

Guía de Laboratorio sobre Fluidos basada en el Aprendizaje Activo de la Física. Primera Parte

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

M. Fernanda Reynoso Savio¹, Cristian A. Glusko¹, Gilda N. Dima¹

¹Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa, Av. Uruguay 151. CP 6300, Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

E-mail: mfer_reynososavio@yahoo.com.ar

Resumen

La necesidad de producir estrategias didácticas que promuevan el interés y el aprendizaje de nuestros alumnos hacia la Física, y teniendo como base estudios previos realizados en Nivel Medio y Universitario, se plantea la propuesta de elaboración de guías de laboratorio basadas en el Aprendizaje Activo sobre el tema Fluidos, particularmente en este caso, se presenta una Guía sobre Viscosidad. Los destinatarios, alumnos de la cátedra de Física correspondiente al primer año de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional de La Pampa. Consideramos que este tipo de estrategias puede favorecer la interdisciplinariedad con materias de años posteriores, alcanzando simultáneamente una integración en la formación profesional del futuro ingeniero.

Palabras clave: Aprendizaje activo, Estrategia didáctica, Guías de laboratorio, Física básica universitaria, Viscosidad.

Abstract

The need of producing didactic strategies that promote the interest and the learning in our students in Physics, and having as basis previous studies on Nivel Medio and Nivel Universitario, the idea of elaborating laboratory guides based on Active Learning about Fluids is suggested. Specifically, this work presents a guide about Viscosity. The addressees, students from Physics taking the first year of Agronomic Engineering from Universidad Nacional de La Pampa. We believe that these kinds of strategies favour the interdisciplinary nature with subjects from following years, simultaneously reaching the integration in the professional training of the future engineering.

Keywords: Active learning, Didactic strategy, Laboratory guides, College basic physics, Viscosity.

I. INTRODUCCIÓN

La organización de las actividades, las acciones de docentes y alumnos, el material y los recursos utilizados, y las diversas características de cada grupo, influyen de distinta manera en el aprendizaje de nuestros alumnos. Dentro de estas características podemos mencionar las preconcepciones con las que cada uno de estos grupos llega al aula. Debemos prestarles especial atención, dado que constituirán el punto de partida para la elaboración de nuestro plan de trabajo (Tibergheim y Malkoun, 2008).

Cuando hacemos mención a la organización de las actividades, nos referimos tanto a las que involucran problemas de lápiz y papel como a las prácticas de laboratorio, apelando en las mismas, fuertemente a la observación, la medición, la estimación y el cálculo para la construcción o validación de modelos que expliquen fenómenos, sin alejar a los estudiantes del mundo natural, el cual se convierte en fuente inagotable de interrogantes y ejemplos.

La Teoría Constructivista nos da las bases para propiciar la revisión de nuestras prácticas, favoreciendo el interés y la participación de quién aprende en el proceso de aprendizaje (Sandoval et al., 2009; Salinas, 2004). Las últimas investigaciones educativas apoyadas en esta teoría, fundamentan sus estrategias en el Aprendizaje Activo partiendo de los esquemas cognitivos que trae el alumno para ir construyendo, o modificando en caso de ser necesario (Benegas et al., 2011; Sokoloff et al., 2010; Redish,

2004; Ausubel et al., 1976). Estas investigaciones prueban, además, que los estudiantes alcanzan niveles de aprendizaje realmente importantes (Thornton y Sokoloff, 1998).

La resolución de problemas en grupos cooperativos, propicia la discusión entre pares, favorece la comunicación oral y escrita y además enseña al alumno a seguir los pasos de resolución de los expertos. (Keban y Erol, 2011; Fogliati y Catalán, 2008; Sliskp, 2008; Zafer y Mustafa, 2008; Davini, 2009). Los problemas ricos en contexto (PRC) son una estrategia didáctica desarrollada por el grupo de investigación en enseñanza de la Física que dirigen Heller y Heller, de la Universidad de Minnesota (1999). En ellos, se presenta una situación muy próxima a la vida cotidiana y su solución se realiza sobre la base de datos experimentales.

Siempre pensando en promover la participación activa del alumno, es que incluimos, al inicio de la guía de laboratorio, un PRC relacionado con el tema experimental. El docente debe guiar la discusión entre los grupos de manera de ayudar en la interpretación física de la situación, identificar los conceptos involucrados y la o las posibles soluciones al problema.

Los autores de este artículo nos encontramos trabajando desde hace algunos años, en investigación en educación en Física, particularmente en Aprendizaje Activo (Dima, 2007; Reynoso Savio et al., 2009; Dima et al., 2011; Reynoso Savio et al., 2011; Reynoso Savio et al., 2012; Glusko et al., 2012; Dima et al., 2012; Reynoso Savio et al., 2013). Enmarcado en un proyecto de investigación¹ presentado en nuestra facultad, es que hemos redactado protocolos de Guías de Laboratorio desde la mirada del Aprendizaje Activo de la Física, a desarrollar con estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica. Presentamos aquí la guía que se implementará en un curso de Física Básica de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam). El tema seleccionado, Estática y Dinámica de Fluidos, es de amplia utilidad en su actividad profesional. Por otro lado, la búsqueda bibliográfica nos ha demostrado que son escasas (casi nulas) las investigaciones sobre el tema en cuestión (Cordiviola, 1985; Szigety et al., 2012; Maturano et al., 2005; Buteler et al., 2014; Buteler y Coleoni, 2014).

II. EL PROBLEMA

Como ya mencionamos, desarrollamos nuestra tarea de aula con estudiantes de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam). La materia se dicta en el segundo cuatrimestre del primer año de la carrera. En la misma se incluyen los temas de Óptica, Mecánica, Electroestática y Electrodinámica.

Docentes del ciclo superior nos han manifestado, en entrevistas personales, la importancia de los temas de Hidrostática e Hidrodinámica para abordar los conceptos de cada una de sus materias.

Ante estos hechos, se vuelve necesario, plantearnos la enseñanza de la física mostrándola como una actividad sistémica, progresiva y perfectible, la cual se aplica a diferentes situaciones problemáticas.

La investigación sobre el rol que juega la experimentación en Física ha expuesto las dificultades y la falta de motivación de quien aprende. Nuestros estudiantes perciben estas clases como meras etapas de verificación de leyes o teorías, donde el docente es quién establece las pautas de trabajo mientras que ellos, desempeñan un rol pasivo sin involucrarse en el trabajo experimental.

Las causas de este fenómeno pueden atribuirse a factores como: falta de material, poco tiempo para realizar la tarea, número importante de alumnos, etc., (Petrucci et al., 2006; Beney y Séré, 2001; Salinas, 1996).

III. METODOLOGÍA Y PROPUESTA DE TRABAJO

Como propuesta para contribuir al cambio en la percepción, interés y motivación de los futuros ingenieros agrónomos, para con el trabajo experimental, pensamos una estrategia didáctica basada en el Aprendizaje Activo de la Física. En ella el alumno deja de lado su rol pasivo para ser activo; activo de su propio aprendizaje, favoreciendo no sólo el objetivo conceptual, sino también los objetivos actitudinales y procedimentales (Benegas y Villegas, 2006). El docente es guía en esta tarea, despegándose de su lugar de “dueño del saber” para acompañar a sus estudiantes en cada una de las tareas a desarrollar.

Seguidamente detallaremos las tres etapas que deben hacerse presentes en las estrategias de Aprendizaje Activo:

¹ “Las experiencias de laboratorio en temas de fluidos. Una mirada desde el Aprendizaje Activo de la Física para estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica”, Proyecto n° 46, Dpto. de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa. Res 193/14 CD.

- **Predicción:** en ella se reconocen las ideas previas que trae el estudiante. El docente plantea una serie de cuestiones que deberán ser respondidas de manera individual por cada estudiante y antes de desarrollar la experiencia.
- **Observación:** durante el desarrollo de la tarea experimental, los estudiantes toman nota de los datos obtenidos.
- **Contrastación:** en esta etapa se enfrentan las ideas previas de los alumnos con los resultados hallados luego del desarrollo de la experiencia. Se busca que los estudiantes analicen, interpreten y comuniquen, de manera oral y escrita, los datos experimentales. Finalmente, en las conclusiones los alumnos deberán sintetizar lo realizado, incluyendo una clara descripción del problema planteado y de la respuesta obtenida.

Algunas de las estrategias de Aprendizaje Activo de la Física, pueden hacer uso de recursos tecnológico (computadora, sensores, interface, etc), en nuestra propuesta se utiliza material del Laboratorio de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam. Al comenzar el dictado de la materia, los alumnos son divididos en comisiones de trabajo de aproximadamente 18(dieciocho) o 20(veinte) alumnos cada una. Una vez en el laboratorio el docente comienza la puesta en común y el debate sobre las predicciones que los estudiantes debieron traer respondidas de manera individual. Anota en el pizarrón las cuestiones más comunes.

IV. EQUIPO DE TRABAJO

El instrumental utilizado consiste en un soporte realizado con dos tablas de madera. La primera de 1,50m por 0,10m y la segunda de 0,15m por 0,10m (Figura 1.a). En este soporte se coloca un tubo fluorescente limpio cerrado por un extremo y abierto por el otro. Dos orificios horizontales en la parte superior y otros dos en la parte inferior del soporte, permiten sujetar el tubo en forma vertical, mediante bandas elásticas o cinta adhesiva (Figura 1.b).

Se llena el interior del tubo con un líquido viscoso, en nuestro caso glicerina, se tapa con papel secante, para evitar la oxidación de la glicerina, y se deja reposar por dos o tres días para verificar que el líquido esté en equilibrio y no existan burbujas en su interior que afecten la medición. (Figura 1.c). En la Tabla I, se presenta la guía de Laboratorio basada en el Aprendizaje Activo para el tema Viscosidad.

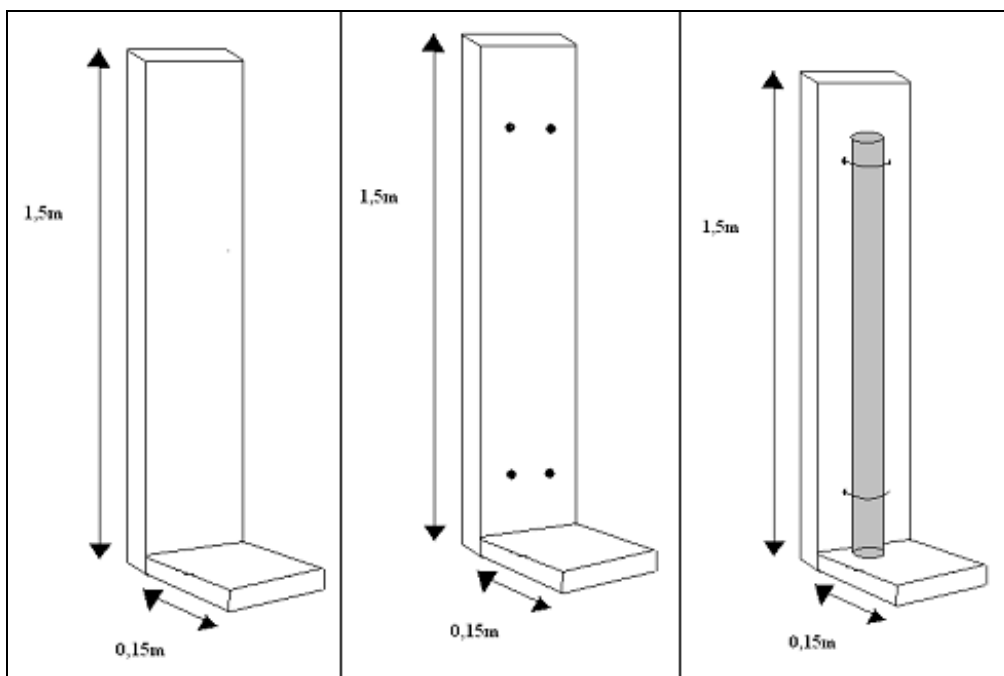


FIGURA 1. a) Base del soporte; b) Base del soporte con orificios; c) Equipo final

TABLA I: Guía de Aprendizaje Activo sobre Viscosidad

GUÍA DE LABORATORIO DE APRENDIZAJE ACTIVO: DINÁMICA DE FLUIDOS - VISCOSIDAD																																											
<p>El Problema: Durante el cursando de la materia Edafología en la Facultad de Agronomía de la UNLPam, el profesor comienza su clase explicando que “<i>la consistencia del suelo está íntimamente relacionada a la manifestación de las fuerzas de cohesión y adhesión</i>”. Haciéndose presentes algunos conceptos físicos como: resistencia a la compresión y viscosidad, entre otros. Siguiendo con su clase, el profesor enuncia que “<i>la textura es la proporción relativa de arena, limo y arcilla. Esta textura influirá en la actividad fisicoquímica del suelo, condicionando procesos de infiltración o retención del agua, erosión y aireación, fertilidad.</i>” Siendo de gran importancia el conocimiento textural del suelo, deja como tarea el siguiente problema: “<i>Se toma una muestra de suelo. Se elimina la acción de agentes cementantes y floculantes, y se lo deja precipitar en un recipiente de 50 cm de longitud. ¿Cómo determinarías el tiempo aproximado de precipitado para poder evaluar las proporciones de cada tipo de partícula?</i>”</p>																																											
<p>Predicciones: Antes de la clase de laboratorio debes realizar, individualmente, la tarea de Predicción. Esta tarea tiene por objetivo que pienses en la física del problema experimental a resolver. Si no realizas el esfuerzo de entender la física de la situación planteada, muy poco podrás aprender en la clase de laboratorio y no tiene sentido que la realices. a) ¿De qué factores consideras que depende la determinación del tamaño de la partícula? b) Supone ahora que dejas caer una pequeña esfera en el líquido viscoso. En un diagrama grafica e identifica las fuerzas que actúan sobre la esfera. Analiza el movimiento del cuerpo a medida que va cayendo. c) ¿De qué modo podrías calcular la velocidad límite que alcanza la esfera? Desarrolla los cálculos que sean necesarios. d) ¿Se modificarían tus respuestas anteriores si en lugar de descender, la esfera asciende por un fluido viscoso? Grafica la situación marcando las fuerzas que actúan y explica. e) Si pudieras realizar la experiencia de calcular la velocidad límite de una esfera que asciende o desciende por un líquido viscoso, ¿qué precauciones deberías tener en cuenta al momento de medir?</p>																																											
<p>Desarrollo Experimental: Materiales: Un tubo conteniendo un líquido viscoso (por ejemplo glicerina), cronómetro, micrómetro o calibre, municiones de plomo, pinza, papel secante, cinta métrica, marcador. Procedimiento: 1. Medir la temperatura ambiente y la temperatura de la glicerina. T_{ambiente}:- $T_{\text{glicerina}}$: - Verificar la verticalidad del tubo y realizar algunos tiros con otras esferas para practicar el uso del cronómetro y evitar que las esferas se acerquen a las paredes y la fuerza viscosa aumente. - Evaluar el tipo de movimiento que realiza la munición a medida que va cayendo. Seleccionar la distancia recorrida en que la bolita posee su velocidad límite. - Seleccionar seis municiones, lo más esféricas posibles, cuyos diámetros sean del mismo orden. La medición del mismo se realizará con el calibre. - Liberar la esfera, con la ayuda de una pinza, en la superficie de la glicerina y medir para la distancia fija seleccionada, el tiempo empleado en recorrerla. - Repetir el procedimiento para las seis esferas. - Completar la tabla, calcular la velocidad límite promedio y el valor promedio del coeficiente de viscosidad. (Datos adicionales: $\delta_{\text{plomo}} = 10,66\text{g/cm}^3$; $\delta_{\text{glicerina}} = 1,26\text{g/cm}^3$; o del líquido viscoso seleccionado).</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ESFERA N°</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>r(cm)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Δx (cm)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Δt (s)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>$V_{\text{límite}}$(cm/s)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>η_i (Poise)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	ESFERA N°	1	2	3	4	5	6	r(cm)							Δx (cm)							Δt (s)							$V_{\text{límite}}$ (cm/s)							η_i (Poise)						
ESFERA N°	1	2	3	4	5	6																																					
r(cm)																																											
Δx (cm)																																											
Δt (s)																																											
$V_{\text{límite}}$ (cm/s)																																											
η_i (Poise)																																											
<p>Análisis de datos: Busca los coeficientes de viscosidad del líquido trabajado en las tablas disponibles en los libros de textos. Compara este valor con los datos obtenidos y responde: a) ¿Qué errores de medición pudiste detectar? b) ¿Qué otras precauciones podrías haber considerado al realizar el experimento, o qué modificaciones realizarías al procedimiento para minimizar el error?</p>																																											

V. A MODO DE CIERRE

Los autores de este trabajo hemos redactado esta guía de laboratorio basándonos en las etapas de Aprendizaje Activo de la Física. Durante el segundo cuatrimestre del año lectivo 2014 hemos validado los instrumentos con alumnos que cursaron la materia en ese período. A comienzos del ciclo lectivo 2015 nos hemos abocado al análisis y ajuste del protocolo anteriormente presentado que será implementado en el segundo cuatrimestre del año en curso. Los resultados alcanzados serán publicados a futuro.

En una segunda parte se presentará una segunda guía basada en el Aprendizaje Activo, sobre el tema Hidrodinámica.

Esperamos, sobre la base de una estrategia de laboratorio fundada en el Aprendizaje Activo, promover cambios positivos en los estudiantes frente a las clases experimentales de física. Es decir, que arriben al laboratorio con una idea de las tareas a desarrollar y de los objetivos a cumplir; favorecer la discusión entre los pequeños grupos de trabajo; fomentar una actitud crítica, activa y reflexiva; que sean capaces de comunicar en un lenguaje acorde a la ciencia física los datos alcanzados en el laboratorio, y que puedan hallar los vínculos con su futuro profesional.

REFERENCIAS

Ausubel, D., Novak, J. y Hasenian, H. (1976). *Psicología educativa: un punto de vista Cognoscitivo*. Ed: Trillas, México.

Benegas, J. y Villegas, M. (2006). *La Enseñanza Activa de la Física: la Experiencia de la UNSL. IX Conferencia Interamericana sobre Educación en la Física*. San José-Costa Rica. Costa Rica.

Benegas, J.; Sokoloff, D.; Laws, P.; Zavala, G. (2011). *Aprendizaje Activo de Fluidos y Termodinámica, 4° Taller Regional del Cono Sur (AAFyT); 4° Conferencia Regional del Cono Sur, Aprendizaje Activo de la Física, (CRAAF 4)*.

Beney, M. y Séré, M.G. (2001). Entre réussir et comprendre ou de l'effet des consignes opératoires sur la compréhension des procédures de mesure en TP de physique de 1^{er} cycle universitaire. *Didaskalia*. 19. pp. 9-37.

Buteler, L. M.; Coleoni, A.; Perea, M. A. (2014). Aprendiendo empuje durante la resolución de problemas: un análisis desde la Teoría de Clases de Coordinación. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 32(3). pp. 511-528

Buteler, L. y Coleoni, E. (2014). El aprendizaje de empuje y sus variaciones contextuales: un análisis de caso desde la teoría de clases de coordinación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 13 (2), pp. 137-15.

Cordioli, C. A. (1985). Caída Libre de los fluidos viscosos. *Revista de Enseñanza de la Física*, 1(1), pp. 57-60.

Davini, M. C. (2009). *Métodos de enseñanza. Didáctica General para maestros y profesores*. Buenos Aires: Santillana.

Dima, G. (2007). *Las experiencias de laboratorio como estrategia para favorecer el cambio conceptual en estudiantes de Física Básica Universitaria*. Tesis de Maestría, presentada el día 17 de diciembre de 2007, en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales de la UNSL. Asesor Científico: Dr. Julio Benegas (UNSL). Co Asesor Científico: Dr. Pedro Willging (UNLPam).

Dima, G., Girelli, M., Reynoso Savio, M. F. (2011). Aprendizaje activo de la física en alumnos de nivel secundario: pretest de laboratorio sobre transformación de energía eléctrica en térmica. *Libro de Resúmenes del 4to Taller Regional de Cono Sur sobre Aprendizaje Activo: Termodinámica y Fluidos (AATyF). 4ta Conferencia Regional del Cono Sur sobre Aprendizaje Activo de la Física (CRAAF-4)*. p23. La Falda, Córdoba.

Dima, G.; Girelli, M. y Reynoso Savio, María Fernanda. (2012). Aprendizaje activo de la física en alumnos de nivel secundario: Pretest de laboratorio sobre transformación de energía eléctrica en térmica. *Latin American Journal of Physics Education*, 6 (1), pp. 143-147.

Fogliati, P. J. y Catalán, L. (2008). Electromagnetismo básico. Una propuesta para docentes de nivel medio/polimodal. *Memorias en CD del Noveno Simposio de Investigación en Física (SIEF9)*, M2 Área temática 2. Comunicación mural. p.11. ISBN: 978-987-22880-4-4.

Glusko, C. A.; Dima, G. N.; Girelli, M.; Reynoso Savio, F. (2012). Aprendizaje Activo en las clases de Física en el Nivel Polimodal. *Memorias en CD del XI Simposio de Educación en Física (SIEF XI)*, pp. 469, Esquel, Chubut, Argentina. Presentación Mural.

Heller, K. y Heller, P. (1999). *Cooperative Group Problem Solving in Physics*. University of Minnesota, Illinois.

Keban, F. y Erol, M. (2011) Effects of strategy instruction in cooperative learning groups concerning undergraduate Physics labworks, *Latin American Journal of Physics Education* 5, pp. 140-146.

Maturano, C.; Mazzitelli, C. Nuñez, G. y Pereira R. (2005). Dificultades conceptuales y procedimentales en en temas relacionados con la presión y los fluidos en equilibrio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 4 (2). http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART6_Vol4_N2.pdf [Consulta: 21/10/15]

Petrucchi, D.; Ure, J. y Salomone, H. (2006). Cómo ven a los trabajos prácticos de laboratorio de física los estudiantes universitarios. *Revista de Enseñanza de la Física*, 19(1), pp.7-20, ISSN 0326-7091 (papel) ISSN 2250-6101 (en línea).

Redish, E. F. (2004) *Teaching Physics with the Physics Suite*, Hoboken, N.J: Wiley.

Reynoso Savio, M. F. (2009). Instrumentos para evaluar actividades de laboratorio en Física: su construcción y validación. *Memorias en CD Décimo Primer Reunión Nacional de Educación en Física - REF XVI*. Ponencia de trabajo de investigación n° 37 - pp. 12. San Juan. Argentina.

Reynoso Savio, M. F.; Girelli, M.; Dima, G. (2011). Propuesta de laboratorio sobre la Ley de Ohm y circuitos eléctricos. Una mirada desde el aprendizaje activo. *Memorias en CD Décimo Séptima Reunión Nacional de Educación en Física (REF XVII)*. Villa Giardino, Córdoba. pp. 11.

Reynoso Savio, M. F.; Girelli, M.; Glusko, C. A.; Dima, G. N. (2012), Promoviendo el Aprendizaje Activo en Temas de Electrodinámica. *Memorias en CD del XI Simposio de Educación en Física (SIEF XI)*. Esquel, Chubut, Argentina. pp. 326-337. Posterior Comunicación oral.

Reynoso Savio, M. F.; Glusko, C. A.; Dima, G. N.; Girelli, M. (2013). Análisis y resultados de la implementación de una guía de laboratorio basada en el aprendizaje activo: transformación de energía eléctrica en térmica. *Memorias REF XVIII*, pp. 163-183, ISBN 978-950-746-220-7 Catamarca. Argentina.

Salinas, J. (1996). Los prácticos de Física Básica en laboratorios universitarios. Tesis Doctoral. *Revista de Enseñanza de la Física*. Volumen Extraordinario, ISSN 0326-7091 (papel) ISSN 2250-6101 (en línea).

Salinas, J. (2004). "Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria". *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*. [Artículo en línea]. UOC. Vol. 1, n° 1. <http://www.uoc.edu/rusc/dt/esp/salinas1104.pdf> [Consulta: 21/10/15].

Sandoval, C., Caram, J y Salinas, J. (2009). La engañosa simplicidad del método de Stokes para medir viscosidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 31(4), artículo 4310. <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/314310.pdf> [Consulta: 21/10/15]

Sliskp, J. (2008). How can formulation of physics problems and exercises aid students in thinking about their results. *Latin American Journal of Physics Education*, 2(2), pp. 137-142. ISSN: 1870-9095

Sokoloff, D., Laws, P., Zavala, G., Punte, G. y Benegas, J. (2010). *Manual de Entrenamiento 3do. Taller Regional del Cono Sur sobre Aprendizaje Activo de la Física: Electricidad y Magnetismo*, San Luis: Universidad Nacional de San Luis

Szigety, E., Viau, J. Tintori Ferreira, M. A. y Gibbs, H. (2012). Tensión superficial: un modelo experimental con materiales sencillos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 9 (3), pp. 393-400.

Thornton, R. and Sokoloff, D. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The force and Motion Conceptual Evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula. *American Journal of Physics*, 66, pp. 338-352.

Tiberghien, A. y Malkoun, L. (2008). Análisis de clases de Física en la escuela secundaria a partir de registros de video. *Revista de Enseñanza de la Física*, 21(2), pp. 11-22.

Zafer, T. y Mustafa, E. (2008). Effects of Cooperative Learning on Instructing Magnetism: Analysis of an Experimental Teaching Sequence. *Latin American Journal of Physics Education*, 2(2), pp. 124-136.