

# Posibilidades de los recursos educativos digitales para la implementación de sistemas de adquisición de datos en el trabajo experimental en física

Possibilities of digital educational resources for implementation of data acquisition systems in experimental work

Mónica Eliana Cardona Zapata<sup>1\*</sup>, Vanessa Arias Gil<sup>1</sup>, Sonia López Ríos<sup>1</sup> y Manuela Mesa Flórez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Educación, Universidad de Antioquia, Calle 67 No. 53–108. Ciudad universitaria, Medellín Colombia.

\*E-mail: [meliana.cardona@udea.edu.co](mailto:meliana.cardona@udea.edu.co)

## Resumen

Teniendo en consideración el importante papel que desempeña el trabajo experimental en la enseñanza de la física, así como la necesidad cada vez mayor de apoyarlo en el uso de tecnologías y de generar material educativo que oriente a los profesores de física en la incorporación de este tipo de recursos; en el presente artículo se realiza una reflexión teórica y metodológica sobre las posibilidades para orientar el diseño e implementación de recursos educativos digitales al hacer uso de sistemas de adquisición de datos para el trabajo experimental en la enseñanza de la física. Dicha reflexión se fundamenta en referentes teóricos y metodológicos que resaltan el gran potencial de estos recursos para resignificar el trabajo experimental en los programas de formación de profesores de física y motivar a los profesores de cursos de física, a mejorar su propia práctica docente y ser partícipes en una apuesta por la apropiación crítica del uso de tecnologías.

**Palabras clave:** Enseñanza de la física; Trabajo experimental; Sistemas de adquisición de datos; Recursos educativos digitales.

## Abstract

Considering the important role that experimental work plays in the teaching of physics, as well as the increasing need to support it in the use of technologies and to generate educational material that guides physics teachers in the incorporation of this type of resources; in this paper, a theoretical and methodological reflection is carried out about the possibilities to guide the design and implementation of digital educational resources in taking Data Acquisition Systems for experimental work in Physics Teaching. This reflection is based on theoretical and methodological references that highlight the great potential of these resources to resignify the experimental work in the physics teaching training programs and motivate physics teachers, to improve their own teaching practice and to be participants in a bet for the critical appropriation of the use of technologies.

**Keywords:** Physics teaching; Experimental work; Data acquisition systems; Digital educational resources.

## I. INTRODUCCIÓN

El uso y apropiación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en los programas de formación de profesores de distintos campos del saber, ha ganado reconocimiento en los últimos años a nivel global, por su amplio potencial para transformar los escenarios educativos y favorecer el desarrollo de competencias necesarias para la solución de problemas en la sociedad del conocimiento. Particularmente, en las áreas de Matemáticas y Física, se han generado espacios de reflexión sobre la apropiación crítica y el uso pertinente de las TIC, así como sobre las posibilidades y limitaciones de estas para la educación en ciencias, especialmente para el fortalecimiento del trabajo experimental en la enseñanza de la física.

Si bien la experimentación es uno de los pilares de la formación científica, de acuerdo con Hodson (citado en Cortés y De la Gándara, 2007), la imagen que tienen muchos profesores y estudiantes sobre esta actividad, es que es un espacio para la manipulación de instrumentos o la aplicación de ejercicios al margen de algún contenido conceptual, con un procedimiento previamente definido. Por lo cual, se hace necesario promover la recontextualización de la práctica experimental, enfocada a la realización de experiencias que ayuden a los estudiantes a acercarse a la construcción del conocimiento científico, y a concebir este espacio como *“óptimo para el aprendizaje interrelacionado de los dominios metodológico y de significados, así como para el desarrollo de una visión acerca de la actividad experimental de acuerdo con posiciones epistemológicas actuales”* (Andrés, Pesa y Meneses, 2008, p. 343).

En este sentido, el uso de las TIC en la enseñanza de las ciencias, puede contribuir a fortalecer y crear los contextos apropiados para la alfabetización científica de los estudiantes, de tal manera que se favorezca la construcción de aprendizajes significativos (Capuano, 2011). Asimismo, se destaca que estas herramientas tienen una influencia cada vez mayor en la educación científica, predominante en la mejora del aprendizaje de los estudiantes tanto de los niveles superiores de la educación, como de los que están en formación inicial y permanente del profesorado (Pontes, 2005).

Con base en lo anterior, en el presente trabajo se tiene como propósito describir los fundamentos teóricos y metodológicos que orientan el diseño de recursos educativos digitales sobre la implementación de *sistemas de adquisición de datos* (SAD) para el fortalecimiento del trabajo experimental en física.

## II. FUNDAMENTO TEÓRICO

El presente trabajo aborda elementos de corte disciplinar y didáctico, en relación con la implementación de sistemas de adquisición de datos en la enseñanza de la física a partir de recursos educativos digitales; por lo tanto, se describirán brevemente algunos de los principales componentes que constituyen el fundamento teórico, en lo que se refiere a la concepción de trabajo experimental para la formación de maestros, el uso de sistemas de adquisición de datos en el trabajo experimental y las potencialidades de los recursos educativos digitales para la enseñanza de la física.

### A. El trabajo experimental en la formación de profesores de física

En la enseñanza de las ciencias naturales, particularmente de la física, el trabajo experimental ha sido ampliamente discutido por diversos autores (Hodson, 1994; Ferreirós y Ordoñez, 2002; Caamaño, 2003; Cortés y de la Gándara, 2007; Pérez y Segura, 2010; Romero, Aguilar, Medina y Tarazona, 2011; Jaime y Escudero, 2011; Antúnez, Pérez y Petrucci, 2011; Casal, 2013), quienes describen sus puntos de vista sobre lo que debería considerarse más conveniente para el ámbito formativo en ciencias, a partir de cuestiones epistemológicas propias del experimento.

De acuerdo con Hodson (1994), la reconceptualización de lo que él denomina *los trabajos prácticos de laboratorio*, consiste en ofrecer la posibilidad en la enseñanza de desarrollar habilidades experimentales cercanas a la forma como se construye el conocimiento científico, ya que ésta es su principal ventaja; además de tener la posibilidad de observar y experimentar sobre diferentes fenómenos para relacionar las teorías y modelos con la experiencia. Cabe resaltar que, para este autor, la práctica de la actividad científica es poco metódica, ya que el científico como tal se enfrenta a diferentes situaciones, en las que pone en juego su creatividad para determinar formas de actuar, a partir de procedimientos que ya han sido aceptados por una comunidad de expertos.

A pesar de que, entre los docentes y los mismos estudiantes, predomine la imagen del trabajo experimental como un espacio para la manipulación de instrumentos ajustados a una teoría, o que son simples ejercicios de aplicación de un concepto ceñidos a un procedimiento (Hodson, 1985; Gil *et al.*, 1991, 1999), cabe resaltar que, la experimentación como tal llevada al ámbito de la enseñanza ayuda a la construcción de conocimiento mediante factores como la interacción social, el desarrollo del pensamiento teórico y procedimental, la resolución de problemas y el cuestionamiento; ya que de acuerdo con Sanmartí (2002), citada en Cortés y de la Gándara (2011), *“la experimentación y la observación servirán para aprender sólo si provocan que el alumnado se haga preguntas, es decir, si conduce a representarse posibles interpretaciones de lo que se observa, para poderlas discutir”* (p. 436).

De esta manera, se podría afirmar que el trabajo experimental en la enseñanza de la física, y particularmente, en la formación de profesores de física, debe crear espacios para diseñar estrategias que permitan a los estudiantes acercarse a la construcción del conocimiento científico, teniendo en cuenta las anteriores consideraciones y, principalmente, que la construcción del conocimiento es colectiva.

## B. sistemas de adquisición de datos (SAD)

Un sistema de adquisición de datos se conforma por un dispositivo de medición que permite que los datos experimentales obtenidos con sensores de diversas magnitudes físicas sean leídos automáticamente, almacenados y analizados por un *software* computacional (Gil y Rodríguez, 2001, citados en Pontes, Gavilán, Obrero y Flores, 2006; Cardona y López, 2017). El *software* como tal, permite procesar y monitorear las variables del sistema físico en tiempo real, mientras que los sensores son

*...dispositivos con características internas directamente afectados por un fenómeno externo (parámetro), y, por lo tanto, hay una relación directa entre ellos. El fenómeno externo puede ser de temperatura, humedad, presión, etc., y la característica interna puede ser, por ejemplo, la resistencia o capacitancia. (Martins y Viana, 2011, p. 657)*

Es decir, a través de los sensores se transforma en una señal eléctrica la magnitud que se desea medir, dicha señal se envía a un circuito llamado interfaz, que lo traduce en una secuencia de valores digitales de voltaje o tensión eléctrica que son leídos, procesados y almacenados por el computador. En síntesis, todo el SAD requiere un sensor para convertir alguna cantidad física en una señal eléctrica que se suministra a continuación al ordenador para la recolección y análisis de datos (Haag, Araujo y Veit, 2005).

Desde la perspectiva de los anteriores autores, los SAD pueden ayudar a dejar a un lado las prácticas de laboratorio tipo receta para introducir actividades abiertas, que sean potencialmente más significativas para el aprendizaje de los conceptos asociados a un fenómeno físico a estudiar. Así mismo, se puede afirmar que estos dispositivos ayudan a establecer relaciones entre variables, reducir la incertidumbre en la toma de datos y contribuyen a mejorar la representación de los fenómenos físicos por parte de los estudiantes (Moreira *et al.*, 2018; Cardona, Pabón y López, 2020). En este sentido, Pontes *et al.* (2006) afirman que

*...el uso del ordenador en el laboratorio también simplifica las tareas tediosas de realización de muchas mediciones, porque el sistema de adquisición de datos puede realizar las medidas de un modo extremadamente rápido, lo que facilita el acceso a experiencias inimaginables hace algunos años, o que se realizaban de un modo tan lento que resultaría insufrible para los alumnos. (p. 264)*

Además de la recolección de datos, la representación gráfica y la búsqueda de un modelo matemático se facilita en gran medida, por lo que los estudiantes pueden disponer de más tiempo para la conceptualización (Haag, Araujo y Veit, 2005; Cardona y López, 2017; Moreira *et al.*, 2018).

En la literatura se han reportado diversas propuestas para la implementación de SAD con diferentes recursos en la enseñanza de la física, como se presenta en la tabla 1.

**TABLA I.** Recursos utilizados para la implementación de SAD en educación básica y media.

Tipo de recurso	Autores
Microcomputadores	Grala y de Oliveira, 2005; Chen, Chang, Lai y Tsai, 2014
Calculadoras adaptadas a sensores	Sias y Teixeira, 2006; Quezada y Zavala, 2014
Dispositivos portátiles	Patten, Sánchez y Tangney, 2006
Instrumentos científicos computarizados (Probeware)	Zucker, Tinker, Staudt, Mansfield y Metcalf, 2008
Sensores	da Silva, 2006; da Silva y Gobara, 2009; Garg, Sharma y Dhingra, 2010; da Rocha y Guadagnini, 2010; Rosenberg y Cuff, 2011; da Rocha y Marranghello, 2013; Cavalcante, Rodrigues y Bueno, 2014; Huang, 2015; Kubínová y Šlégr, 2015; Luiz, Souza y Domingues, 2016; González, Dunia y Pérez, 2017; Celin, Solano y Molina, 2017; Silveira y Girardi, 2017; Calderón, Muñoz y Rivera, 2018; Meneses <i>et al.</i> , 2019; Cruz, Gutierrez y Martín, 2019; Dibarbora, Andreotti y Gruszko, 2019; Trinidad, Furci y Peretti, 2019; Moya, 2020; Cardona, Pabón y López, 2020.
Laboratorios asistidos por ordenador	Torres, 2010; Rosa, Silva, Benyosef y Papa, 2016

Particularmente, la interacción con estos dispositivos permite que los estudiantes puedan aprender de forma significativa, porque les permite desarrollar procesos que implican tareas cognitivas más complejas y enriquecedoras, tales como

*...generar predicciones a la luz de marcos teóricos de referencia, formular hipótesis, seleccionar métodos de control de las hipótesis formuladas, diseñar secuencias experimentales, recolectar, procesar, analizar e interpretar datos, elaborar síntesis y conclusiones, derivar nuevas preguntas o acciones para seguir profundizando e investigando.* (Andrés, Pesa y Meneses, 2008, p. 344)

Además, la mediación de la tecnología educativa en la educación científica ha sido identificada como una manera de desarrollar habilidades importantes para la formación de ciudadanos independientes y críticos (Ferracioli *et al.*, 2012).

### C. Recursos educativos digitales para la integración de sistemas de adquisición de datos a la enseñanza de la física

En las dos últimas décadas se ha evidenciado un acelerado desarrollo de las herramientas tecnológicas que han sido implementadas para mejorar la calidad de vida del ser humano en todos sus ámbitos; incluso en la educación ha sido posible percibir este cambio, ya que la mayoría de las instituciones cuentan con algunos equipos que buscan mejorar la calidad de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, a través de la familiarización de los docentes y estudiantes con estos recursos didácticos; lo que ha constituido una verdadera revolución educativa en general, y en la enseñanza de las ciencias en particular.

La incorporación de sistemas de adquisición de datos (SAD) en la enseñanza de la física se plantea como una estrategia que busca favorecer el proceso de conceptualización en la actividad experimental, entendiéndola como un espacio para diseñar estrategias que permitan a los estudiantes acercarse a la construcción del conocimiento científico, teniendo en cuenta que se fomente el diálogo teoría-práctica y, principalmente, que la construcción del conocimiento es colectiva; es decir, como una alternativa a las prácticas de laboratorio tradicionales. En este proceso, la formación en cuanto al uso de los SAD, el acceso a diferentes dispositivos y la apropiación crítica de estas herramientas se constituyen en elementos que, desde lo teórico y metodológico, se deben fortalecer incluso a partir de los programas de formación inicial de los profesores.

De acuerdo con lo anterior, los recursos educativos digitales emergen como una posibilidad con gran potencial para acompañar la implementación de SAD en la actividad experimental, y en diferentes contextos educativos; dado que estos recursos suponen una fuente de información por medio de internet, a través de la que se puede acceder fácilmente a cualquier temática; como por ejemplo, propuestas de actividades experimentales para diferentes conceptos físicos, así como el acompañamiento en cuanto al diseño, programación y montaje de diferentes dispositivos como microprocesadores y sensores Arduino, o aplicaciones móviles para celulares.

De acuerdo con Zapata (2012), "*los recursos educativos digitales son materiales compuestos por medios digitales y producidos con el fin de facilitar el desarrollo de las actividades de aprendizaje*"; se caracterizan principalmente por el uso de imágenes, audio y video, y requieren de un dispositivo para acceder a estos. El uso de los recursos educativos puede estar dirigido a la formación de conceptos, entre los cuales predominan los tutoriales, páginas web y los videos y animaciones, que permiten explorar información para ampliar los conocimientos sobre un tema de interés. Así mismo, pueden aportar a la comprensión, asociación y consolidación de aprendizajes, donde se utilizan las simulaciones, laboratorios virtuales, aplicaciones (*apps*), juegos educativos y otros programas que permiten desarrollar procesos y habilidades, así como establecer relaciones y construir conocimiento (Zapata, 2012).

Por otra parte, el uso de estos recursos favorece el desarrollo de competencias digitales como

*...la producción de documentos digitales, la comunicación efectiva a través de las redes sociales, la colaboración con proyectos con el soporte de redes, la comprensión de la información de documentos digitales, la participación en la vida pública a través de internet y la búsqueda y selección de información de manera eficaz.* (Valverde-Crespo y González-Sánchez, 2015, p. 68)

consolidándose como elementos con gran versatilidad para incorporar en diversas estrategias didácticas en la enseñanza de la física (Suárez, 2016).

No obstante, autores como Ruíz (2011) y Grimalt-Álvaro, Pintó y Ametller (2013) citados en Valverde-Crespo y González-Sánchez (2015), manifiestan que el desarrollo de estas competencias en áreas como la física, ha sido poco específico; pues gran parte de los trabajos que se reportan en la literatura corresponden a listas de recursos digitales, o a su uso con fines expositivos y de búsqueda de información orientada por los profesores. Así mismo, se ha identificado que es cada vez mayor el número de profesores que ve necesaria la integración de recursos digitales en su práctica, pero tienen grandes dificultades acerca de su uso (Gómez, Cañas, Gutiérrez y Martín, 2014; Ardua y Zamora, 2014; Peñaranda, Aragón y Micolta, 2014; Hernández, 2013 y Pérez, 2011; Girwidz *et al.*, 2019). Por lo anterior, se

hace un llamado a la generación de propuestas que fortalezcan la formación en la implementación de recursos educativos digitales, con el propósito de proporcionar a los profesores y estudiantes, espacios para el desarrollo de competencias digitales, el aprovechamiento de las tecnologías en la educación y la apropiación crítica de dichos recursos.

### III. FUNDAMENTO METODOLÓGICO

El presente trabajo busca aportar algunos fundamentos teóricos y metodológicos que permitan orientar el diseño de recursos educativos digitales, como una herramienta de apoyo a profesores de física en formación y en ejercicio, para fortalecer el trabajo experimental apoyado en el uso de sistemas de adquisición de datos y de hacerlos partícipes en una apuesta por la apropiación crítica del uso de tecnologías. Para ello, se presenta el diseño y construcción de una propuesta para estructurar el trabajo experimental en la enseñanza de la física, en la cual se retomaron las ideas principales del *modelo de aprendizaje en los trabajos de laboratorio de física (MATLaF)*, diseñado por Andrés y Pesa (2004). Este modelo fue elaborado en el marco de la *teoría de los campos conceptuales* de Vergnaud (1990), con el propósito de reconocer el proceso cognitivo que ocurre durante un trabajo de laboratorio a partir de una situación novedosa. La estructura de la propuesta está dividida en tres fases:

1) *Diagnóstico*: esta fase tiene como propósito identificar las concepciones previas de los estudiantes, ya que de acuerdo con Moreira (2009), la adquisición de conocimiento está determinada por las situaciones conocidas a las que se ha enfrentado el sujeto con aquellos elementos presentes en su estructura cognitiva, los cuales han sido construidos a partir de la experiencia. Dichos elementos probablemente no corresponden con modelos y conceptos científicos, pero son determinantes en el progresivo dominio de un campo conceptual; por lo que se hace necesario identificarlos para modificar o enriquecer los esquemas de los estudiantes y prepararlos para enfrentarse a situaciones novedosas cada vez más complejas.

2) *Trabajo experimental*: en esta fase se parte del planteamiento de situaciones, que de acuerdo con la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud, se consideran como una combinación de tareas para las cuales es necesario tener el dominio de un conjunto de conceptos que van permitir enfrentarse a ella para darle solución (Moreira, 2009). En este sentido, se pretende dar la oportunidad a los estudiantes, de enfrentarse a situaciones probablemente no conocidas, de tal manera que pongan en juego sus conocimientos mediante tareas propias del trabajo experimental, para adquirir un mayor dominio de ellos y favorecer su proceso de conceptualización.

3) *Proyecto*: esta última fase tiene como propósito dar cuenta de los conocimientos adquiridos durante el trabajo experimental; donde se hace necesario establecer estrategias que ayuden a exteriorizar aquello que los estudiantes han construido durante su proceso, y que ha permitido enriquecer su estructura cognitiva. Para ello, se propone la elaboración de un proyecto que involucre el diseño de nuevas situaciones en las que tengan la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos tanto a nivel conceptual como tecnológico.

Este modelo implica tener en cuenta estas fases, a partir de una estructura que contemple: para el diagnóstico, la indagación de concepciones previas por medio de preguntas y un experimento práctico que permita identificar ideas, conceptos y teorías que ya conocen los estudiantes; en el trabajo experimental, algunas actividades exploratorias interactivas para acceder al resumen teórico, la descripción de conceptos o modelos matemáticos abordados, las especificaciones sobre el montaje y manejo de los SAD y cierto acompañamiento del docente; y, para la fase final, se sugiere la construcción por los estudiantes de un prototipo o el diseño de una nueva situación (figura 1).

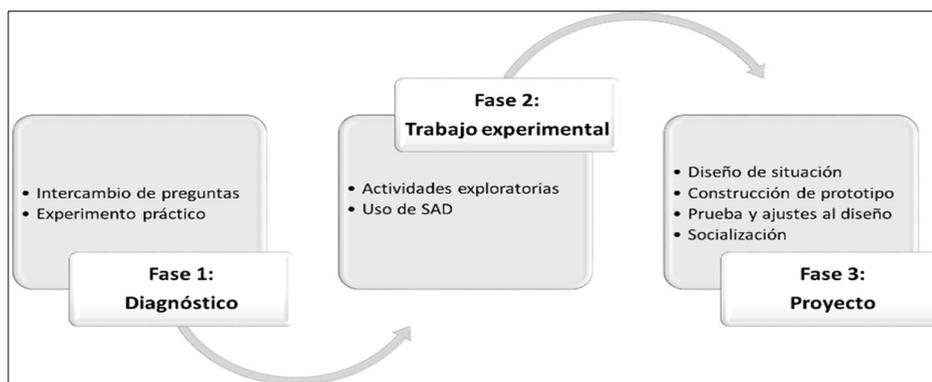


FIGURA 1. Estructura general de la propuesta para el desarrollo de la actividad experimental con SAD.

#### IV. CONCLUSIONES

El trabajo práctico de laboratorio requiere una estructura que se adapte a los nuevos medios que existen para el desarrollo de este componente en el aprendizaje, principalmente al uso de tecnologías que favorezcan la conceptualización, la aplicación a nuevos contextos y el desarrollo de competencias científicas y digitales permeadas por el desarrollo de un pensamiento crítico. Dicha estructura debe trascender el uso tradicional del trabajo experimental como medio para comprobar teorías y llegar a resultados preestablecidos, que no aportan de manera significativa al aprendizaje. En este propósito, se hace necesario acercar a estudiantes y profesores no solo a herramientas de apoyo a este proceso, sino también a fundamentación teórica y metodológica que aporte sentido al uso de tecnologías para la enseñanza y el aprendizaje en ciencias.

En esa nueva estructura del trabajo práctico de laboratorio se hace indispensable partir de los conocimientos previos de los estudiantes y propiciar los medios a partir de los cuales se consoliden los aprendizajes y puedan ser aplicados en situaciones cada vez más complejas, otorgando sentido al aprendizaje más allá del aula de clase y laboratorio. Un paso en el logro de este propósito es la construcción de recursos educativos digitales acompañados de espacios de formación transversales, abiertos y flexibles en los cuales se favorezca la reflexión sobre las posibilidades y limitaciones de estos recursos en el campo de la enseñanza de la física. Asimismo, se busca hacer un importante esfuerzo por democratizar el conocimiento, en el sentido de aportar al diseño de prácticas de laboratorio orientadas con sistemas de adquisición de datos, que sean de fácil adquisición e implementación, incluso en contextos como las instituciones en educación básica y media; donde en general, se carece de equipos y materiales de laboratorio para abordar el trabajo experimental como un componente fundamental en la formación de los estudiantes.

#### AGRADECIMIENTOS

Este proyecto es financiado por Vicerrectoría de docencia de la Universidad de Antioquia en el Programa de Investigación Con TIC Investigo - Convocatoria 2019/2 (proyecto: 2020-31813).

#### REFERENCIAS

- Andrés, M. y Pesa, M. (2004). Conceptos-en-acción y teoremas-en-acción en un trabajo de laboratorio de física. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 4(1).
- Andrés, M., Pesa, M. y Meneses, J. (2008). Efectividad de un laboratorio guiado por el modelo de aprendizaje matlaf para el desarrollo conceptual asociado a tareas experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(3), 343-358.
- Antúnez, G., Pérez, S. y Petrucci, D. (2011). Concepciones de los docentes universitarios sobre los trabajos prácticos de laboratorio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 8(1).
- Ardura, D. y Zamora, A. (2014). ¿Son útiles los entornos virtuales de aprendizaje en la enseñanza de las ciencias secundaria? Evaluación de una experiencia en la enseñanza y el aprendizaje de la Relatividad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(1), 83 – 93. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/15714>
- Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias. En *Enseñar ciencias*, 95-118. Graó.
- Calderón, G., Muñoz, J. y Rivera, J. (2018). Dispositivo para medir tiempo y temperatura usando un microcontrolador. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40(2), e2402 1-9. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2017-0228>
- Capuano, V. (2011). El Uso de las TIC en la Enseñanza de las Ciencias Naturales. *Virtualidad Educación y Ciencia*, (2), 79-88.
- Cardona, M. E., y López, S. (2017). A literature review about data acquisition system in physics education in middle and high school levels, and in teacher training. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(4), e4404. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0308>
- Cardona, M., Pabón, D. y López, S. (En prensa). Concepciones sobre los sistemas de adquisición de datos en el trabajo de laboratorio en física. *Revista científica*.

- Casal, J. (2013). Secuencias de apertura experimental y escritura de artículos en el laboratorio: un itinerario de mejora de los trabajos prácticos en el laboratorio. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 31(3), 249-262.
- Cavalcante, M., Rodrigues, T. y Bueno, D. (2014). Controle Remoto: observando códigos com o Arduino (parte 2 de 2). *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 31(3), 614-641.
- Celin, W., Solano, C. y Molina, J. (2017). Plano inclinado con dos sensores para la enseñanza del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. *Revista Espacios*, 38(20), 1-10. <http://hdl.handle.net/11323/1929>
- Chen, S., Chang, W., Lai, C. y Tsai, C. (2014). A Comparison of Students' Approaches to Inquiry, Conceptual Learning, and Attitudes in Simulation-Based and Microcomputer-Based Laboratories. *Science Education*, 98(5), 905-935
- Cortés, A. & de la Gándara, M. (2007). La construcción de problemas en el laboratorio durante la formación del profesorado: una experiencia didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 435-450.
- Cruz, J., Gutiérrez, E. y Martín, J. (2019). Sensor ultrasónico de distancia para armar y aprender Física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31, 63-70.
- da Rocha, F. y Guadagnini, P. (2010). Sensor sonar de movimiento para ensino de Física experimental. *Latin-American Journal of Physics Education*, 4(2), 7.
- da Rocha, F. y Marranghello, G. (2013). Propriedades de um acelerômetro eletrônico e possibilidades de uso no ensino de mecânica. *Latin-American Journal of Physics Education*. 7(1), 37.
- da Silva, E. y Gobara, S. (2009). Soundgate: um dispositivo sonoro para medir períodos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 26(2).
- da Silva, L. (2006). Uma experiência didática com aquisição automática de dados no laboratório de física do ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, 1(3), 18.
- Dibarbora, C., Andreotti, J. y Gruszko, I. (2019). Computación en el profesorado de Física usando Scilab y Arduino™. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31, 269-276.
- Ferracioli, L; Gomes, T; Gava, G.; Marques, R; Hombro, M; Rodrigues, R; Morelato, M.; Fehsenfeld, K y Henrique, C. (2012). Ambientes de modelado computacional en el aprendizaje exploratorio de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 29(2), 679-707.
- Ferreirós, J., y Ordóñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación (Towards a Philosophy of Experiment). *Crítica: Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 47-86.
- Garg, A., Sharma, R. y Dhingra, V. (2010). Computer assisted magnetism studies. *Latin American Journal of Physics Education*, 4(3), 523-528.
- Gil, D., Carrascosa, J., Dumas, A., Furió, C., Gallego, R., Duch, A. y Salinas, J. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 503-512.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. y Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Institut de Fiències de l'Educació.
- Girwidz, R., Thoms, L., Pol, H., López, V., Michelini, M., Stefanel, A., ... y Hömöstreij, M. (2019). Physics teaching and learning with multimedia applications: a review of teacher-oriented literature in 34 local language journals from 2006 to 2015. *International Journal of Science Education*, 41(9), 1181-1206.
- Gómez, M. A., Cañas, A. M., Gutiérrez, M. S. y Martín, M. J. (2014). Ordenadores en el aula: ¿estamos preparados los profesores? *Enseñanza de las Ciencias*, 32(2), 239-250.

- González, Y., Dunia, E. y Pérez, J. (2017). Prototipo didáctico para el aprendizaje de la mecánica en los laboratorios de física universitaria mediante un sistema de adquisición y procesamiento de datos. *Educación en Ingeniería*, 12(24), 9-14.
- Grala, R. y de Oliveira, E. (2005). Medida da Velocidade do Som no Ar com o Uso do Microcomputador. *Física na Escola*, 6(2), p. 26-28
- Haag, R., Araujo, I. S., y Veit, E. A. (2005). Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física? *Física na escola*, 6(1), 69-74.
- Hernández J. A. (2013). El aula virtual de química: Utilización de recursos digitales en las clases de química de bachillerato. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 74,92-99.
- Hodson, D. (1985). *Philosophy of science, science and science education*.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Huang, B. (2015). Open-source Hardware – Microcontrollers and Physics Education - Integrating DUY Sensors and Data Acquisition with Arduino. *122<sup>nd</sup> ASEE Annual Conference & Exposition*, 14 al 17 de junio, Seattle, WA, 26.1205.1-26.1205.13. DOI: 10.18260/p.24542
- Jaime, E. A., y Escudero, C. (2011). El trabajo experimental como posible generador de conocimiento en enseñanza de la física. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 29(3), 371-380.
- Kubínová, Š. y Šlégr, J. (Julio de 2015). Physics demonstrations with Arduino board. *Physics Education*, 50(4), 472-474.
- Luiz, F., Souza, L. & y Domingues, P. (2016). Um sistema automático de baixo custo para medidas de intervalos de tempo. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 38(2).
- Martins, J. y Vianna, A. (2011). Teaching general concepts about sensors and transfer functions with a voltage divider. *Latinoamerican Journal of Physics Education*. 5(4), 656 - 666
- Meneses, M., Razo, C., Ortega, R., López, P. y Dolores, D. (2019). Instrumento didáctico de mediciones indirectas de tiempo (didatic instrument of indirect time measurements). *Pistas Educativas*, 41(134), 803-816.
- Moreira, M. (2009). La Teoría de los Campos Conceptuales y la enseñanza/aprendizaje de las ciencias. En: *Estudios y Monografías*. España: Universidad de Burgos.
- Moreira, M., Romeu, M., Alves, F. y da Silva, F. (2018). Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 35(3), 721-745.
- Moya, A. (2020). Un experimento basado en Arduino para estudiar el movimiento de caída libre en el aula. *Revista Española de Física*, 34(1), 33-35.
- Patten, B., Sánchez, I. y Tangney, B. (2006). Designing collaborative, constructionist and contextual applications for handheld devices. *Computers & education*, 46(3), 294-308.
- Peñaranda, J.; Aragón, A y Micolta, G. (2014). Description and Preliminary Evaluation of a Program for Improving Chemistry Learning in High Scholl Students. *Journal of Chemical Education*, 91, 1439 – 1445.
- Pérez, A. (2011). Trabajando las Ciencias de la Naturaleza (Física y Química) con webquest. En Marín, V. (coord.) *Cómo trabajar la competencia digital en Educación Secundaria*, (pp. 95-112). Sevilla: MAD.
- Pérez, J. y Segura, A. (2010). Discusión acerca de la utilidad e importancia de los laboratorios de física en la enseñanza actual. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 5(1), 43-47.
- Pontes, A. (2005). Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Segunda parte: aspectos metodológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 330-343

Pontes, A., Gavilán, J., Obrero, M., y Flores, A. (2006). Diseño y aplicación educativa de un programa de simulación para el aprendizaje de técnicas experimentales con sistemas de adquisición de datos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 251-267.

Quezada, M. y Zavala, G. (2014). El uso de calculadoras con sensores en el aprendizaje de circuitos eléctricos. *Latin-American Journal of Physics Education*, 8(4), 29.

Romero, A., Mosquera, A., Medina, J., y Tarazona, M. (2011). La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico: un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos.

Rosa, P., Silva, F., Benyosef, L. y Papa, A. (2016). Desenvolvimento de instrumentos virtuais para obtenção e caracterização de propriedades físicas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 38(1).

Rosenberg, J. y Cuff, K. (2012). Low-cost sensing to teach energy for everyone. *Latin-American Journal of Physics Education*. 1(39), 6.

Sias, D., y Teixeira, R. (2006). Resfriamento de um corpo: a aquisição automática de dados propiciando discussões conceituais no laboratório didático de Física no ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(3), 361-382.

Silveira, S. y Girardi, M. (2017). Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(4), e4502 1-7. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0287>

Suárez, O. (2016). Recursos educativos abiertos, artefactos culturales, concepciones de los profesores de física para ingeniería: análisis de dos estudios de caso. *Góndola, Enseñ Aprend Cienc*, 11(2), 156-174.

Torres, Á. (2010). Empleo del laboratorio asistido por ordenador en la enseñanza de la física y química de secundaria y bachillerato. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 7(3).

Trinidad, O., Furci, V. y Peretti, L. (2019). Formación docente en contexto STEM: actividades experimentales abiertas mediadas por tecnología Arduino en la enseñanza de la física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31, 707-714.

Valverde-Crespo, D., y González-Sánchez, J. (2015). Búsqueda y selección de información en recursos digitales: percepciones de alumnos de física y química de educación secundaria obligatoria y bachillerato sobre Wikipedia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 67-83.

Vergnaud, G. (1990). La teoría de los campos conceptuales. *Recherches en didactique des mathématiques*, 10(2), 3.

Zapata, M. (2012). Recursos educativos digitales: conceptos básicos. Recuperado el 25 de junio de 2020 <https://bit.ly/2BC4g5i>

Zucker, A., Tinker, R., Staudt, C., Mansfield, A. y Metcalf, S. (2008). Learning science in grades 3–8 using probeware and computers: findings from the TEEMSS II project. *Journal of Science Education and Technology*, 17(1), 42-48.