectos	6	3
	MM	Dos modelos de comprensión populares	4	9
Sin modelo	BB	Cercano a una situación aleatoria	14	4

Los resultados de aplicar el pretest y postest, así como de normalizar la calificación P y calcular el factor de concentración C, se interpreta con base en la Tabla I. En la figura 3 está representado el factor de concentración C vs la calificación normalizado P, del pretest y postest, para el grupo en estudio.

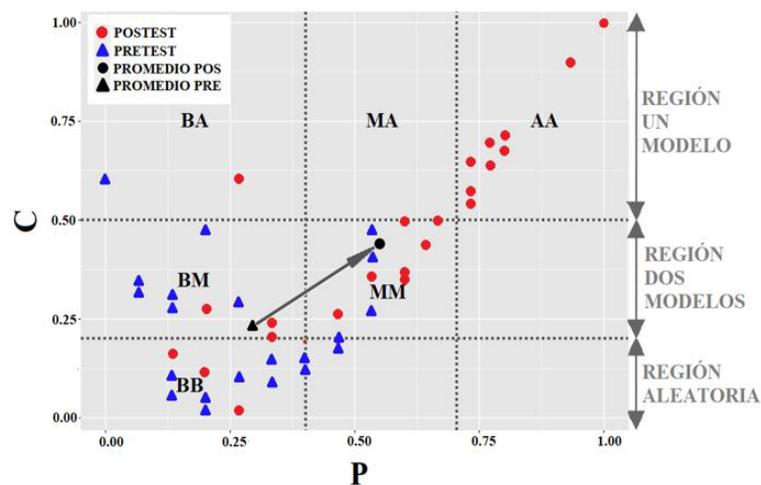


Figura 3. Calificación normalizada (P) vs factor de Concentración (C).

Al observar la Figura 3, tomando como referencia para la interpretación lo señalado en la Tabla I, se identifican las nueve regiones en las que se pueden agrupar las respuestas los estudiantado, en cada una de las preguntas, tanto en el pretest como en el postest. En esta figura, las regiones de acuerdo al factor de concentración, se agrupan en región aleatoria, región dos modelos o región un modelo; además se identifica el promedio del grupo en toda la prueba, tanto en el pretest como en el postest, el estudiantado pasa de una calificación normalizada B con un factor de concentración M, a una puntuación M, con un factor de concentración M, es decir, de un modelo AM próximo a una región aleatoria, a un modelo MM o región de dos modelos populares

de comprensión del tema en estudio por parte del estudiantado. Dicho lo anterior, el estudiantado, en promedio, han pasado de un modelo de respuestas aleatorio, en el pretest, a un modelo de respuestas bimodal, en una mejora de la comprensión y aprendizaje de lo relacionado con los circuitos de corriente directa. Adicionalmente, se identifica que un buen número de preguntas, queda en la región de un único modelo, con un factor de concentración A y una puntuación A.

### *Prueba de hipótesis – t de student*

Para establecer la significancia de los resultados, se procedió a utilizar la prueba t de student, con

una significancia de 0.050. Previamente, se verificó el supuesto de normalidad de los datos. La hipótesis alternativa H1 propone que existe una diferencia significativa entre el pretest y el postest, la hipótesis nula H0, establece entonces que no existe diferencia significativa entre el pretest y el postest. Los resultados están en la Tabla II.

Tabla II. Resultados prueba t de student

Estadísticos de muestras relacionadas			
Prueba	Media	N	Prueba de muestras relacionadas
Pretest	7.66	15	Significancia (S-Valor)
Postest	14.80	15	0.000

Se identifica en la Tabla II, que la significancia es menor a 0.050, por lo que se acepta la hipótesis H1, es decir, que la diferencia entre el postest y el pretest es significativa. En ese mismo sentido, se identifica que el valor de la media del postest, es mayor que la del pretest, por lo que se puede decir que el incremento promedio no obedece a razones aleatorias, sino que este incremento es estadísticamente significativo y puede decirse que corresponde con la implementación de la SD.

Con base en todo lo anterior, se puede mencionar que la ganancia del estudiantado fue media, estadísticamente significativa pasando de agruparse en un modelo aleatorio, a un modelo de dos regiones, con un importante número de preguntas a un único modelo correcto, por lo que entonces, el estudiantado ha mejorado la comprensión de los conceptos inherentes a los circuitos eléctricos de corriente directa.

## Conclusiones

La secuencia didáctica que incorpora el uso de la app Electric Circuit Studio® y el aprendizaje activo, como mediación para el aprendizaje de los circuitos eléctricos DC, aporta evidencia empírica que indica, según los resultados en la ganancia de aprendizaje de Hake y la prueba t de student, que hay una ganancia media significativamente en el aprendizaje y comprensión de los conceptos físicos estudiados, dado que el estudiantado pasan de responder aleatoriamente, a concentrarse en un

modelo correcto de comprensión de los circuitos eléctricos, de acuerdo con los resultados del factor de concentración de Bao y Radish.

Lo anterior, se constituye en evidencia de que, el aprendizaje activo y la incorporación de las TIC como mediación, son elementos complementarios, que contribuyen a mejorar los aprendizajes de la física en estudiantes de educación media. Adicionalmente, la relevancia de disponer de piezas de software para la enseñanza de la física, en dispositivos móviles, para trabajar offline en ambientes limitados de conectividad a la internet, como es el caso de la institución rural en estudio.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Maestría en Educación en Tecnología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC) los espacios que permiten el desarrollo de la investigación. La investigación se circunscribe en la interacción entre el grupo de investigación Didactec (UDFJC) y el grupo Tecnologías para la Academia – proventus (Universidad de la Sabana).

## Referencias

Aiken, L. R. (1980). Content Validity and Reliability of Single Items or Questionnaires. *Educational and Psychological Measurement*, 40(4), 955–959. <https://doi.org/10.1177/001316448004000419>

- Bao, L., & Redish, E. (2001). Concentration analysis: A quantitative assessment of student states. *American Journal of Physics*, 69, 45–43. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1119/1.1371253>
- Capuano, V. (2011). El uso de las TIC en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 2(2), 79–88.
- Echeverri, L., Acevedo, E., & Hernández, F. (2015). Comparación De Pruebas De Normalidad. *Zimmerman 2011*, 8–11.
- Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). Mc Graw Hill Education.
- Hake, R. (1998). Interactive-engagement vs traditional methods: A six- thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *Amer. J. Phys.*, 6, 64–74.
- Halloun, I. (2007a). Evaluation of the Impact of the New Physics Curriculum on the Conceptual Profiles of Secondary Students. *Phoenix Series, Lebanese University*. <http://www.halloun.net/wp-content/uploads/2016/10/LU-Summative-Report-10-07.pdf>
- Halloun, I. (2007b). Evaluation of the Impact of the New Physics Curriculum on the Conceptual Profiles of Secondary Students. *Phoenix Series, Lebanese University*.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (J. Mares-Chacon (ed.)). McGraw Hill Intereamericana Editores S.A. <http://www.casadellibro.com/libro-metodologia-de-la-investigacion-5-ed-incluye-cd-rom/9786071502919/1960006>
- Hernández-Silva, C., López-Fernández, L., González-Donoso, A., & Tecpan-Flores, S. (2018). Impact of active learning strategies on future physics teachers' disciplinary knowledge in a didactic course. *Pensamiento Educativo*, 55(1). <https://doi.org/10.7764/PEL.55.1.2018.6>
- Klein, G. (2012). *Didáctica de la física*. Interacción física y educación. [http://www.anep.edu.uy/ipa-fisica/document/material/cuarto/2008/didac\\_3/did\\_fis.pdf](http://www.anep.edu.uy/ipa-fisica/document/material/cuarto/2008/didac_3/did_fis.pdf)
- Martinez-Jimenez, P., León-Alvarez, J., & Pontes-Pedrajas, S. (1994). Simulación Mediante Ordenador De Movimientos Bidimensionales En Medio Resistentes. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), 30–38.
- McMillan, J., & Schumacher, S. (2005). *Investigación educativa*. Editorial Pearson Educación S.A.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN). (2006). *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas*.
- Ortiz, R., & Quintana, A. (2013). Ellos vienen con el chip incorporado. *En Serie Investigación IDEP* (Tercera Ed). Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico - IDEP.
- Prensky, M. (2010). Nativos e Inmigrantes Digitales. En *Cuadrenos SEK 2.0* (Números M-24433–2010). <https://doi.org/http://hdl.handle.net/10230/21226>
- Rodríguez-Llenera, D., & Llovera-Gonzalez, J. (2009). Estudio comparativo de las potencialidades didácticas de las simulaciones virtuales y de los experimentos reales en la enseñanza de la Física General para estudiantes universitarios de ciencias técnicas. *Latino American Journal Physics Education*.
- Rodríguez, D., Mena, D., & Rubio, C. (2009). Uso de software de simulación en la enseñanza de la Física. Una aplicación en la carrera de Ingeniería Química. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 24(2), 127–136.
- Sánchez-Sánchez, R. (2017). Propuesta didáctica de aprendizaje del movimiento de un proyectil con simulación PhET y Aprendizaje Activo para estudiantes de Nivel Medio Superior. *Latin-American Journal of Physics Education*, 11(2), 30.
- Serway, A. R., & Jewett, J. W. (2009). *Física para ciencias e ingeniería Vol. 2* (S. R. Cervantes G. (ed.)). Cengage Learning Editores.
- Silberman, M. (2006). *Aprendizaje activo. 101 estrategias para enseñar cualquier materia*. Editorial Troquel S.A.

- Sokoloff, D. R., Laws, P. W., & Thornton, R. K. (2007). RaelTime: Active Learning Labs Transforming the Introductory Laboratory. *European Journal of Physics*, 28(3), S83–S94. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/28/3/S08>
- Sokoloff, T. (1998). 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.
- Suárez, O. (2016). Recursos educativos abiertos, artefactos culturales, concepciones de los profesores de física para ingeniería: Análisis de dos estudios de caso. *Revista Góndola , Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 11(2), 156–174. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n2.a1>
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, S. (2007). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (Octava Edición). Editorial Pearson Educación S.A.