

# Despertando en el secundario el interés por las carreras científico–tecnológicas a través del trabajo experimental

Raising interest for scientific–technological careers through experimental work at secondary schools

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Susana Juanto<sup>1</sup>, Fabiana Prodanoff<sup>1</sup>, Diego Alustiza<sup>1</sup>, Lía Zerbino<sup>1</sup>, Jorge Ronconi<sup>1</sup>, Nahuel Cristofoli<sup>1</sup> y Jorge Stei<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo IEC. Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional, 60 y 124, La Plata, CP 1900, Buenos Aires, Argentina.

E–mail: sujuanto@yahoo.com.ar

## Resumen

Es sabido que en la mayoría de los colegios secundarios no se cuenta con personal especializado en el mantenimiento y reparación de equipos de laboratorio y que, en general, los profesores no cuentan ni con el tiempo ni con las competencias para la tarea. Como resultado, esos equipos quedan descartados o sin uso en las clases de ciencias perdiéndose la oportunidad de despertar curiosidad e interés en los alumnos, y lo que es peor, sin aprovechar la oportunidad que la experimentación brinda para lograr un aprendizaje significativo, una alfabetización científica y un eventual interés por profundizar y encarar posteriormente carreras científico–técnicas. La utilización de dichos equipos combinada con los sistemas de adquisición de datos desarrollados por nuestro grupo contribuirá a agilizar y modernizar el proceso de aprendizaje, como también a fomentar las vocaciones en las carreras científico–técnicas.

**Palabras clave:** Vinculación escuela media–universidad; Laboratorios; Modernización de equipamientos; Física; Química.

## Abstract

Most secondary schools lack specialized employees for equipment repairing and maintaining, and the teachers do not have neither time nor skill for the task. In that way, equipment is discarded or receives no use in science classes: the chance to interest students is lost, and even worse, the chance to gain significant learning and scientific alphabetization through experimentation, as well as further interest in scientific careers are lost. Recovered equipment use, as well as the data acquisition system developed by us, contribute to update learning processes and to increase interest in scientific and technological careers.

**Keywords:** Secondary school–University relationship; Experimental work; Equipment upgrading; Physics; Chemistry.

## I. INTRODUCCIÓN

Nuestro grupo de investigación ha brindado, en varias oportunidades, apoyo a diversas instituciones a fin de organizar, mantener y complementar los equipos de laboratorio con que cuentan para desarrollar su tarea en el aula de Ciencias Naturales (Zerbino, 2008).

Estos antecedentes nos llevaron a implementar un Proyecto de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTS) que hemos iniciado, en articulación, con Colegios de Educación Media de nuestra zona. El mismo ofrece apoyo para que los profesores de Ciencias de la Escuela Media logren interesar a sus alumnos en las carreras científico–tecnológicas a través del trabajo experimental (Moreno Sánchez, 2012). El PDTS consiste en:

- la recuperación, reparación y puesta en valor de equipos de laboratorio que se encuentran actualmente en desuso por fallas y rupturas y por falta de personal idóneo que sepa sobre su manejo. Es importante destacar que el equipamiento que se pretende recuperar en valor y funcionamiento es de muy buena calidad y de un valor económico significativo.

- la colaboración con los profesores de Ciencias Naturales para el diseño de las experiencias de laboratorio correspondientes a cada equipo.
- permitir al grupo IEC (Investigación en Enseñanza de las Ciencias), de la FRLP, UTN, ensayar y depurar un kit didáctico. Este fue diseñado y ensamblado por integrantes del Grupo de investigación, y consiste en un sistema de adquisición de datos mediante sensores que digitalizan los resultados de las experiencias de laboratorio.
- contribuir a la alfabetización científico–tecnológica de los estudiantes.
- favorecer el acercamiento de los estudiantes del colegio secundario a las carreras científico–tecnológicas, particularmente Ingeniería.

El desarrollo de este proyecto permitirá poner a punto valioso equipamiento clásico de laboratorio, actualmente en desuso en los colegios por falta de acceso a mantenimiento especializado. A solicitud de los profesores de Ciencias de esos establecimientos se va poniendo en funcionamiento y calibrando parte del equipamiento, y se está capacitando a los docentes en su uso.

En esta primera etapa han adherido a nuestra propuesta el Colegio María Auxiliadora de la Ciudad de La Plata, que cuenta con equipos de demostración muy antiguos de fabricación italiana (Milano, circa 1935) de muy buena calidad, y el Instituto Canossiano San José de la Ciudad de Berisso, cuyos equipos no son tan antiguos, pero sí valiosos y también se hallan en desuso por detalles de mantenimiento y ensamble.

En esta comunicación se informa sobre algunos avances del proyecto experimentados en el Instituto Canossiano que incluyen la puesta en funcionamiento de un equipo por parte del personal de IEC; el desarrollo, en conjunto con los profesores de Ciencias, de la estrategia didáctica de apoyo para su transferencia al aula y su validación en cursos piloto. También describimos un sistema de adquisición de datos, diseñado y construido por docentes–investigadores y becarios del Grupo IEC que es económico, sencillo de utilizar y compatible con numerosos sensores. Este equipo está disponible para ser utilizado por los docentes y alumnos de las escuelas antes mencionadas en forma conjunta y complementaria con los equipos que se reparan. Se prevé una instancia de capacitación docente que involucre el uso de los equipos propios combinados con el módulo del adquisidor de datos.

## II. REPARACIÓN DE BOMBA DE VACÍO. TUBO DE NEWTON

La bomba de vacío permite realizar varias experiencias, tales como propagación de la luz y del sonido, en el aire y en el vacío, empuje del aire y peso aparente (baroscopio o balanza de Arquímedes para gases), semiesferas de Magdeburgo, Tubo de Crookes, cambio de estado al hacer vacío (agua que hierve al hacer vacío) y tubo de Newton, entre otras. Como material accesorio se encontraron una base de vacío con su campana, semiesferas de Magdeburgo y un tubo de Newton.

Con el objeto de poner a disposición algunas de las experiencias antes citadas se procedió a la reparación del sistema para realizar vacío, engrase y limpieza de todo el mecanismo. La figura 1 es una fotografía del equipo reparado, con el tubo de Newton conectado en la válvula 1 de la base de vacío sin campana.

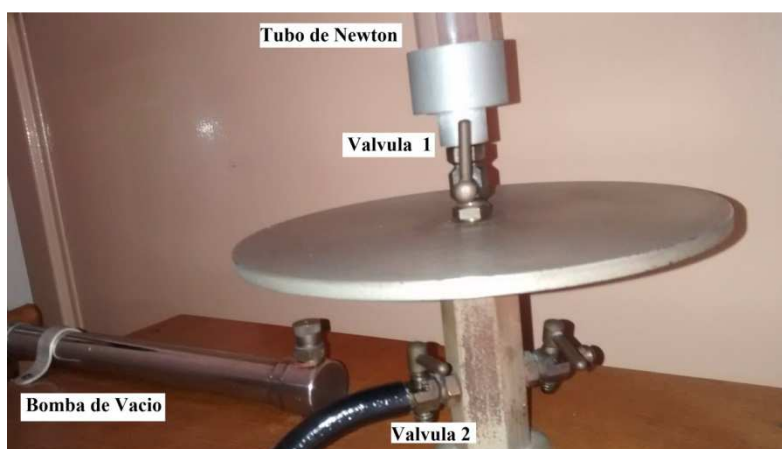


FIGURA 1. Bomba de vacío de émbolo conectada a la base del Tubo de Newton.

El sistema se probó haciendo funcionar el tubo de Newton, que permite demostrar experimentalmente la 1ª ley de la caída de los cuerpos esto es que, en el vacío, todos los cuerpos caen por la atracción terres-

tre con la misma aceleración. Se trata de un tubo de vidrio, dentro del cual se colocan sustancias de diferente densidad y forma, como papel, corcho, plomo, pluma, etc. El tubo está cerrado en un extremo, y en el otro tiene una válvula mediante la cual puede conectarse a la bomba de vacío y cerrarse para hacer la experiencia de caída de los cuerpos con o sin aire. El tubo de Newton del que dispusimos tiene un metro de largo aproximadamente y contiene una pluma y una pequeña lamina de metal (Figura 2).



FIGURA 2. Accionando el émbolo para hacer vacío en el tubo de Newton.

### III. EXPERIENCIA DEL TUBO DE NEWTON. ESTRATEGIA DIDÁCTICA

Describimos con algún detalle la estrategia didáctica diseñada en conjunto entre los investigadores del IEC y los docentes de Enseñanza Media involucrados.

Se propuso comenzar la tarea de laboratorio con situaciones de anticipación a fin de detectar los conocimientos de los estudiantes respecto a la caída de los cuerpos. Estas situaciones fueron discutidas previamente con los docentes a cargo de los cursos. El trabajo en el laboratorio se llevó a cabo en dos cursos de 6to año, siendo este el último año de la Escuela Secundaria de la Provincia de Buenos Aires con una edad promedio de 17 años, atendiendo un curso por vez. Los estudiantes trabajaron en grupos de 4 a 5 alumnos, formando 5 grupos.

La actividad se inicia indagando sobre qué sucede cuando se dejan caer cuerpos de diferentes pesos y formas. Dos grupos afirmaron que todos los cuerpos caen por acción de la gravedad y por tanto predijeron que llegarán al piso al mismo tiempo, y cinco sostuvieron que “dependerá de la forma del objeto”. Esas predicciones las expresaron en forma escrita y algunos a través de dibujos (Fig. 3). Nótese como representan la diferencia de tiempo en la caída entre un lápiz y una hoja de papel.

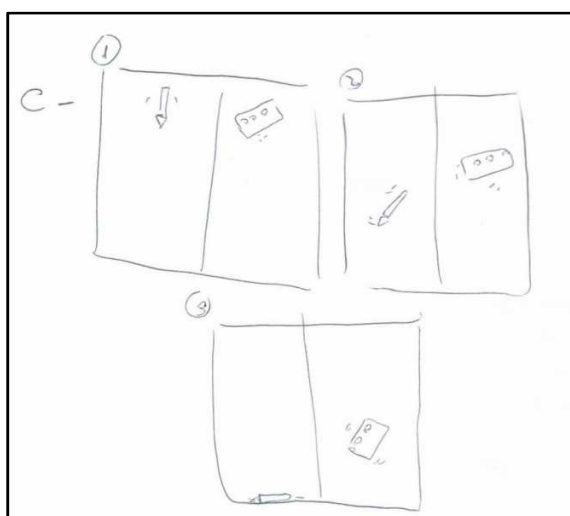


FIGURA 3. Representación de la caída de los cuerpos en presencia del aire.

Como se generó una discusión entre los grupos, algunos alumnos propusieron y ensayaron dejar caer hojas de papel: una plana, una hecha un bollo y otra plana con agujeros a fin de verificar si el tiempo de

caída variaba. Como resultado de esta comparación encontraron que llegaba al piso primero el bollo, luego la hoja con agujeros y por último la hoja plana. Esto lo filmaron con celulares. Intentando explicarlo, algunos destacaron que el peso del bollo y la hoja plana era el mismo, y atribuyeron la diferencia en los tiempos de caída a la forma y el área expuesta. Pero ninguno podía explicar por qué el tiempo de caída de la hoja con agujero era intermedio.

En este punto de la discusión el docente propone realizar la experiencia con el Tubo de Newton, sin extraer el aire, a fin de corroborar parte de lo planteado por los estudiantes. A continuación se les solicita que predigan que sucederá si se retira el aire, es decir si se hace vacío. La mayoría de los estudiantes sostienen que los objetos caen a la misma velocidad (6 grupos), esto evidencia el plano de igualdad en que ubican a la aceleración con la velocidad en la concepción a priori de los estudiantes.

Esto generó una buena oportunidad para discutir las diferencias: allí pudimos explicar que la aceleración es realmente la misma aunque la velocidad varía en el tiempo en cada cuerpo, de manera que si se los suelta simultáneamente la rapidez crece de idéntica forma en ambos.

También es de notar, que algunos estudiantes sostienen que al haber vacío no hay gravedad y por ende los objetos no caerían. Esta situación nos permite explicar a los estudiantes que la gravedad no es un fenómeno atmosférico. En tal sentido podemos inducirlos a pensar que la Luna se mantiene girando alrededor de la Tierra por acción gravitatoria, y no hay atmósfera en la región donde ella se encuentra. Esto se pone en evidencia, también, en el tubo de Newton cuando se realiza vacío y pueden observar que los cuerpos caen.

La tarea finaliza con la realización del experimento y su posterior institucionalización. En la institucionalización se comenta que la idea de que los objetos más pesados caen más rápido ya estaba presente en el pensamiento Aristotélico quien no consideraba la resistencia del aire, y posteriormente Galileo propone realizar la experiencia en el vacío para evidenciar el efecto del aire, pero técnicamente no fue posible hasta que Newton desarrolló el tubo.

Analizar el proceso de caída en presencia del aire libre en el aula escapaba a los contenidos que se deseaban tratar, pero los planteos experimentales espontáneos de los alumnos, como la caída errática de la hoja de papel sin estrujar, obligaron a discutir, al menos sucintamente esas ideas, ya que algunos estudiantes planteaban que, cuando se deja caer la hoja en el aire, el aire produce una fuerza proporcional al área expuesta.

En esta circunstancia quedamos en situación de introducir el concepto de fuerza viscosa. Para ello consideramos adecuado sugerir que tal fuerza, en condiciones simplificadas, es directamente proporcional a la velocidad y de sentido contrario a la misma (fuerza de frenado). Además, discutimos que tal proporcionalidad está determinada por un factor de forma que depende de la geometría del cuerpo y de las propiedades viscosa del fluido (en este caso, del aire) (Frank, 1949). Este factor será mayor cuanto mayor resulte la superficie expuesta perpendicular a la dirección del movimiento<sup>1</sup>.

Por la Segunda Ley de Newton (Ec.1):

$$\vec{P} - \vec{F}_{\text{viscosa}} = m \vec{a} \tag{1}$$

Si acaso el lector considerara que esta expresión pudiera ser no exacta por omisión de la fuerza de empuje, quisiéramos aclarar que consideramos inadecuada su incorporación en este contexto. Esto se debe a que los objetos involucrados tienen, todos, densidades aparentes muy superiores a la del aire, por lo que dicha fuerza resulta despreciable.

Ahora bien, si se retira el aire del tubo, la fuerza viscosa se torna nula (Ec. 2):

$$\vec{P} = m \vec{a} \rightarrow m \vec{g} = m \vec{a} \rightarrow \vec{g} = \vec{a} \tag{2}$$

Con lo que se observa que la aceleración de cualquier cuerpo coincide con la aceleración de la gravedad independientemente de su masa.

Si el cuerpo inicia su movimiento desde el reposo, al tiempo que se dispara el cronometro, utilizando las ecuaciones de la cinemática clásica, el tiempo de caída viene dado por (Ec. 3):

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \tag{3}$$

A modo de cierre se entrega un breve cuestionario sobre un texto que habla sobre el pensamiento de Aristóteles y las experiencias de Galileo en el estudio del movimiento de los cuerpos (Guerrero, 2012).

<sup>1</sup>Para aquel docente que necesite familiarizarse o profundizar sobre cuestiones inherentes a las fuerzas de origen hidrodinámico involucradas en las caídas de los cuerpos, recomendamos la lectura de Calderón (2007).

#### IV. VINCULACIÓN CON LAS TIC

Con el objeto de responder a la necesidad de actualizar y aumentar la cantidad de elementos disponibles para la ejecución de trabajos de laboratorio en el Departamento de Ciencias Básicas de la FRLP, se desarrolló en el Grupo IEC un sistema electrónico de adquisición de datos llamado Pp–V02 destinado a ser usado como herramienta de enseñanza de Física y Química tanto de nivel secundario como universitario. Entre sus ventajas podemos enumerar: es económico, sencillo de utilizar y compatible con numerosos sensores. Además permitiría relacionar a los alumnos con las nuevas tecnologías, cuestión demandada pero rara vez implementada debido al alto costo de los kits de adquisición de datos y sensores importados (Baade, 2004).

La figura 4 muestra un diagrama en bloques del Sistema Pp–V02 conectado a una PC y a dos sensores.

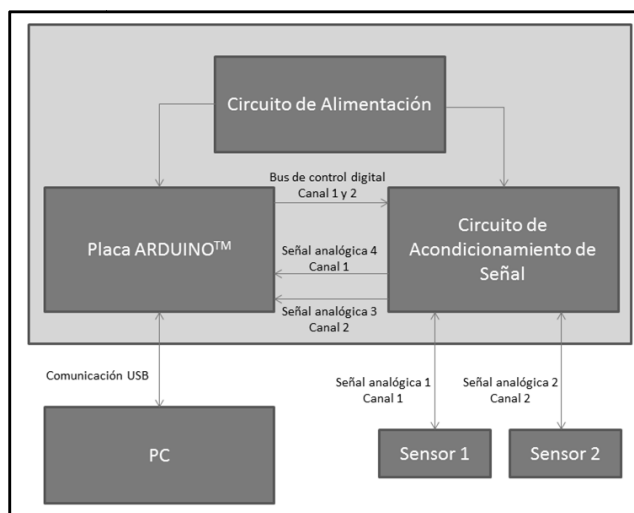


FIGURA 4. Diagrama en bloques del Sistema Pp–V02.

Las características básicas del sistema de adquisición Pp–V02 son:

a) Sistema multisensor: gracias a la implementación del Bloque “Acondicionamiento de Señal” pueden conectarse sensores cuya excursión en tensión llega a  $\pm 10V$ , extendiendo fuertemente el uso de la placa *ARDUINO™* (Prodanoff, 2015);

b) *Software* de fácil uso: la aplicación de *software* desarrollada fue pensada de forma tal que pueda ser usada sin necesidad de involucrarse con manuales ni instructivos. El manejo de la interfaz de usuario es sumamente intuitivo tanto para docentes como para estudiantes;

c) Visualización de datos: el *software* permite visualizar los datos en una gráfica a medida que son adquiridos. También se cuenta con la posibilidad de guardar en PC para su posterior procesamiento (por ejemplo usando una planilla de cálculo);

d) Inversión económica acotada para su construcción: una de las premisas de diseño fue el empleo de partes de fácil adquisición así como también de bajo costo. De este modo fue planificada la producción de una serie de unidades para ser utilizadas en los laboratorios de Física y Química del Depto. de Ciencias Básicas de la Regional La Plata.

Algunas experiencias piloto exitosas realizadas con los alumnos son: medida de carga y descarga de capacitores, empleando sensores de tensión (Figura 5 y 6); y medida de temperatura de fusión de diversas sustancias empleando sensores de temperatura sumergibles (Figura 7).



FIGURA 5. Trabajo colaborativo entre estudiantes secundarios y estudiantes de Ciencias Básicas en la FRLP.

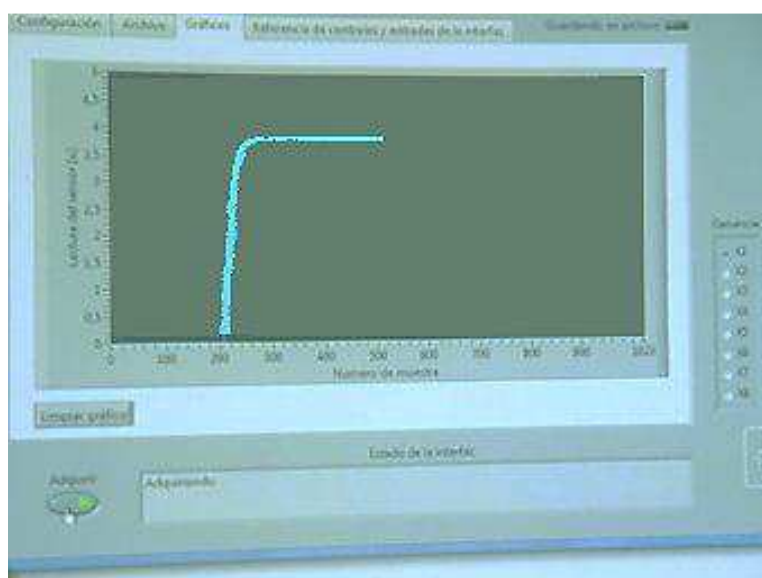


FIGURA 6. Pantalla gráfica de la aplicación ArSens-V01 mostrando la evolución temporal de una medición de carga de un capacitor.

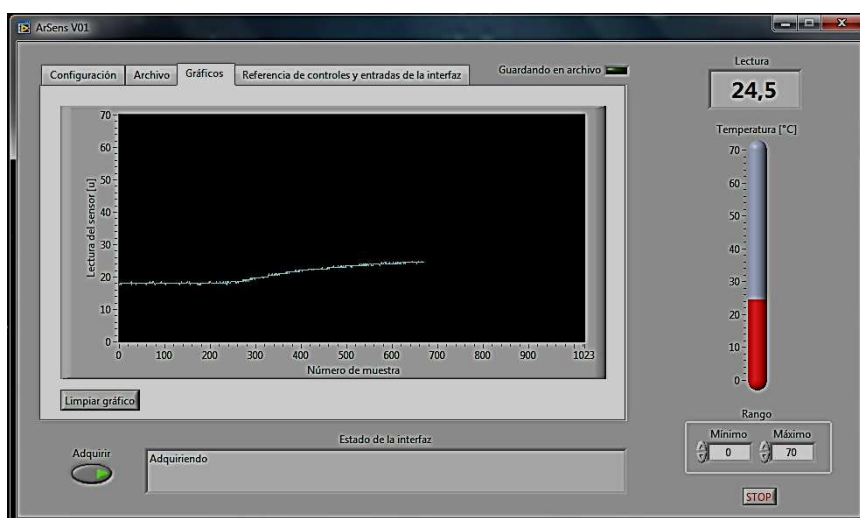


FIGURA 7. Pantalla gráfica de la aplicación ArSens-V01 mostrando la evolución temporal de una medición de temperatura.

## V. REFLEXIONES FINALES

La relevancia de la implementación de este PDTs se evidencia en:

- la recuperación de equipamiento en desuso, y elaboración de propuestas didácticas de acuerdo con los docentes de la Escuela Media, y la posibilidad de ampliar este proyecto a más establecimientos de la zona;
- que permite entusiasmar a los docentes de nivel secundario en la realización de trabajos experimentales que despierten interés de los alumnos por carreras científico–técnicas. Varios comentaron que el replanteo de propuestas didácticas, la interacción con docentes universitarios y su inclusión y compromiso fueron muy motivadores y beneficiosos para sus estudiantes;
- que favorece la alfabetización científica de todos los alumnos, aun los que no se interesan en carreras científico–técnicas, lo cual se vio reflejado en el esmero puesto por los estudiantes al momento de realizarlas experiencias;
- que permite el acercamiento de los estudiantes a las nuevas tecnologías, a través del uso de hardware y *software* de nuestro kit didáctico.

Este es un proceso que involucra mucho más material de laboratorio como ser el Generador de Wimshurst, órganos acústicos, campana de vacío, etc. lo cual permitirá un gran abanico de actividades. Es así que se podrán completar, desde un ámbito experimental muchos más conceptos del currículo.

Es de destacar la importancia del encuentro entre la Universidad y la Escuela Media a fin de seguir ampliando las experiencias, para prestarle apoyo y asesoramiento. El grupo IEC se ofrece a interactuar de manera similar con los establecimientos de Enseñanza Media, Terciaria o Institutos del Profesorado que lo soliciten.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen especialmente a los directivos, docente y alumnos del Instituto Canossiano San José de la Ciudad de Berisso por el entusiasmo, confianza e interés con que participaron de las actividades descriptas en este trabajo, y a la Facultad Regional La Plata de la Universidad Tecnológica Nacional por el apoyo brindado a este proyecto PDTs.

## REFERENCIAS

Baade, N., Mineo M., Alustiza D, Dorbesi C, Calderon J. y Toledo J. (2004). Diseño de un sistema de adquisición simple para ser usado como herramienta en trabajos de laboratorio. En *Actas del 10º Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC)*.

Calderon, S. E., López González, S. y Gil, S. (2007). Determinación de la fuerza de roce con el aire usando nuevas tecnologías. *Revista de Enseñanza de la Física*, 20(1), 55–64.

Guerrero, B. (2012, octubre 6). Galileo–Aristóteles y el movimiento. *Secuencias* [Blog] <https://cienciasecu.blogspot.com.ar/2012/10/galileo-aristoteles-y-el-movimiento.html> Consultado el 03/09/17.

Frank, N. (1949). *Introducción a mecánica y calor*. Washington: Atlante.

Moreno Sánchez, J., Albert, G., Hernández, B. y López, J. (2012). Científicos en el aula. En Pinto Cañón, G. y Martín Sánchez, M. (Eds.), *Enseñanza y divulgación de la química y la física*. Madrid: Garceta.

Prodanoff, F., Juanto, S., Alustiza, D., Cristofoli, N., Zapata M., y Abraham A. (2015). Caso de Desarrollo Tecnológico Local: Generación de Material Didáctico de Bajo Costo para la Implementación de Trabajos de Laboratorio. En *Actas del 3º Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información (CoNaIISI 2015)*.

Zerbino, L. M., Núñez, R., Rossi, A. M., González, N. (2008). Mejora institucional y laboratorio activo de óptica para un Profesorado en Biología. *93ª Reunión Nacional de la Asociación Física Argentina y XI Reunión de la Sociedad Uruguaya de Física*. Asociación Física Argentina. Buenos Aires.