

# Conectando ciencias: interfaces educativas usando el entorno *Arduino*

Connecting sciences: educational interfaces using the *Arduino* environment

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

María Llera<sup>1</sup>, Ariel Scagliotti<sup>1,2</sup> y Guillermo Jorge<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias. Universidad Nacional de General Sarmiento, Juan María Gutiérrez 1150, Los Polvorines, Buenos Aires. Argentina.

<sup>2</sup>CONICET

E-mail: mllera@ungs.edu.ar

## Resumen

En este proyecto intentamos revalorizar las actividades experimentales dentro del aula, siendo conscientes de que es muy difícil conseguir material de laboratorio apto y funcionando dentro de cada escuela, sea por los costos, o por el mantenimiento que requieren estos equipos. Presentamos una alternativa económica para el desarrollo de actividades experimentales utilizando una interfaz elaborada con placas y sensores *Arduino*, la cual utiliza un lenguaje libre. En particular en el proyecto se usó un luxómetro, un sensor ultrasónico y una termocupla. Agregamos además algunos elementos de manera de conformar un kit didáctico donde los estudiantes puedan cubrir las necesidades básicas para la realización de actividades de calor y temperatura, luz, y movimiento. El prototipo diseñado permite realizar cambios e incorporar sensores. Las interfaces fueron entregadas en distintas escuelas de la zona de influencia de la Universidad Nacional de General Sarmiento con el respectivo proceso de capacitación a los docentes para su uso.

**Palabras clave:** Interfaces; Experimentos; Sensores; *Arduino*; Enseñanza de la física.

## Abstract

In this project we try to revalue the experimental activities within the classroom being aware that it is very difficult to obtain laboratory material suitable and functioning within each school, either for the costs or maintenance required by this equipment. In this work we present an economical alternative for the development of experimental activities using an interface made with *Arduino* plates and sensors, which uses a free language. In particular the project used a lux meter, an ultrasonic sensor and a thermocouple. We also add some elements to form a teaching kit where students can cover basic needs for the realization of activities of heat and temperature, light, and movement. The prototype designed allows making changes and incorporating sensors. The interfaces were delivered in different schools in the area of influence of the National University of General Sarmiento with the respective training process for teachers to use.

**Keywords:** Interfaces; Experiments; Sensors; *Arduino*; Physics teaching.

## I. INTRODUCCIÓN

Dentro de las problemáticas esenciales que afrontamos los profesores durante las clases de ciencias se encuentra la dificultad de conseguir material de laboratorio dentro de las aulas en las escuelas secundarias. Los alumnos transitan el proceso de aprendizaje buscando relacionar sus experiencias vividas con los fenómenos analizados. En el caso de la física hay temas muy abstractos y otros que no lo son tanto, por cual muchas veces es sencillo ejemplificar, pero otras es necesario completar ese conocimiento con la toma de datos utilizando algún experimento. Creemos que el aprendizaje de las ciencias naturales requiere en muchos casos tareas de visualización, pero en otros es pertinente un análisis más profundo donde contraponer leyes, verificar contenidos, analizar gráficos.

A la hora de equipar un laboratorio escolar las interfaces suelen tener precios elevados y los sensores que utilizan requieren mantenimiento en general con costos elevados. Por otro lado, no todas las escuelas disponen de equipo técnico que pueda resolver este tipo de problemas. Pese a que el celular actualmente es una herramienta didáctica importante, creemos que también lo es la experimentación de los alumnos con material específico, para comprender el funcionamiento de elementos, e introducirse en las normas de conducta de distintos ambientes de aprendizaje, como por ejemplo el laboratorio de ciencias.

Nuestra propuesta es utilizar la plataforma *Arduino* para realizar interfaces educativas que puedan utilizarse en las aulas, haciendo uso de las máquinas disponibles y de *software* totalmente libre. Esta propuesta implica el uso de sensores, pero deja la posibilidad de que cada docente pueda modificar el dispositivo según sus necesidades. El proyecto se completa con la entrega de prototipos en escuelas, además de un proceso de capacitación que incluye acompañamiento, asesoramiento y sugerencia de actividades.

## II. OBJETIVOS

Para la realización de las interfaces y su implementación en las aulas, nos planteamos los siguientes objetivos:

- Diseñar interfaces que sean utilizadas en escuelas con déficit de dispositivos experimentales.
- Relevar la potencialidad de los sensores y adaptarlos a las necesidades de los docentes y las escuelas.
- Diseñar actividades donde los sensores no sean objetos desconocidos, sino que pueda interpretarse con los mismos los principios de funcionamiento.
- Realizar capacitaciones con los docentes y mantener el contacto con las instituciones.

## III. METODOLOGÍA

Para comenzar el diseño de las interfaces se hizo un relevamiento general tomando en cuenta las características de algunos de los sensores de *Arduino*, se analizó cuáles eran los más apropiados para el uso en el aula, cuales abarcarían mayor cantidad de contenidos en los temarios escolares. Para el armado del prototipo se utilizó un luxómetro, un voltímetro, un sensor de movimiento y un sensor de temperatura.

Luego de esto se procedió al armado de la interface y el diseño del lenguaje de programación, en cuanto a la comunicación con la computadora se utilizó *MyOpenLab* como intermediario entre los datos obtenidos y la visualización de los mismos en pantalla en forma de tabla, gráfico o combinación de ambos, además este programa permite guardar los datos en una planilla de cálculo para su posterior tratamiento.

Ambos programas son de libre acceso, en caso de necesitar modificaciones en la interface hay muchos ejemplos libres en la web. El lenguaje de *Arduino* tiene una plataforma donde se pueden realizar todo tipo de consultas, por lo tanto, es muy simple encontrar ayuda en la web para el mantenimiento de los equipos, esto tiene grandes ventajas para las escuelas ya que no genera gastos a futuro ni necesidad de llamados a técnicos especializados.

Luego de realizada la calibración de cada sensor se procedió al armado del prototipo final. Allí se tuvo en cuenta el posible uso que se daría a cada sensor para la posterior configuración en el equipo. Una vez culminado el prototipo se comenzó con las reuniones con los docentes, se entregaron cuadernillos que contenían actividades sugeridas, formas de modificar cada dispositivo, y el potencial de cada interface y modo de uso.

## IV. FUNDAMENTACIÓN

Existen muchas dificultades para conseguir material de laboratorio apto para la realización de experiencias dentro del aula. Por un lado, por la falta de equipamiento, por otro, por los elevados costos que requiere. Las instituciones de nivel superior suelen tener equipos de dos empresas de importancia en la Argentina. Los sensores, y el mantenimiento de los mismos, requieren costos elevados, además de especificaciones técnicas en cada sensor añadido, que no permite reparaciones caseras, ni tampoco reemplazo de piezas. Estos sensores, en general, son utilizados como cajas negras, los estudiantes no saben cómo es el proceso de obtención de datos, no distinguen los tipos de sensores, desconociendo su principio de funcionamiento. Así, muchos conocimientos de la práctica de laboratorio que podrían ser valiosos terminan siendo perdidos, o aprovechados en forma somera.

El objetivo de nuestro trabajo es realizar un dispositivo que sirva de interface para la realización de actividades experimentales dentro del aula, equipado de distintos sensores. Como característica sobresaliente, tiene la posibilidad de ser modificado (en caso de ser necesario) y agregar o cambiar los sensores utilizados. Con esta propuesta intentamos enfatizar la importancia de la manipulación y la experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales, encontrando una alternativa económica y viable para el problema de muchas aulas escolares.

Los niños, desde que son bebés, necesitan tocar, manipular, chupar, dejar caer, reír, llorar... y un sinfín de acciones más que propiciará el descubrimiento de diversos fenómenos químicos, físicos y sociales (Kamii, 1990). Muchas veces los profesores al ver nuestros alumnos como mayores nos resistimos a creer que esta estructura donde la manipulación permite los primeros accesos al conocimiento se continúa durante la escuela secundaria y su trayecto de formación superior.

Montino (2006) plantea que los estudiantes no consideran que la física tenga saberes accesibles, no consideran de importancia la validación de criterios internos, ya que los fenómenos físicos y el conocimiento específico de la disciplina toma significados diferentes al pensar la realidad que observan con las leyes teóricas que estudian. Al no valorar el saber dado por la disciplina, pierde sentido la práctica de laboratorio y solo se responde a un principio de autoridad impartido por los docentes, muchas veces por clases sumamente estructuradas y con preguntas cerradas donde no se estimula la imaginación ni tampoco la capacidad de generalizar leyes empíricas.

La actividad dentro del laboratorio permite construir saberes a partir de la manipulación, el juego, la comunicación y colaboración entre pares (Séré, 2002b).

Séré cuestiona si los conocimientos pueden ser puestos al servicio de la práctica experimental, allí habla de la manipulación de los estudiantes con los conceptos y los objetos. Indica que durante la manipulación de algunos objetos (como es el instrumental de laboratorio), es necesario tener ciertas ideas en la cabeza, estas claramente acompañadas de los conceptos pertinentes (Séré, 2002a). De esta forma se evoluciona en paralelo en el mundo de las ideas y de los objetos, teniendo como consecuencia que los alumnos atribuyen a ciertos objetos el nombre de "theory made objects" (objetos hechos de teoría). Son aquellos instrumentos que para poder manipularlos es necesario un conocimiento teórico (Hacking, 1983).

La manipulación de ciertos objetos requiere conocimientos previos, y previa comprensión del funcionamiento de los dispositivos. En el caso de componentes electrónicos, siempre hay rangos de frecuencias apropiados, métodos de calibración, etc. Esto produce un conocimiento teórico puesto en marcha para comprender el uso de material específico del laboratorio. Tal como plantean estos autores, la actividad experimental es adoptada por los estudiantes como un intercambio, una manipulación donde ponen a prueba todo su conocimiento. Pensando en la definición de Hacking (1983) parecería de gran importancia realizar pruebas, para que el conocimiento y la destreza experimental construyan conocimientos reales y prácticos, entendiendo que de instalarse juntos en los estudiantes sería una forma más provechosa de comprender los procesos de la ciencia (Séré, 2002b).

En ese aspecto nuestro kit didáctico obliga a los estudiantes a comprender el funcionamiento del dispositivo, no solo por la toma de datos en tiempo real, sino por la visualización de gráficos en paralelo a que ocurre el experimento. Otro aspecto importante a destacar es que cada sensor puede desarmarse absolutamente, para investigar conexiones, comprender funcionamiento, o simplemente para reemplazar piezas averiadas. Esta ventaja no la presenta ninguna de todas las interfaces comerciales existente en la argentina y lo consideramos un potencial desarrollo para las aulas.

Se destaca la importancia de los objetivos en las prácticas de laboratorio, indicando la importancia de los objetivos conceptuales, dándole un gran valor ya que al parecer es en estas prácticas donde los estudiantes internalizan gran variedad de conceptos (Séré, 2002a). Además, los objetivos dentro de un trabajo de laboratorio son un punto de discusión muy difícil de esclarecer a su vez que manifiesta que la estructura del observador requiere un sostén conceptual de fondo (Flores, 2009). De esta manera, se plantea un nuevo desafío: Plantear actividades de laboratorio que permitan a los estudiantes comprender el mundo y a su vez el aprendizaje no quede relegado a solamente aprender a manejar un instrumento de laboratorio.

El nuevo objetivo se transforma en encontrar prácticas demostrativas, experimentales, con toma de datos y análisis de los mismos, donde los estudiantes puedan conceptualizar el proceso de toma de datos y a su vez puedan por medio de esa práctica comprender el mundo que los rodea, vinculando conceptos y verificando resultados.

Es importante destacar del rol de los laboratorios brindando conocimiento conceptual/teórico. La eficacia de la práctica está garantizada cuando hay manejo conceptual, y poner la actividad conceptual al servicio de la práctica y no al revés. La metodología de trabajo durante una actividad experimental no debe ser una excusa para enseñar conocimiento teórico, sino que es más importante plantear actividades abiertas o semiabiertas donde se pueda generar autonomía en los estudiantes. Respetando esta idea, el trabajo práctico debe ir más allá del simple desarrollo de destrezas manipulativas, que aun adjudicándole una gran importancia no son imprescindibles (Hodson, 1994).

Respecto de la importancia del marco teórico conceptual a la hora de utilizar las interfaces creemos que es un punto esencial al momento de repensar nuestra práctica docente. Por esto, junto con el Kit ofrecemos un conjunto de actividades para el aula, también las especificaciones técnicas de todos los sensores. Además, en todas las actividades sugeridas se ofrecen distintas modalidades de trabajo dependiendo

la autoridad a cargo del curso, sugiriendo mayormente que el trabajo no sea pautado excesivamente ya que así le quita funcionalidad al kit de sensores.

Con esto en mente sabemos que la manipulación de objetos sin la experimentación no permitiría la adquisición de aprendizajes, pero dicha unión promueve una construcción de conocimientos en el alumno que ayuda al desarrollo tanto físico como cognitivo y emocional del mismo.

Según Kamii (1990) la manipulación de objetos debe estar vinculada estrechamente con la experimentación, puesto que la segunda fomenta las ganas de aprender al ser algo que produce en el niño gran entusiasmo, ya que se le da la oportunidad de manipular, observar y percibir de una forma activa, es decir, el estudiante manipula de manera real, dejándole todo el tiempo necesario para realizar el experimento.

Creemos que el aprendizaje que se promueva en el aula tiene que fomentar el interés y la motivación de los jóvenes, solo así podrán desarrollar su propia autonomía, emocional e intelectual y, sobre todo, disfrutar de la satisfacción que produce el aprendizaje en sí. En este contexto, el laboratorio, y las prácticas experimentales lúdicas dentro del aula toman una importancia destacada en todos los niveles educativos, convirtiéndose en el motor esencial de las prácticas de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales.

## V. INTERFACES EDUCATIVAS: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS PROTOTIPOS

Para la elaboración de prototipos se utilizaron las placas *Arduino UNO*, además de sensores compatibles a este lenguaje de programación.

*Arduino UNO* es un microcontrolador producido por *Atmel*. Su circuito interno incluye reguladores de tensión, un puerto de USB que comunica la placa con la pc y permite la programación a través de un lenguaje sencillo. Además, los catorce pines disponibles permiten configurar los mismos como entradas o salidas de señales analógicas o digitales entre 0 y 5V. El lenguaje de programación de esta placa es libre y se puede acceder a muchos ejemplos fácilmente en Internet, esta característica la hace viable para el uso como interface educativa en cualquier centro escolar.

Conectados a esta placa usamos un luxómetro, un sensor de temperatura y un sensor de movimiento (ultrasónico). Además, aprovechando la estructura de la interface se utilizó un voltímetro, y se diseñó un puntero laser que también usaba la placa como fuente de alimentación.

Se utilizó el programa *MyOpenLab* como sistema de control para visualizar los datos tomados por la placa; este lenguaje de diseño y simulación permite la adquisición de datos en forma gratuita. Además de una interface gráfica en tiempo real.

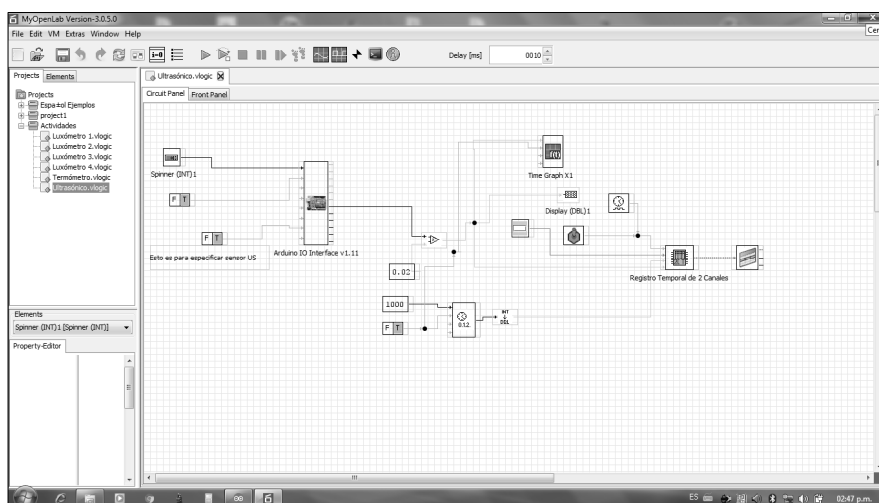


FIGURA 1. Captura de pantalla de *MyOpenLab*. Programación en bloque para la lectura del sensor ultrasónico.

En conjunto, *MyOpenLab* y *Arduino* permiten realizar un entorno donde calcular, procesar datos y visualizar gráficos. Esto lo convierte en una herramienta poderosa para la realización de experimentos en las aulas.

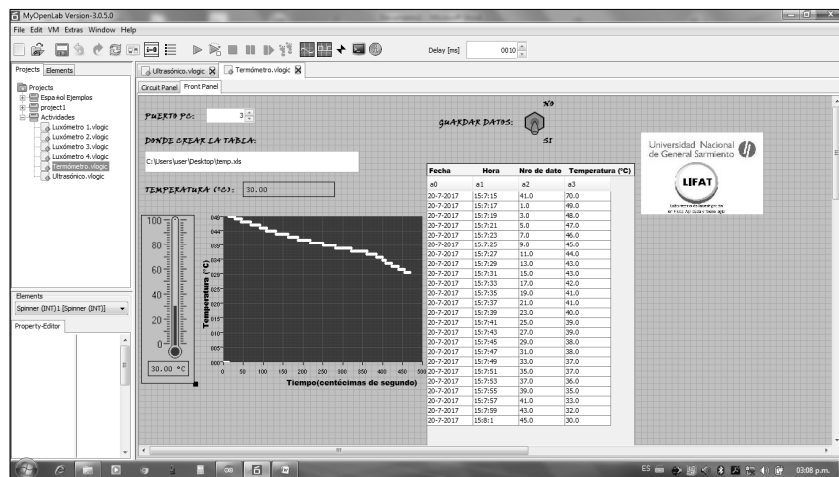


FIGURA 2. Captura de pantalla de MyOpenLab. Panel frontal del sensor de temperatura.

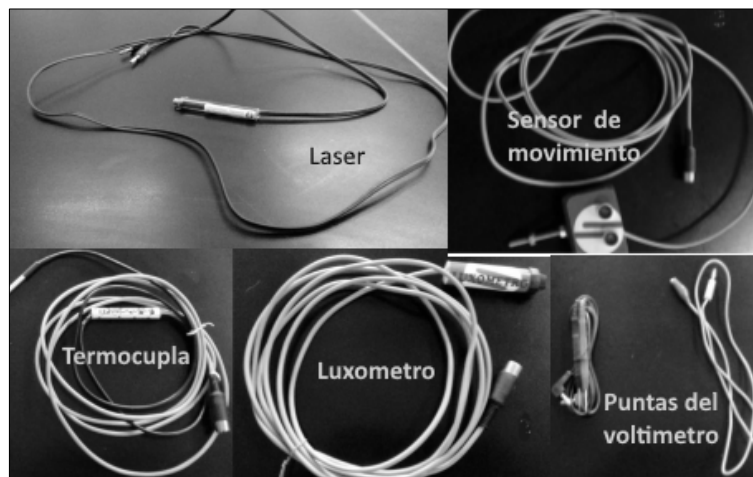


FIGURA 3. Sensores utilizados para la conexión de la placa.



FIGURA 4. Kit educativo con el sensor de movimiento y el riel en funcionamiento.

Los kits con las interfaces se entregaron además con una linterna, una cinta métrica, un nivel y un transportador para medir ángulos, un carrito montado con pantalla para ser tomado por el sensor de movimiento y un riel para su uso. Todo embalado en una valija didáctica que contenía un manual con las especificaciones de la placa y los sensores. Y un cuadernillo con actividades sugeridas para los docentes donde a partir de distintas actividades se daba uso a todos los elementos del kit didáctico.



Las actividades pueden tomar distintas dinámicas dentro del aula, según lo proponga cada docente. Se proponen también algunas actividades tradicionales como el cálculo de velocidad del carrito al caer por el plano inclinado, y el cálculo de la fuerza de roce del dispositivo usando argumentos energéticos.

En el caso del sensor de luz se realiza un procedimiento similar, comenzamos hablando del concepto de luz, las dos percepciones del mismo fenómeno. Las características físicas y cuáles son las formas óptimas de uso del dispositivo. Luego se reflexiona sobre que es la iluminación de un lugar, sobre qué pasaría con la medición del luxómetro si en el mismo ambiente creáramos un invernadero. Nos preguntamos ¿habrá diferencia en la medición realizada? ¿Cuáles son los motivos? Luego comenzamos a trabajar con las transiciones entre sol y sombra, así podemos comenzar a hablar de eclipses. Hasta podemos pedir a los alumnos que armen alguna configuración por la cual puedan realizar una demostración práctica de cómo se produce un eclipse y luego con el luxómetro medir intensidad de luz en distintos puntos. Además, podemos hacer un mapeo de la distribución de la luz en el aula, cuales son los bancos más iluminados. Podemos realizar juegos viendo por ejemplo cual es el banco con mayor iluminación y cuál es el banco con menor iluminación.

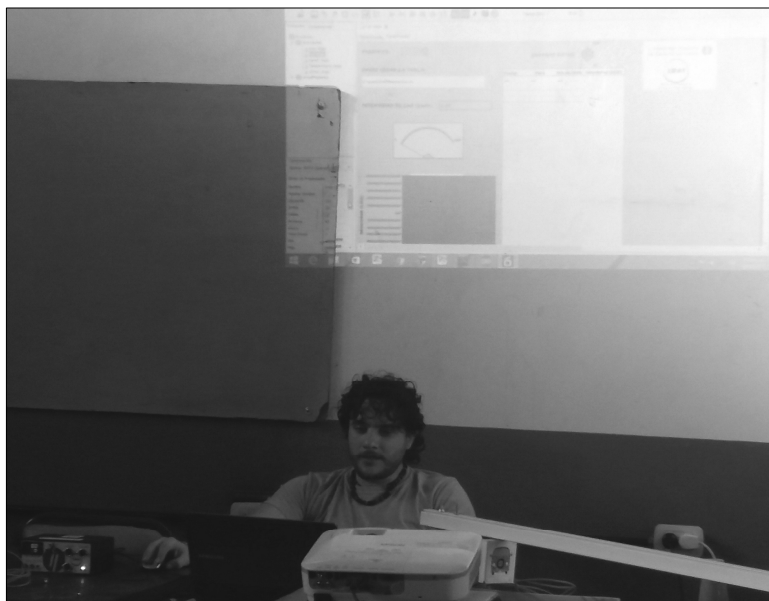
Sensor de temperatura: este sensor, también llamado termocupla nos permite medir temperaturas elevadas hasta un tope de  $150^{\circ}\text{C}$  y menores a  $0^{\circ}\text{C}$ . Por lo tanto, una de las actividades clásicas propuestas es verificar la ley de enfriamiento de Newton. Luego también se puede realizar un calorímetro casero y medir el calor específico.

Otra actividad sugerida es tomar la temperatura de diferentes partes del cuerpo y detectar las zonas de mayor o menor temperatura. Esta actividad por su propia dinámica resulta más relajada con los alumnos.

Voltímetro y puntero laser: con el voltímetro se proponen las actividades tradicionales, se hacen reflexiones sobre los distintos datos obtenidos y a partir de allí se toman decisiones del tipo que circuito conviene más dependiendo de los requerimientos por el uso. En el caso del puntero, al igual que la linterna se utilizó para la realización de actividades con luz y es complementaria del luxómetro.

Los tres sensores son complementarios entre sí, y pueden realizarse actividades y demostraciones que involucren el uso de los tres dispositivos, en ese caso una de las limitaciones del equipo es usar un sensor a la vez ya que por la programación efectuada no puede ocurrir el uso de los tres en simultáneo. Además, como indicamos anteriormente quedan pines disponibles para usar en la placa, por lo tanto, se pueden agregar más.

La capacitación a los docentes se realizó en las escuelas donde usarían el material, se dejó instalado en las computadoras que utilizarían los programas necesarios para que la interface funciones correctamente. Además, en las capacitaciones planteamos los pasos básicos para la reelaboración de las interfaces usando otros sensores. La diferencia en la instalación entre sensores analógicos y digitales y como manipular el equipo en general. Se presentó la plataforma *ARDUINO* y se mostró los pasos básicos de su uso. Todo esto también lo tenían por escrito en un cuadernillo adicional donde estaban las especificaciones técnicas de la placa, los sensores, el proceso de instalación y el modo de uso.



**FIGURA 7.** Capacitación a docentes escuela técnica de San Miguel N°1.

## VII. PRINCIPALES DESAFIOS EN RELACION A LA CONTINUIDAD DEL PROYECTO

Lo óptimo sería que las interfaces puedan llegar a un mayor número de escuelas. Incluso a escuelas rurales alejadas, del conurbano bonaerense, donde pueda haber mayor demanda de material didáctico.

Respecto de la implementación en las aulas, sería deseable que en cada salón se pueda contar con más de un equipo, para que varios grupos trabajen en simultáneo, compartiendo resultados, disipando dudas comunes, comparando y analizando resultados. Además, el programa Conectar Igualdad permitió a los alumnos de escuelas estatales acceder a una computadora propia, de modo que sería muy bueno poder entregar más de un equipo por escuela, para que los alumnos puedan manejar íntegramente los sensores, facilitando así el trabajo de los docentes en el aula.

Por otro lado, parte del proceso de optimización del dispositivo sería realizar un lenguaje que reúna los requerimientos de *MyOpenLab* y de *ARDUINO*, así se trabajaría con un solo programa y sería de mayor utilidad y facilidad para los docentes el uso del equipo.

## VIII. CONCLUSIONES

Considerando la buena predisposición y el interés de los docentes de las escuelas donde realizamos la entrega de material creemos que el proyecto fue ejecutado exitosamente. En general todos los prototipos entregados se encuentran funcionando y siendo usados por alumnos y docentes. Un punto para destacar es que en escuelas técnicas el interés en adaptar las interfaces a otros sensores es mayor, por lo tanto, se abre el abanico de posibilidades respecto de las actividades y trabajo en el aula.

La comunicación constante con las escuelas para testear el correcto funcionamiento de las interfaces, nos permite conocer el trabajo realizado en las aulas con los estudiantes, al respecto podemos decir que muchas de las actividades propuestas fueron muy bien aceptadas, que los alumnos se entusiasman con la idea de realizar actividades de medición, y que permite a los estudiantes conocer mejor el funcionamiento electrónico de este tipo de circuitos.

Por otro lado, la mayoría de los elementos (carrito, riel, nivel) se realizaron con instrumentos alternativos, de muy bajo costo, por lo tanto permiten la manipulación serena por parte de los alumnos y docentes, que comprenden que en caso de romperse algún accesorio es posible reemplazarlo.

A futuro esperamos seguir trabajando en la optimización de los códigos para la programación de la placa *ARDUINO* y la visualización mediante *MyOpenLab*. En esta etapa del proyecto se entregaron kits didácticos a cuatro escuelas de la zona, esperamos continuar colaborando con otras escuelas en la presentación de estas interfaces.

## AGRADECIMIENTOS

En particular a la Universidad Nacional de General Sarmiento y al Fondo de Estímulo al Fortalecimiento de los Servicios No Rentados y Acciones con la Comunidad, por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo mediante el subsidio correspondiente al proyecto Conectando Ciencias.

También al LIFAT de la Universidad Nacional de General Sarmiento por permitírnos usar el laboratorio en el armado de las interfaces.

## REFERENCIAS

Flores, J. M., Caballero Sahellices, M. C. y Moreira, M. A. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación*, 33(68), 75–111.

Hacking, I. (1983). *Representing and intervening: Introductory topics in the philosophy of natural science*. Cambridge University Press.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias* 12(3), 299–313.

Kamii, C. (1990). ¿Qué aprenden los niños con la manipulación de objetos? *Infancia: educar de 0 a 6 años*, (2), 7–10.



Montino, N., Petrucci, D. y Ure, J. E. (2006). ¿Magia o Física? Los estudiantes universitarios y los trabajos prácticos de laboratorio. *8vo Simposio de Investigación en Educación en Física*. Gualeguaychú, Entre Ríos, 4 al 6 de octubre.

Séré, M. G. (2002a). La enseñanza en el laboratorio: ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y actitudes hacia la ciencia? *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 357–368.

Séré, M. G. (2002b). Towards renewed research questions from the outcomes of the European Project Labwork in Science Education. *Science Education*, 86(5), 624–644. doi:10.1002/sce.10040

#### **Sitios web de software**

Arduino. (2017). Arduino. Disponible en <https://www.Arduino.cc> Sitio consultado el 23/8/2017.

Salafia, C. (2016) MyOpenLab. Disponible en <https://MyOpenLab.de/> Sitio consultado el 23/8/2017.