

Física y aplicaciones móviles en la escuela: un estado del arte enfocado en la enseñanza de movimientos oscilatorios



V. J. López R¹, V. Arias G.²

¹ Profesor, Institución Educativa Cristóbal Colón. Estudiante Maestría en Educación en Ciencias Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

E-mail: victorj.lopez@udea.edu.co

² Profesora, Facultad de educación, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

E-mail: vanessa.arias@udea.edu.co

(Recibido el 20 de diciembre de 2018, aceptado el 7 de febrero de 2019)

Resumen

Entre las dificultades más vivenciadas por los docentes en la educación básica y media a la hora de explicar fenómenos físicos, está la poca disponibilidad de material didáctico para realizar una práctica experimental o demostración. Teniendo en cuenta esta situación y la actual disponibilidad de herramientas *m-learning* es indispensable valorar el aporte que puedan tener las aplicaciones móviles para estudiar en el aula de clase diferentes fenómenos físicos y particularmente los movimientos oscilatorios, como intento por conectar las TIC a los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias con una fundamentación teórica que la sustente. Este artículo, presenta una revisión de literatura que pretende ser exhaustiva, y que tuvo como delimitación geográfica el contexto Iberoamericano; así como una delimitación temporal entre 2008 y 2018. Esta revisión arrojó un significativo número de investigaciones hechas al respecto, entre las que resalta el uso instrumental de las tecnologías y se evidencia escasa fundamentación didáctica en su implementación.

Palabras clave: Aplicaciones móviles, movimientos oscilatorios, física, *m-learning*, estado del arte.

Abstract

Among the difficulties most experienced by teachers in basic and secondary education when explaining physical phenomena, have limited availability of didactic material to perform an experimental or demonstration practice. Have in account this situation and the current availability of *m-learning* tools, it is essential to assess the contribution that mobile applications may have to study different physical phenomena in the classroom and particularly the oscillatory movement, such as trying to connect ICT to processes of teaching and learning of the sciences with a theoretical foundation to support it. This article, presents a review of literature that aims to be exhaustive, and that had as its geographical delimitation the Ibero-American context; as well as a temporal delimitation between 2008 and 2018. This review showed a significant number of researches done in this regard, among which find the instrumental use of technologies and there is little evidence of its didactic foundation in its implementation.

Keywords: Mobile applications, oscillatory movements, physics, *m-learning*, state of the art.

PACS: 01.40.gb 01.40.-d, 01.50.H-

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

En la enseñanza de los movimientos oscilatorios y especialmente en lo relacionado con el movimiento pendular y sistema masa resorte, surgen ciertas dificultades y preocupaciones desde la didáctica de la física, pues se hace imprescindible partir de los saberes previos, articular la teoría con la práctica para dotar de significado el aprendizaje del estudiante, mediar entre la comprensión del fenómeno y su expresión matemática, entre muchos otros asuntos. En la enseñanza de este contenido en particular, es recurrente encontrar que los estudiantes confunden magnitudes como tiempo y periodo, longitud y amplitud,

entre otras; y, sobre todo, es recurrente encontrar que el estudiante intenta resolver problemas asociados a estos movimientos con reemplazos en ecuaciones, sin antes hacer una comprensión de los mismos. Estas dificultades han sido evidenciadas por investigadores en otros contextos, tal es el caso de Elizondo [1] que menciona seis dificultades que algunos estudiantes tienen para comprender enunciados de situaciones problema en el área de física, entre las que figuran dificultad para interpretar los datos del problema; para comprender los significados del problema; para contextualizar los conceptos de física; para transcribir al lenguaje matemático; en sus habilidades matemáticas y,

para transcribir al lenguaje de la física la solución del problema.

Frente a estas dificultades son muchos los eventos que se pueden asociar; por ejemplo, la manera como el tema es presentado en los libros de texto, la carencia de instrumentos de laboratorio, la escasa dedicación horaria al aprendizaje de la Física, entre muchos otros. No obstante, entre estos eventos, la carencia de instrumentos de laboratorio podría ya no ser una excusa, pues para nadie es un secreto que las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y el acceso a dispositivos inteligentes ha permeado todos los ámbitos de la sociedad y especialmente el ámbito educativo, y que estas podrían favorecer los aprendizajes en el aula de clase. De acuerdo con Gil y Di Laccio [2], una de las problemáticas en cuanto a recursos didácticos y de laboratorio es el reducido presupuesto con que cuentan algunas instituciones, por lo que el uso del *Smartphone* se convierte en una herramienta de apoyo didáctico, más aún cuando muchos estudiantes cuentan con esta, y que de ser bien usada se puede convertir en un laboratorio portátil.

Ante las dificultades curriculares y de infraestructura mencionadas anteriormente, se hace necesario valorar el aporte que puedan tener algunas aplicaciones móviles para trabajar en el aula los movimientos oscilatorios, en un intento por vincular la tecnología a los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias con una fundamentación teórica que la sustente, pues se parte de la idea que “La existencia actual de un amplio abanico de recursos informáticos para la enseñanza de las ciencias o los avances tecnológicos que se puedan ir desarrollando sobre este tema en el futuro, no garantizan que el uso educativo de las TIC llegue a producir una mejora significativa de la calidad de la educación científica, si no se tiene en cuenta la importancia de los aspectos metodológicos y el papel que desempeñan profesores y alumnos en los procesos de enseñanza y aprendizaje” [3].

Como primer paso para revisar y analizar desde una mirada pedagógica el aporte de dichas aplicaciones, se hace necesaria la construcción de un estado del arte, de lo que hasta la última década se ha avanzado en cuanto al uso de aplicaciones móviles para explicación de fenómenos físicos, en especial de movimientos oscilatorios. En este artículo se presenta el estado del arte a nivel de Iberoamérica partiendo de una revisión detallada de revistas indexadas que abordan temas como TIC y Educación. En este sentido, se parte del reconocimiento del gran valor del estado del arte como diagnóstico del problema y como pronóstico de las oportunidades investigativas en el campo, idea que es presentada por Hoyos [4] al decir que la finalidad esencial de un estado del arte es dar cuenta de construcciones de sentido sobre bases de datos que apoyan un diagnóstico y un pronóstico en relación con el material documental sometido a análisis.

En este contexto, el objetivo de este ejercicio investigativo es el de consolidar un estado del arte sobre los procesos de implementación de aplicaciones móviles para la enseñanza de movimientos oscilatorios en estudiantes de educación media en el contexto Iberoamericano.

II. METODOLOGÍA

Para la revisión de literatura con miras a establecer un diagnóstico del estado de la investigación sobre el tema, se inició por hacer una selección de revistas indexadas en el contexto iberoamericano, se recurrió al operador de búsqueda *SCImago Journal & Country Rank*, a través del cual se seleccionó una muestra de revistas bajo algunos criterios previamente definidos, entre ellos, que fueran revistas de educación, educación en ciencias y educación con tecnologías, y que estuvieran ubicadas en los cuartiles uno y dos según Scopus.

En el ámbito nacional, se utilizaron los mismos criterios de selección, esta vez para aquellas revistas que pertenecieran al Índice Bibliográfico Nacional de Publindex en las categorías B y C para la vigencia 2014. Bajo estos criterios, en el contexto iberoamericano se seleccionaron 19 revistas, de las cuales ocho son latinoamericanas (la mayoría de ellas brasileñas) y 11 son españolas. En el espacio nacional se escogieron nueve revistas. Cabe resaltar que a la lista latinoamericana se le añadieron seis revistas que no estaban en el listado inicial filtrado en *SCIMAGO* y que se consideran importantes en el campo de investigación en el que se inscribe el trabajo; además, son citadas por autores como Rezende, Osterman, y Ferraz [5], quienes hacen un estado del arte de la producción académica en la enseñanza de la física; de igual manera, en el contexto nacional, se incluyó la Revista Latinoamericana de Enseñanza de Física.

Las anteriores consideraciones se hacen pertinentes dado el impacto y reconocimiento de estas revistas en el campo de la Educación en Física pese a no estar en índices bibliográficos.

Para la selección de artículos se establecieron los siguientes parámetros de delimitación: artículos cuyo contenido en título, resumen, y palabras clave, incluyeran los términos de física o fenómenos oscilatorios, *M-learning* o educación con TIC y enseñanza media. La revisión se hizo en un periodo de 11 años (2008-2018) y para esta se procedió con la revisión directa en los índices de cada una de las revistas.

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la tabla I se muestra el detalle de la revisión latinoamericana y española con la cantidad de artículos encontrados bajo los criterios antes mencionados. Del mismo modo en la tabla II se muestra la cantidad de artículos por revista en el contexto colombiano.

De esta fase inicial se puede observar que la mayor cantidad de artículos sobre la temática se encontraron en revistas directamente relacionadas con la enseñanza de la física.

TABLA I. Número de artículos entre los años 2008 al 2018 por revista seleccionada, según los criterios establecidos, para el contexto iberoamericano.

Contexto	Título	Total, de artículos en cada revista
Latinoamericanas	Ensaio	0
	Educação e Sociedade	6
	Revista Brasileira de Educação	1
	Cadernos de Pesquisa	0
	Revista Brasileira de Ensino de Física	20
	Revista Electrónica de Investigación Educativa	2
	Paideia	0
	Estudios Pedagógicos	0
	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	12
	Rev. Bras. de Pesq. em Educação em Ciências	2
	A Física na Escola	4
	Investigaciones em Ensino de Ciências	4
	Ciencia e Educação	2
Total, Artículos por año en cada revista latinoamericana		53
Españolas	Comunicar	2
	Revista de Investigación Educativa	0
	Educación XXI	0
	Revista de Educación	1
	Revista Complutense de Educación	2
	Enseñanza de las Ciencias	4
	Digital Education Review	0
	Estudios Sobre Educación	0
	Revista Eureka	9
	Revista Española de Pedagogía	1
	Aula Abierta	0
Total, Artículos por año en cada revista española		19

En esta primera selección se escogieron 53 artículos latinoamericanos. En España fueron seleccionados 19 artículos al igual que en el ámbito nacional. Posteriormente se hizo una segunda revisión basada en la lectura completa de los artículos con miras a identificar el cumplimiento de los criterios de selección, dentro de su contenido. De esta revisión, se conservaron 38 artículos, de los 91 que anteriormente habían sido identificados, debido a que en su contenido la mayoría eran trabajos en el contexto universitario, y otros eran artículos que mencionaban el trabajo con TIC pero en una disciplina diferente a la física.

TABLA II. Número de artículos seleccionados por revista entre los años 2008 y 2018, según los criterios establecidos, para el contexto colombiano.

Título	Total, de artículos en cada revista
Magis	1
Journal of Science Education	2
Revista Latinoamericana de Estudios Educativos	0
Revista Colombiana de Educación	0
Revista Historia de la Educación Latinoamericana	0
Revista Científica	1
Revista Educación y Educadores	0
Pedagogía y Saberes	0
Educación y Ciudad	0
Revista Latinoamericana de Enseñanza de Física	15
Total, Artículos por año en cada revista colombiana	19

Este proceso de revisión de literatura dejó ver dos tendencias principales en la estructuración y fundamentación de los artículos; en la primera de estas, se agrupan aquellos artículos en los que la implementación de las TIC tuvo un marcado índole instrumental sobre alguna herramienta tecnológica, esto es, aquellos que además de no tener una orientación hacia alguna teoría o planteamiento pedagógico, “carecen de estrategias que favorezcan la comprensión de la Naturaleza de la ciencia y de la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes y a través de la interacción con dichos recursos” [6]. En este grupo se incluyen 26 artículos, 11 de ellos enfocados a movimientos oscilatorios y 15 que corresponden a otros fenómenos físicos.

La segunda tendencia agrupa aquellos artículos en los que se identifica un fundamento teórico que supera el sentido instrumental antes mencionado, ya que en estos se puede evidenciar algún objetivo de tipo cognitivo o de aprendizaje. Aquí se incluyen cinco artículos latinoamericanos y dos artículos españoles; del contexto nacional se analizaron cinco artículos, para un total de 12 artículos. Cabe destacar que en esta tendencia ningún artículo menciona específicamente el estudio de movimientos oscilatorios.

En la TABLA III se hace un desglose de los artículos en relación con el tipo de herramientas TIC utilizados en su estudio, se evidencia una escasa contribución en el uso de Aplicaciones de celular para el estudio de movimientos oscilatorios.

Podría decirse que el grueso de los estudios (26 de 38) hace referencia al uso instrumental de los recursos TIC; por ejemplo, Calderón, Gil, Di Lacio, Núñez, Silva, entre otros, enfatizan en el uso de vídeos y análisis de estos con software como *Physiscs Toolkit* [7] y simuladores de computador y *tablet* para realizar laboratorios de bajo costo [8, 9, 10], en dichos escritos se muestra los procesos de cómo implementarlo y el desarrollo con sus resultados

acerca del experimento, pero no se evidencia un instrumento de tipo didáctico.

TABLA III. Tipos de herramientas TIC implementadas en los artículos revisados.

Tipo de herramienta TIC utilizada			
Artículos de índole instrumental		Artículos de TIC en física con evidencia de alguna estrategia pedagógica	
Aplicaciones de celular	Otro tipo de herramienta	Aplicaciones de celular	Otro tipo de herramienta
5	21	1	11

Bouciguez y Santos [11] hacen una revisión sobre varios aspectos cualitativos de diferentes *applets* o simulaciones que existen en la red, para la práctica docente en el área de la física, específicamente en fenómenos ondulatorios, donde analizan las posibilidades de aplicar estas en la enseñanza.

Otros autores se enfocan en el uso de sensores para prácticas de laboratorio y/o uso demostrativo, en los casos analizados se usaron estos dispositivos para explicar movimientos oscilatorios; por ejemplo, Lucatto et. al. [12] utilizan un sensor en una máquina de Atwood para explicar el movimiento armónico de este dispositivo. Moura da Silva et.al. [13] hacen algo similar con el péndulo de Wiberforce, en el cual estudian sus oscilaciones mediante un sensor. Da Rocha, Maranghello, y Lucchese [14] utilizan una placa electrónica con acelerómetro, conectada a un osciloscopio, para explicar la caída libre de los cuerpos y el movimiento armónico amortiguado de un péndulo. Otros ejemplos similares son los que hacen Correa, De Caraballo, y Da Silva [15], y Amrani y Paradis [16] quienes utilizan sensores acoplados a algún sistema de adquisición de datos para analizarlos por computador, con el fin de explicar movimientos oscilatorios tal como el sistema masa-resorte o el péndulo. Por otro lado, existen autores que explican cómo funciona determinada aplicación o simulación en un fenómeno físico, Tsegaye, Baylie, y Dejne [17] desarrollan una simulación de computador para realizar operaciones vectoriales; Viera y Aguilar [18] y, De Jesús y Sasaki [19], explican cómo usar el acelerómetro de un celular para experiencias como la caída libre y el sistema de dos masas, y para explicar el impulso de un cuerpo respectivamente. Vicario et. al. [20] también hacen lo propio para explicar el uso de una aplicación celular en el estudio del efecto Doppler. Riposati, Santos y Stuart [21] hacen un estudio sobre cómo se puede utilizar la herramienta PHETT de la universidad de colorado en diversas temáticas de la física, pero no específica la forma didáctica en que se podría implementar solo que es una buena herramienta para la enseñanza de la física.

Respecto al asunto específico de trabajo sobre movimientos oscilatorios con el uso del celular existen trabajos como el de Martínez [22], Monteiro, Cabeza, y Marti [23] quienes emplean el acelerómetro y una aplicación para explicar el movimiento pendular; sin embargo, no se evidencia en su trabajo algún acercamiento

de tipo pedagógico, ya que en sus objetivos y resultados no se logra identificar alguna teoría o tendencia de tipo cognitivo.

Dentro de los hallazgos de esta revisión se encontró un número significativo de artículos que hacen referencia a la implementación de TIC para la enseñanza de la Física, pero desde el ámbito de la educación superior [24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32] los instrumentos que ellos mencionan bien se podrían adaptar desde su fundamento teórico para ser aplicados en la educación media, con un desarrollo matemático más sencillo, y retomando elementos didácticos o pedagógicos en los que se pueda fundamentar la implementación de los instrumentos en el proceso de enseñanza.

En otra perspectiva más enfocada en los procesos pedagógicos, autores como Da Silva y Barrera [33], resaltan la importancia del uso de las TIC en la enseñanza de la física y la necesidad de hacer un uso consciente y adecuado de estas para dejar de lado los métodos obsoletos y tradicionales de enseñar ciencia.

Las ayudas audiovisuales son usadas en ocasiones para experiencias en la clase de física; Torres [34], desarrolla un instrumento de aprendizaje de fenómenos físicos y químicos (mecánica de fluidos y reacciones químicas), a través de la realización, edición y revisión de videos donde el estudiante debe explicar el fenómeno, de manera que cualquier persona lo pueda comprender, concluye que el hecho de tener que revisar el video, repetir la experiencia si no quedó bien, o regrabar si el concepto no quedó bien explicado, implica al estudiante en el fortalecimiento del concepto, logrando así un aprendizaje de este. Guzmán, Domínguez, y Vega [35] aplican en un contexto de diversidad cultural e idiomática del sur de México, un modelo de clases el cual consta de combinar métodos tradicionales y una ayuda audiovisual a través de diapositivas animadas, con las cuales los estudiantes lograron una mejor comprensión de los fenómenos, que cuando se explicaba con métodos tradicionales.

En otras investigaciones se encontró el uso de páginas web, blogs o portales donde el estudiante participaba de manera activa a través de actividades como foros, o de forma pasiva observando demostraciones, Puente, Guillarón, y Guerrero [36] por ejemplo, usaron un portal web en el desarrollo de un curso preuniversitario de física; en este proceso, los docentes deben prepararse para el uso del mismo, después con los estudiantes indagaban por un diagnóstico previo, y luego de implementado el curso, por medio del portal web evaluaron los aprendizajes obteniendo los resultados que esperaban en cuanto habilidades y aprendizajes en física; García y Barojas [37] hacen lo mismo con un curso en línea de física, partiendo del conocimiento de saberes previos, para luego ocuparse del aprendizaje; por su parte, Soares et al [38] trabajaron la motivación y el aprendizaje de conceptos físicos como masa y peso, a través de la construcción de un blog sobre aspectos físicos de la luna.

Los computadores y algunos *software* o simulaciones que pueden ser instalados en estos, o trabajados desde la web, son también parte del universo de las TIC como

herramienta en la clase de física; en la revisión se encuentran varios trabajos de simulaciones computacionales que fueron empleadas como herramientas de apoyo para alguna actividad o práctica en el aula, Donizetti, Rutz, y Feiser [39] por ejemplo, hace uso de unas *Flash Card* para trabajar con los estudiantes la motivación y participación en la clases de física, por otro lado, Moro, Neide, y Hepp [40], aplican algunos instrumentos del aprendizaje significativo crítico, como el mapa conceptual para evaluar la contribución de una práctica real y una simulación, para la comprensión de los distintos tipos de transferencia de energía térmica.

Amadeu y Leal [41] hicieron un estudio sobre el impacto del uso de simulaciones computacionales (*The Physics Classroom*) sobre el tema de caída libre y lanzamiento de proyectiles, aplicando dicha estrategia en un grupo de estudiantes y los métodos tradicionales en otro, encontró que con los estudiantes a los que se les realizó la actividad con la simulación su aprendizaje fue mejor que con los que utilizaron actividades de métodos tradicionales. Najera [42] utiliza la computadora y el laboratorio tradicional para implementar una propuesta didáctica en sus estudiantes para el estudio del movimiento rectilíneo, dicho trabajo pretende fomentar el trabajo en grupo y el uso de herramientas TIC con el computador como complemento para el aprendizaje, y Souza y De Melo [43] realizan una serie de actividades experimentales tanto analógicas como virtuales, a través del *software* MODELUS, para que los estudiantes aprendan el concepto de fluidos y aerodinámica de un avión; mediante la simulación y juegos como creación de aviones de papel, estudian los conceptos de la dinámica de fluidos, para este estudio los investigadores acuden a la teoría del aprendizaje significativo y aplican un pretest para indagar por los saberes previos, y luego un postest para valorar el aporte de las diversas actividades y simulaciones.

En cuanto al uso del celular o *smartphone*, Alvarenga [44] menciona la importancia del uso de dispositivos móviles para las actividades académicas en el aula de física, inicia con un estudio de accesibilidad a internet en Brasil, el objetivo de este proyecto era mirar como una *app* sobre ciencias, *Sci mobile trouses*, contribuía con la motivación, dedicación e interés de los estudiantes cuando se explican algunos fenómenos, específicamente, fenómenos ondulatorios y fenómenos magnéticos en la clase de física de último año de enseñanza media en algunas escuelas de Sao Paulo. Dicho estudio se llevó a cabo mediante análisis de test y estadística, Alvarenga [44] encontró que en los estudiantes con los cuales se trabajó por medio de esta aplicación se apreciaron resultados significativos en cuanto a motivación, dedicación e interés, en comparación con los que desarrollaron las mismas clases con métodos tradicionales.

En cuanto a las TIC bajo un fundamento didáctico o pedagógico se encuentra menos información; gran parte de esta hace referencia al uso de simulaciones o páginas usadas por computadoras. No obstante, es muy escasa la producción académica en cuanto al uso de celulares como herramienta para la enseñanza de fenómenos físicos.

IV. CONCLUSIONES

La presente revisión de literatura permite concluir que son más numerosos los estudios sobre TIC en la enseñanza de fenómenos físicos de tipo instrumental que aquellos cuyo enfoque es aplicado a la práctica docente, muchos de los primeros se basan en el uso de computadores o alguna herramienta de recolección de datos. También en esta perspectiva instrumental se encontró que el uso de la web ya sea implementando un blog, página o portal para el aprendizaje de algún fenómeno físico (o varios de estos), ha sido mencionado en varias investigaciones.

Con respecto al uso de dispositivos móviles como herramienta para el aprendizaje de movimientos oscilatorios como el movimiento pendular o el sistema masa resorte, la literatura aporta nutrida información sobre su tecnicismo y la forma de cómo usarlo; sin embargo, estudios del impacto en el aula, o estudios pedagógicos de estas no se evidenciaron, esto demuestra la pertinencia de lo que se pretende llevar a cabo con la presente investigación, ya que respecto al uso del celular como herramienta complementaria para la enseñanza de movimientos oscilatorios, la información es casi nula.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesora del trabajo de investigación Vanessa Arias Gil, quien ha sido de total apoyo en este proceso de formación de la maestría, al grupo de investigación PiEnCias de la Facultad de Educación, de la Universidad de Antioquia, y a mi familia quienes han estado siempre a mi lado.

REFERENCIAS

- [1] Treviño E., M. D. S., *Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física*, Presencia Universitaria **3**, 70-77 (2013).
- [2] Gil, S., & Di Laccio, J., *Smartphone una herramienta de laboratorio y aprendizaje: laboratorios de bajo costo para el aprendizaje de las ciencias*, Latin-American Journal of Physics Education **11**, 5 (2017).
- [3] Pontes-Pedrajas, A., *Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos*, Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias **2**, 331 (2005).
- [4] Hoyos Botero, C., *Un modelo para investigación documental: guía teórico-práctica sobre construcción de estados del arte con importantes reflexiones sobre la investigación*, 1ra Ed. (Señal Editora, Medellín, 2000).
- [5] Rezende, F., Ostermann, F., & Ferraz, G., *Ensino-aprendizagem de física no nível médio: o estado da arte da produção acadêmica no século XXI*, Revista Brasileira de Ensino de Física, **31**, 1402 (2009).
- [6] Arias Gil, V., *Las TIC en la educación en ciencias en Colombia: una mirada a la investigación en la línea en*

términos de su contribución a los propósitos actuales de la educación científica (Tesis de Maestría). Universidad de Antioquia, Medellín (2016).

[7] Calderón, S., Núñez, P., & Gil, S., *La cámara digital como instrumento de laboratorio: estudio del tiro oblicuo*, Latin American Journal of Physics Education **3**, 87-92 (2009).

[8] Calderón, S. E., Núñez, P., Di Laccio, J. L., & Iannelli, L. M., *Aulas-laboratorios de bajo costo, usando TIC*, Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias **12**, 212-226 (2015).

[9] Di Laccio, J. L., Vitale, G., Alonso-Suárez, R., Pérez, N., & Gil, S., *Estudio del efecto Doppler utilizando teléfonos inteligentes*, Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias **14**, 637-646 (2017).

[10] Silva, E. S., *Estudo da relação entre o movimento circular uniforme e o movimento harmônico simples utilizando a videoanálise de uma roda de bicicleta*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **40**, (2018).

[11] Bouciguez, M. J., & Santos, G., *Applets en la enseñanza de la física: un análisis de las características tecnológicas y disciplinares*, Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien. **7**, 56-74 (2010).

[12] Lucatto, B., Caprecci, M. B., Gonçalves, J. V. A., & Sismanoglu, B. N., *Máquina de Atwood com massa variável em movimento oscilatório atípico*, Revista Brasileira de Ensino de Física **36**, 2503 (2014).

[13] Moura da Silva, O. H., De Mello Arruda, S., Laburú, C. E., & Silicz, E. A. B., *Pêndulo de Wilberforce: uma proposta de montagem para ambientes educativos informais e laboratórios didáticos*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **30**, 409-426 (2013).

[14] Da Rocha, F. S., Maranghello, G. F., & Lucchese, M. M., *Acelerômetro eletrônico e a placa Arduino para ensino de física em tempo real*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **31**, 98-123 (2014).

[15] Correa Almeida, T., De Carvalho Dias, E., & da Silva Julião, A., *Um laboratório portátil de baixo custo: medição de g utilizando um pêndulo e a placa Raspberry Pi*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **34**, 590-602 (2017).

[16] Amrani, D., & Paradis, P., *Use of computer-based data acquisition to teach physics laboratories: case study-simple harmonic motion*, Latin-American Journal of Physics Education **4**, 6 (2010).

[17] Tsegaye, K., Baylie, D., & Dejne, S., *Computer based teaching aid for basic vector operations in higher institution Physics*, Latin American Journal of Physics Education **4**, 3-6 (2010).

[18] Viera L. P., Aguilar C. E., *Mecánica com o acelerômetro de smartphones e tablets*, Física na Escola, **14**, 1 (2016).

[19] De Jesús, V. L. B., & Sasaki, D. G. G., *Uma visao diferenciada sobre o ensino de forças impulsivas usando um Smartphone*, Revista Brasileira de Ensino de Física **38**, 1303 (2016).

[20] Vicario, J., Chiecher, A. C., & Fernández, A., *Las redes sociales como herramienta para favorecer el aprendizaje de la Física*, Latin-American Journal of Physics Education **10**, 8 (2016).

[21] Riposati Arantes, A., Santos Miranda, M., & Studart, N., *Objetos de aprendizagem no ensino de física: Usando simulacoes do PHET*, Física na Escola **11**, (2010).

[22] Martínez Pérez, J. E., *Obtención del valor de la aceleración de la gravedad en el laboratorio de física. Experiencia comparativa del sensor de un teléfono celular inteligente y el péndulo simple*, Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias **12**(2), (2015).

[23] Monteiro, M., Cabeza, C., & Marti, A. C., *Acceleration measurements using smartphone sensors: Dealing with the equivalence principle*, Revista Brasileira de Ensino de Física **37**, 1303 (2015).

[24] Silva Lopes, F., Netto Suave, R., & Nogueira, J. A., *A review of lienar approximations for large oscillation amplitudes of a simple pendulum*, Revista Brasileira de Ensino de Física **40**, (2018).

[25] Nascimento, J. P. G., & Guedes, I., *Osciladores clássicos com massa dependente da posição*, Revista Brasileira de Ensino de Física **36**, 4308 (2014).

[26] Bonventi Jr, W., & Aranha, N., *Estudo das oscilações amortecidas de um pêndulo físico com o auxílio do Tracker*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **37**, (2015).

[27] De Jesús, V. L. B., & Barros, M. A. J., *The multiple faces of the dance of the pendula*, Revista Brasileira de Ensino de Física **36**, 01-07 (2014).

[28] De Luca, R., & Ganci, S., *A measurement of g with a ring pendulum*, Revista Brasileira de Ensino de Física **33**, 1-5 (2011).

[29] López-Mariño, M. A., Hernández-Olvera, J. A., Barroso, L. A., & Caballero, J. C., *Cómputo simbólico y gráfico: estudio dei sistema masa-resorte*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **39**, (2017).

[30] Matar, M., Parodi, M. A., Repetto, C. E., & Roatta, A., *Modelización lineal de un sistema masa-resorte real*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **40**, (2018).

[31] Netto Suave, R., & Nogueira, J. A., *Uma discussao sobre as aproximacoes na determinacao do periodo máximo de um pêndulo simples*, Revista Brasileira de Ensino de Física **38**, 2501 (2016).

[32] Zhang, Y., *Analytic solution to the motion of mass-spring oscillator subjected to external force*, Revista Brasileira de Ensino de Física **37**, 4314-1 (2015).

[33] Da Silva Macêdo, F. C., & Barrera Kalhil, J., *Tecnologias digitais computadorizadas contribuem com o ensino de Física?*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **9**, 1501-2 (2015).

[34] Torres Climent, Á. L., *Creación y utilización de vídeo digital y tics en física y química*, Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias **6**, 440-451 (2009).

[35] Guzmán Cruz, H., Dominguez Mota, F., & Vega Cabrera, J., *Some experiences using ITC based course materials for teaching high school Physics at the Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **1**, 6 (2012).

[36] Puente-Serrano, I., Gullaron, J.J., & Gerrero, F., *La computadora como medio de enseñanza, una herramienta para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la*

Física en la enseñanza preuniversitaria, Latin-American Journal of Physics Education **3**, 41 (2009).

[37] Garcia T., C., & Barojas W., J., *Experimental physics through the Internet*, Lat. Am. J. Phys. Educ, **1**, 6 (2012).

[38] Soares, A. A., Rodrigues Medina, R., Carboni, A., & Costa, F. W., *Usando as tecnologias da informação no ensino de Física: o blog da Lua*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, **33**, 1094-1114 (2016).

[39] Donizetti Kielt, E., Rutz da Silva S., & Feisser Miquelin A., *Implementacao de um aplicativo para smartphones como sistema de votacao em aulas de Física com Peer Instruction*, Pesquisa em Ensino de Física, **39**, (2017).

[40] Moro F. T., Neide I. G., & Hepp Rehfeldt M.J., *Atividades experimentais e simulações computacionais: integração para a construção de conceitos de transferência de energia térmica no ensino médio*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, **33**, 987-1008 (2016).

[41] Amadeu, R., & Leal, J. P., *Ventajas del uso de simulaciones por ordenador en el aprendizaje de la Física*, Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas, **31**, 177-188 (2013).

[42] Najera O.J. L., *La computadora en el salón de clases: una perspectiva didáctica para la enseñanza del movimiento rectilíneo uniforme*, Latin-American Journal of Physics Education, **4**, 5 (2010).

[43] Souza E. de J., & De Mello L. A., *O uso de jogos e simulação computacional como instrumento de aprendizagem: campeonato de aviões de papel e o ensino de Hidrodinâmica*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, **34**, 530-534 (2017).

[44] Alvarenga Monteiro, M. A., *O uso de tecnologias móveis no ensino de física: uma avaliação de seu impacto sobre a aprendizagem dos alunos*. 15, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, **16**, 1 (2016)