

Propuesta de implementación de sensores en experimentos de laboratorio para la enseñanza de física universitaria

Proposal for the implementation of sensors in laboratory experiments for the teaching university physics

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Javier Fornari¹, Cecilia Culzoni¹, Laura Alegre¹, y Agustín Cabaña¹

¹Facultad Regional Rafaela, Universidad Tecnológica Nacional, Acuña 49 (2300) Rafaela, Santa Fe. Argentina.

E-mail: javier.fornari@frra.utn.edu.ar

Resumen

El presente trabajo tiene por objetivo plantear una serie de experiencias prácticas con uso de sensores en sistemas de adquisición de datos para complementar la enseñanza de física en la educación universitaria. Se realiza una breve introducción a los sensores, su clasificación y un criterio de selección. Posteriormente se establece una metodología en base a la cual son planteadas las alternativas de experiencias de laboratorio para ser implementadas a futuro a través de nuevas secuencias didácticas mediante educación con enfoque en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas(STEM).

Palabras clave: Educación; Sensores; Física.

Abstract

The present work aims to propose a series of practical experiences using sensors to complement the teaching of physics in university education. A brief introduction to the sensors is made, their classification and a selection criterion. Subsequently, a methodology will be established based on which the alternatives of laboratory experiences are presented to be develop in the future through new didactic sequence by STEM (Science, Technology, Engineering and Math) education.

Keywords: Education; Sensors; Physics.

I. INTRODUCCIÓN

Con el rápido cambio tecnológico en la educación en todo el mundo, es probable que las habilidades específicas demandadas en el futuro sean diferentes a las requeridas en el pasado. La educación STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) tiene como objetivo enseñar la ciencia como una práctica de manera interdisciplinaria. La física es un campo que realmente abarca la educación STEM. Por lo cual la educación, en todos los niveles, es un campo interesante para la investigación y las aplicaciones del uso de sensores (Riera y otros, 2009; 2013).

STEM puede considerarse como un plan de estudios basado en la idea de educar a los estudiantes en cuatro disciplinas específicas (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) mediante un enfoque interdisciplinario y aplicado que se combina con el aprendizaje práctico basado en problemas. La literatura es extensa sobre la educación STEM (Bicery otros, 2015; Corluy otros, 2014; González y Kuenzi, 2012). El término se usa normalmente cuando se abordan las políticas educativas y las opciones curriculares en el ámbito educativo para mejorar la competitividad en el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Es necesario concentrarse en estas áreas juntas no solo porque las habilidades y el conocimiento en cada disciplina son esenciales para el éxito de los estudiantes, sino también porque estos campos están profundamente entrelazados en el mundo real y en la forma en que los estudiantes aprenden con mayor eficacia.

Los cursos de física, ya que todos los cursos en términos técnicos en sentido amplio requieren la transferencia de conocimientos y experiencia a los estudiantes. Por lo general, los cursos se dividen en cursos teóricos, ejercicios y prácticas. La capacitación en el ámbito de las ingenierías requiere un enfoque interdisciplinario y aplicado que se combine con el aprendizaje práctico y basado en problemas, similar al enfoque STEM. Además, como educación STEM, la educación de la física requiere el uso de sistemas

que provienen de la vida actual, utilizando los diversos sentidos para captar los valores de la realidad.

Las capacidades de instrumentación en el uso de sensores para la enseñanza de la Física están en constante evolución hacia mayores escalas y rendimiento, con el objetivo de describir fenómenos cada vez más complejos. Más recientemente, ha aparecido una mayor sofisticación en la adaptación de las soluciones de adquisición ya que los ingenieros y los fabricantes a menudo encuentran dificultades para evaluar el mercado global en busca de nuevas tecnologías de detección y encontrar el análisis de datos adecuado para ser utilizado experimentalmente por los investigadores. En el ámbito de los proyectos de investigación académica a veces pueden ayudar a difundir las oportunidades de mercado en otros sectores más grandes, como la precisión, sin embargo, la realidad es que estas tecnologías parecen estar lejos de su aplicación práctica, y el éxito económico potencial de cualquier tecnología es difícil de predecir.

Con el fin de exponer a los estudiantes a herramientas que los lleven a la ideación, innovación, conciencia y habilidades de resolución de problemas es que el uso de sensores para medir valores físicos les permitirá formarse como parte de la mano de obra que se necesitará en el futuro (Benitti, 2012; Duncan y Bell, 2015; Merkouris y Chorianopoulos, 2015).

Enseñar a utilizar sensores es una tarea desafiante, principalmente en las etapas iniciales de la educación universitaria ya que hay una gran cantidad de alternativas disponibles y plataformas que pueden utilizarse para realizar interfaces de entrada/salida (Mondragon & Becker-Gomez, 2012).

En este artículo, presentamos una serie de propuestas innovadoras para el uso de sensores en la enseñanza de Física universitaria, planteando los principios pedagógicos que involucran su diseño en una segunda etapa.

II. MARCO TEÓRICO

A. Sensores

El término sensor, según el *Vocabulario Internacional de Metrología*, hace referencia a: “Elemento de un sistema de medida directamente afectado por la acción del fenómeno, cuerpo o sustancia portador de la magnitud a medir” (BIPM, 2012).

Otro autor define como sensor a aquel dispositivo transductor que convierte un estímulo de entrada en una señal eléctrica en la salida (Fraden, 2016). Una vez transformado el estímulo en la señal eléctrica, se procede al procesamiento de esta última. Este paso es realizado debido a que las señales generalmente carecen de amplitud suficiente, tienen ruido asociado, requieren compensación o se encuentran en un formato diferente al necesario (Nihitany y Luque, 2018). Esta etapa se conoce como acondicionamiento de la señal.

Los sensores modernos integran en un mismo circuito electrónico el transductor encargado de la conversión del estímulo, elementos para el procesamiento de la señal, almacenamiento de datos en memoria e inclusive capacidades de control y comunicación (Schütze y otros, 2018).

B. Sistemas de adquisición de datos

Los sensores son un componente típico de los sistemas de adquisición de datos, que a su vez puede ser parte de un sistema de control. Los datos obtenidos, posterior a su procesamiento, se convierten en información útil para actuar o tomar decisiones sobre un elemento de control que actúa sobre el sistema (Fraden, 2016).

C. Clasificación de sensores

Pueden establecerse distintos tipos de clasificaciones, de acuerdo al parámetro que se use para evaluar el sensor. Un grupo de parámetros típicos (White, 1987) que se utiliza para segmentarlos son los siguientes:

- Según el tipo de mensurando.
- Según las características tecnológicas del sensor.
- Según el medio de detección del estímulo.
- Según el principio de transformación del estímulo.
- Según el tipo de material del elemento que compone el sensor.
- Según el campo de aplicación del sensor.

Las clasificaciones resultantes por cada parámetro resultan extensas debido a la multiplicidad de mensurados de diferente naturaleza que son susceptibles de medición. Una clasificación de los sensores

comúnmente utilizada por los fabricantes es en base al tipo de mensurando y especificando el principio de transformación del estímulo que utiliza.

D. Criterio de selección de sensores

Un criterio planteado (Shieh y otros, 2001) hace uso de las características tecnológicas de los sensores para establecer el tipo de sensor a utilizar. En este, mediante gráficas en un plano se delimitan las áreas de aplicación de cada tipo de sensor.

Esta forma de selección puede resultar válida si se conoce de antemano las características requeridas. Sin embargo, si se desconocen las mismas deben determinarse primeramente una serie de aspectos tales como:

- Magnitud que se desea medir.
- Rango de medición estimado.
- Exactitud necesaria en la medición.
- Resolución requerida.
- Tiempo mínimo de respuesta necesario.
- Estabilidad y tiempo de vida deseados.
- Condiciones ambientales del ambiente de trabajo del sensor.
- Medios de transmisión de información y comunicación disponibles.
- Posibles fuentes de ruido.
- Dimensiones del espacio físico de emplazamiento del sensor.
- Características de la fuente de alimentación de la que se dispone.
- Presupuesto disponible.

Al determinar estos puntos, puede seleccionarse el tipo de sensor según el mensurando y posteriormente contrastar la información con la hoja de datos suministrada por el fabricante del sensor, de modo de verificar el cumplimiento de las características necesarias.

III. ANTECEDENTES

Existen una serie de trabajos previos que muestran la relación del uso de sensores con la investigación tecnológica y de aplicación a experiencias prácticas de física. También se encontraron análisis del impacto de diversas experiencias de laboratorio para la enseñanza de la física empleando diversos sistemas de adquisición de datos en el aprendizaje (Alegre y otros, 2018).

En general, los sistemas de adquisición de datos para la experimentación y la enseñanza tienen diferentes presentaciones, ya sea un sistema integrado de hardware y software comercial, desarrollos electrónicos propios o placas de desarrollo abierto (*open source*). Estas últimas han sido utilizadas para la realización de experimentos sencillos de física (Llamas y otros, 2018) en conjunto con sensores.

Debido a la sencillez de programación, el soporte de la comunidad y el bajo costo que posee, una de las placas de desarrollo abierto más popular es Arduino. Se ha utilizado en diversas experiencias para mejorar la enseñanza de programación en ingeniería (Rubio y otros, 2013) y también para la adquisición de datos en experimentos de física (Lesteiro Tejeda y otros, 2017; Martinazzo y otros, 2014). Se destaca la ventaja de que los estudiantes puedan integrar competencias sobre ciencias de la computación y física de forma simultánea (Zieris y otros, 2014).

Otra placa que se destaca es la Raspberry Pi. Esta se ha presentado como una alternativa viable para servir como herramienta en la enseñanza de ingeniería de control, ya que presenta la posibilidad de utilizar numerosas librerías de computo científico en conjunto con sensores (Hoyo y otros, 2015). Se han realizado experimentos de física sencillos con dicho dispositivo (Mitsou y otros, 2016). Esta placa permite un aprendizaje con el uso de softwares de programación en bloque (Furlan de Souza y otros, 2015), softwares de programación propietarios como Matlab (Husseini y Kaszubski, 2017) o en el lenguaje Python, que puede servir de herramienta para el computo científico en laboratorios de física (Imreh, 2013).

IV. METODOLOGÍA

El proceso planteado para la implementación de experiencias con sensores en el ámbito educativo se encuentra resumido en la siguiente imagen:

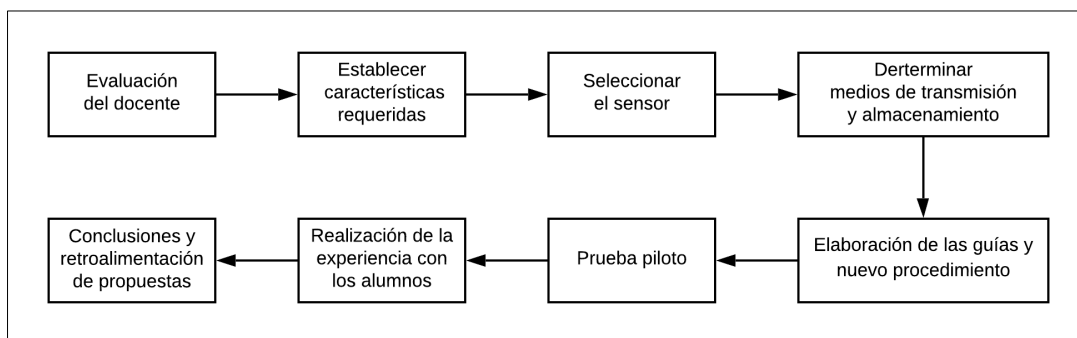


FIGURA 1. Procedimiento de implementación de experiencias con sensores en la enseñanza de la física

1. Evaluación del docente sobre aquellas actividades prácticas en las que es posible realizar experiencias prácticas con sensores, teniendo en cuenta la viabilidad técnica y el análisis del impacto pedagógico.
2. Establecer las características requeridas para la medición de las magnitudes en el experimento.
3. Seleccionar el sensor en base a los requerimientos.
4. Determinar la manera en la que los datos de las mediciones serán transmitidos y almacenados.
5. Elaboración de las guías actualizadas de trabajo de laboratorio, con el procedimiento de la experiencia incorporando los sensores.
6. Prueba piloto de la experiencia.
7. Realización del práctico con los alumnos. Si el experimento ya se realizaba de manera distinta, pueden ejecutarse de forma consecutiva el procedimiento anterior y el nuevo.
8. Retroalimentación de propuestas de mejora por parte del alumno en el informe del trabajo. Análisis de las conclusiones al evaluar las diferencias entre el práctico de laboratorio anterior y el actualizado que hace uso de los sensores en un sistema de adquisición de datos. Ajustar la experiencia en base a esto.

V. PROPUESTAS

En la enseñanza de Física para carreras de ingeniería en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rafaela se divide a la misma en dos cátedras con contenidos correlativos, según el plan vigente de estudios. No todos los contenidos del programa son aptos para la realización de experiencias prácticas, pero sí destacan algunos que podrían ser complementados con el uso de sensores. Si bien se ha iniciado un cambio a partir de propuestas presentadas en los diferentes departamentos todavía falta mucha sensibilización para que los docentes estén dispuestos al cambio de metodología y en especial existe un rechazo a la adquisición de nuevos conocimientos para el manejo de equipamiento tecnológico adecuado a los tiempos actuales.

En la tabla I se establece el contenido del plan de estudios, el tipo de sensor aplicable para el caso en particular, y un procedimiento planteado para la realización de la experiencia.

TABLA I. Propuestas de uso de sensores para la enseñanza de Física.

Tema	Sensor	Procedimiento general
Gravedad	Acelerómetro	Se realizan mediciones del campo magnético en diferentes lugares de la universidad. Se puede acoplar el sistema con el sensor a un grupo de globos con helio unidos por un hilo, iniciar la medición e ir soltando la cuerda de manera progresiva. Se analizan las mediciones a diferentes alturas y en distintos lugares y se obtienen conclusiones de por qué se supone a esta aceleración como constante.

TABLA I.(Continuación).

Oscilaciones	Acelerómetro y sensor ultrasónico	Se monta el sensor sobre un cuerpo unido a un resorte. Se fija el sensor ultrasónico a una posición. Se coloca una pantalla en el cuerpo contra la cual la onda rebotará de acuerdo con la posición en la que se encuentre por la oscilación del resorte. Se desplaza el mismo fuera de la posición de equilibrio. Se inicia la medición de los datos y se suelta el cuerpo. Se producen gráficas del movimiento con los datos obtenidos de la posición del sensor ultrasónico y de la aceleración por medio del acelerómetro.
Rozamiento	Acelerómetro e inclinómetro	Se monta el sensor sobre el cuerpo que se desplaza y se inicia la toma de mediciones. Se inclina gradual y lentamente el plano inclinado hasta que el cuerpo comienza a moverse. Con los datos recopilados se analiza el momento en el que la aceleración del cuerpo deja de ser nula. En ese punto y con los datos del inclinómetro se calcula la tangente del ángulo de inclinación, que nos da el coeficiente de rozamiento.
Cambio de estado de la materia	Temperatura resistivo	Se coloca el sensor de temperatura tipo sonda en un recipiente que contiene agua a 0°C, un calentador y un agitador. Se inicia con la medición de temperatura. Se comienza a agitar y calentar el agua. Se espera a que todo el hielo se haya derretido, y un tiempo adicional para que se aprecie un calentamiento de agua debido al calor sensible. Se realiza la gráfica de temperatura con respecto al tiempo y se obtienen las conclusiones correspondientes.
Ley de Biot-Savart	Magnético de efecto Hall	Se coloca el sensor en un conductor del circuito. Se conecta un circuito a una fuente regulable. Se realiza una medición de la intensidad del campo magnético. Se varía la tensión aplicada en bornes y se vuelve a medir. Se analizan los datos y se grafican los datos.
Campos magnéticos	Magnético de efecto Hall	Se analiza el principio de funcionamiento del sensor. Se mide la orientación e intensidad del campo magnético producido por diversos imanes permanentes y electroimanes, variando la distancia entre el sensor y los imanes.
Capacidad y permitividad eléctrica	Proximidad capacitivo	Se explica el principio de funcionamiento del sensor. Se interpone entre el sensor y la superficie distintos elementos y se observa cómo afectan a los datos de la medición.
Ondas electromagnéticas	Emisor/receptor láser	Se hace una explicación del principio de funcionamiento del sensor. Se mide el tiempo de vuelo hasta un objeto fijo. Estimación de la distancia utilizando la constante de la velocidad de la luz. Medición de la distancia y contrastación con los resultados obtenidos con el sensor.
Transformaciones termodinámicas	Presión y temperatura	Se colocan los sensores dentro de un recipiente cerrado, sumergido en un baño isotérmico. Se comienza la medición de presión y temperatura dentro del recipiente. Se mide la temperatura por medio de otro sensor en el baño. Se aumenta la temperatura del baño, y se observa la variación de la presión dentro del recipiente, manteniendo el volumen de gas constante. Se analizan los datos de las mediciones y grafican las variaciones de presión con la temperatura.

VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta un esquema de propuestas para el uso de sensores en la enseñanza de Física en la universidad. El detalle de las diferentes propuestas, así como la secuencia didáctica elegida para cada uno de ellos se expondrán en un nuevo trabajo donde se explicitará el proceso de construcción para la adquisición de las habilidades básicas de forma de mantener a los alumnos motivados y así poder aumentar la complejidad paso a paso.

Por otro lado, en relación con el enfoque de aprendizaje asistido de una manera menos formal seguramente logrará una política más entusiasta al respecto que de la forma tradicional de aprender Física. En este caso se asegura que la respuesta general de los alumnos proporcionará un ambiente positivo y con un acuerdo unánime sobre la conveniencia de continuar con estas actividades y el enfoque dado.

Las capacidades de instrumentación están en constante evolución hacia mayores escalas y rendimiento, con el objetivo de describir fenómenos cada vez más complejos. Es por ello por lo que han aparecido mayores sofisticaciones en la adaptación de las soluciones de adquisición. En general, los ingenieros y los fabricantes a menudo encuentran dificultades para evaluar el mercado global en busca de nuevas tecnologías de detección y encontrar el análisis de datos adecuado para su implementación en forma experimental por parte de los investigadores.

En general, los sistemas de adquisición de datos para la experimentación y la enseñanza tienen diversas formas de utilizarse para poder analizar, comprender y aprender los diversos conceptos de Física. Es por ello que se fomenta el uso de sistemas de adquisición de datos ya que contribuyen de una manera particular a la generación de habilidades manuales con la medición junto con las capacidades o destrezas de tipo intelectual para analizar los datos y así encontrar la solución a los problemas planteados.

Actualmente hay planes en marcha para implementar las propuestas donde se llevará a cabo una actividad de tipo desafío, en la cual los estudiantes que participen trabajarán en equipos para desarrollar un determinado proyecto. Este desafío brindaría a los estudiantes una experiencia de aprendizaje más significativa y les daría una mejor idea de lo que enfrentarán en el curso universitario.

REFERENCIAS

Alegre, L., Culzoni, C., Bircher, G., Fissore, A., Quiroga, M. y Lagrutta, J. (2018). Incorporación de sistemas de adquisición de datos en prácticas de laboratorio: una revisión. *Revista de Enseñanza de la Física*, 30(Extra), 17-26.

Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978-988.

Bicer, A., Navruz, B., Capraro, R. M., Capraro, M.M., Oner, T.A., & Boedeker, P. (2015). STEM schools vs. non-STEM schools: Comparing students' mathematics growth rate on high-stakes test performance. *International Journal of New Trends in Education and Their Implications*, 6(1), 138-150.

BIPM. (2012). International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms. JCGM 200. <https://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html>

Corlu, M. S., Capraro, R. M., y Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers in the age of innovation. *Education and Science*, 39(171), 74-85.

Duncan, C., y Bell, T. (2015). A pilot computer science and programming course for primary school students. En *WiPSCE'15 Proceedings of the Workshop in Primary and Secondary Computing Education* (pp. 39-48). London, UK: ACM.

Fraden, J. (2016). *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications*. Springer.

Furlan de Souza, M., Denis, E., Lopes Fernandes, J. (2015). Utilização de um hardware embarcado (RaspberryPi) usando programação em blocos (Scratch) para ensino de física em escolas secundárias e universidades. *XLIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*.

González H.B., Kuenzi J.J. (2012). *Science, technology, engineering and mathematics (STEM) education: A primer*. Washington: Congressional Research Service.

Hoyo, A., Guzmán, J., Moreno, J. y Berenguel, M. (2015). Teaching Control Engineering Concepts using Open Source tools on a Raspberry Pi board. *International Federation of Automatic Control*, 99-104.

Husseini, N. y Kaszubski, I. (2017). Incorporating the Raspberry Pi into laboratory experiments in an introductory MATLAB course. *American Society for Engineering Education*.

Imreh, G. (2013). Python in a Physics Labs. *The Python Papers*, 1-8.

Lesteiro-Tejeda, J., Hernandez, D. y Batista-Leyva, A. (2017). Automation of Experiments Using Arduino. *Revista Cubana de Física*, 120-124.

- Llamas, C., Vegas, J. y González, M. (2018). Open-source system for doing simple physics experiments. *Papers in Physics*, 1-4.
- Martinazzo, C., Trentin, D., Ferrari, D. y Piaia, M. (2014). Arduino: Uma tecnologia no ensino de física. *Perspectiva*, 21-30.
- Merkouris, A., y Chorianopoulos, K. (2015). Introducing computer programming to children through robotic and wearable devices. En *WiPSCE'15: Proceedings of the Workshop in Primary and Secondary Computing Education* (pp. 69-72). London, UK: ACM.
- Mitsou, G., Vavougiou, D., Sianoudis, J. y Ioannidis, G. (2016). Design and Development of Physics Remotely Controlled Teaching Laboratory (RCL): The Case of Light Attenuation Passing through Transparent Materials Experiment. *Asian Journal of Education and E-learning*, 85-91.
- Mondragon, A. F., y Becker-Gomez, A. (2012). So many educational microcontroller platforms, so little time! En *American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition* (pp. 1-16). San Antonio, Texas, USA: American Society for Engineering Education.
- Nihtianov, S. y Luque, A. (2018). *Smart Sensors and MEMS: Intelligent Sensing Devices and Microsystems for Industrial Applications*. Woodhead Publishing.
- Riera, B. Marangé, P., Gellot, F., Nocent, O., Magalhães, A., Vigário, B. (2009). Complementary usage of real and virtual manufacturing systems for safe PLC training. *8th IFAC Symposium on Advances in Control Education (ACE09)*. Kumamoto, Japan, October.
- Riera, B. Vigario, B (2013). Virtual Systems to Train and Assist Control Applications in Future Factories. *IFAC Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems*, Volume 12, Part 1, (pp 76-81). Las Vegas: Elsevier.
- Rubio, M., Hierro, C. y Pérez de Madrid y Pablo, A. (2013). Using Arduino to Enhance Computer Programming in Science and Engineering. *EDULEARN*, 5127-5133.
- Schütze, A., Helwig, N. y Schneider, T. (2018). Sensors 4.0: Smart sensors and measurement technology enable Industry 4.0. *Journal of Sensors and Sensor Systems*, 359-371.
- Shieh, J., Huber J., Fleck, N. y Ashby M. (2001). The selection of sensors. *Progress in Material Science*, 461-504
- White, R. (1987). A Sensor Classification Scheme. *IEEE Transactions on Ultrasonic, Ferroelectrics and Frequency Control*, 124-126.
- Zieris, H., Gerstberger, H. y Müller, W. (2014). Using Arduino-Based Experiments to Integrate Computer Science Education and Natural Science. *KEYCIT*, 381-389.