

```
int a, b;  
a = 10;  
b = 5;  
a = a/b; // a vale  
b = b/a; // b va
```

COMPUTACIÓN FÍSICA

*El trabajo con objetos digitales
interactivos en el aula*

**Fernando Bordignon,
Alejandro A. Iglesias
y Ángela Hahn**

Computación física

Computación física

*El trabajo con objetos digitales
interactivos en el aula*

**Fernando Bordignon, Alejandro A. Iglesias
y Ángela Hahn**

Bordignon, Fernando

Computación física: el trabajo con objetos digitales interactivos en el aula / Fernando Bordignon; Alejandro Adrián Iglesias; Ángela Hahn - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: UNIPE: Editorial Universitaria, 2020.

Libro digital, PDF - (Herramientas . Serie TIC)

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-987-3805-50-9

1. Ciencias de la Educación. 2. Nuevas Tecnologías. 3. Circuitos Integrados Digitales. I. Iglesias, Alejandro Adrián. II. Hahn, Ángela. III. Título.

CDD 371.334

UNIPE: UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

Adrián Cannellotto

Rector

Carlos G. A. Rodríguez

Vicerrector

UNIPE: EDITORIAL UNIVERSITARIA

María Teresa D'Meza

Directora editorial

Juan Manuel Bordón

Editor

Diana Cricelli

Diseño y diagramación

COLECCIÓN HERRAMIENTAS SERIE TIC

© Fernando Bordignon, Alejandro Iglesias y Ángela Hahn

© De la presente edición, UNIPE: Editorial Universitaria, 2020

Piedras 1080 - (C1070AAV) - Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

www.unipe.edu.ar

Consultas o sugerencias: editorial.universitaria@unipe.edu.ar



Las imágenes utilizadas en este libro son de producción propia o se reproducen bajo licencias Creative Commons.

Se permite la reproducción parcial o total, el almacenamiento o la transmisión de este libro, en cualquier forma o por cualquier medio, sea electrónico o mecánico, mediante fotocopias, digitalización u otros métodos, siempre que:

- se reconozca la autoría de la obra original y se mencione el crédito bibliográfico de la siguiente forma: Bordignon, Fernando; Iglesias, Alejandro A. y Hahn, Ángela, *Computación física. El trabajo con objetos digitales interactivos en el aula*, Buenos Aires, UNIPE: Editorial Universitaria, 2020;
- no se modifique el contenido de los textos;
- el uso del material o sus derivados tenga fines no comerciales;
- se mantenga esta nota en la obra derivada.

Esta edición se publicó en el mes de julio de 2020.

ISBN: 978-987-3805-50-9

Índice

PRESENTACIÓN

En pocas palabras	6
-------------------------	---

PRIMERA PARTE

CAPÍTULO 1. Las tecnologías digitales y las prácticas educativas	10
--	----

CAPÍTULO 2. El hacer digital crítico	14
--	----

Objetos digitales interactivos.....	15
-------------------------------------	----

Espacios informales de aprendizaje donde se promueve el hacer digital crítico.....	17
---	----

El docente y el rol de mentor.....	24
------------------------------------	----

CAPÍTULO 3. Metodología “Más allá de las pantallas”	27
---	----

Repensar las prácticas educativas con tecnologías digitales	27
---	----

Criterios para trabajar en el aula	28
--	----

Antecedente: el proyecto <i>Lifelong Kindergarden</i>	31
---	----

La metodología MAP.....	32
-------------------------	----

La evaluación enfocada en el proceso	36
--	----

Experiencias que dieron sustento a la metodología.....	37
--	----

Reflexiones sobre lo aprendido en las escuelas	39
--	----

CAPÍTULO 4. Diseño y construcción de ODI con la metodología MAP.....	41
--	----

Arduino y sus posibilidades en el aula	41
--	----

Sobre las prácticas.....	45
--------------------------	----

SEGUNDA PARTE

PRÁCTICA 1. ABC Arduino.....	48
------------------------------	----

Elementos para el docente	48
---------------------------------	----

Momentos de la clase.....	51
---------------------------	----

Elementos para el estudiante.....	54
-----------------------------------	----

Para saber más.....	56
---------------------	----

PRÁCTICA 2. Sensores en el mundo.....	61
---------------------------------------	----

Elementos para el docente	61
---------------------------------	----

Momentos de la clase.....	63
---------------------------	----

Elementos para el estudiante.....	65
Para saber más.....	66
PRÁCTICA 3. Sonidos y distancias.....	70
Elementos para el docente.....	70
Momentos de la clase.....	72
Elementos para el estudiante.....	74
Para saber más.....	76
PRÁCTICA 4. Movimientos y servomotores.....	78
Elementos para el docente.....	78
Momentos de la clase.....	80
Elementos para el estudiante.....	83
Para saber más.....	85
PRÁCTICA 5. Temperaturas y comunicaciones.....	87
Elementos para el docente.....	87
Momentos de la clase.....	93
Elementos para el estudiante.....	95
Para saber más.....	100
PRÁCTICA 6. Música, ciclos y <i>bluetooth</i>.....	102
Elementos para el docente.....	102
Momentos de la clase.....	106
Elementos para el estudiante.....	108
Para saber más.....	112

TERCERA PARTE

CAPÍTULO 5. Reflexiones sobre el hacer crítico en educación.....	116
Referentes y referencias del hacer educativo.....	117
Hacia una pedagogía del hacer digital crítico.....	120
La mediación docente y el hacer digital.....	124
Consideraciones finales.....	128

ANEXO

Cómo aprenden los niños.....	130
------------------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA.....	136
--------------------------	------------

CRÉDITOS DE IMÁGENES.....	142
----------------------------------	------------

SOBRE LOS AUTORES.....	143
-------------------------------	------------

PRESENTACIÓN

En pocas palabras

Este libro surge a partir de un trabajo de investigación realizado en el marco del programa “Más allá de las pantallas” de la Universidad Pedagógica Nacional (UNIPE). Las preguntas principales que guiaron nuestra exploración estuvieron centradas en la apropiación y el uso de las tecnologías digitales, por parte de los jóvenes, cuando están en juego principalmente sus intereses: ¿qué significa hacer un uso efectivo y crítico de la tecnología?, ¿qué actitudes, aptitudes y habilidades son necesarias para conseguirlo?, ¿cuál debería ser el papel de la escuela en este contexto?, ¿qué prácticas educativas pueden ser útiles para propiciar el desarrollo de estos saberes?, ¿qué estrategias didácticas y metodologías son necesarias para trabajar en el aula? A lo largo de los siguientes capítulos, intentaremos dar respuestas a cada uno de los interrogantes basándonos en el trabajo realizado con distintas escuelas públicas de la Provincia de Buenos Aires. Además, presentaremos un marco teórico actualizado y una serie de propuestas validadas a través de experiencias realizadas por el equipo de investigación.

El trabajo de investigación fue enriquecido con experiencias propias de ambientes informales de aprendizaje, especialmente laboratorios de innovación ciudadana y talleres creativos o *makerspaces*. Estas experiencias fueron tomadas como ejemplos válidos de prácticas donde las tecnologías digitales son utilizadas como herramientas para intentar dar respuesta a problemas que afectan a las personas. En dichos espacios, el aprendizaje (ya sea individual o colectivo) se da de forma natural, como consecuencia de la resolución de cuestiones prácticas fuertemente relacionadas con situaciones que motivan o afectan a los participantes.

A primera vista, puede ser atractiva la idea de trasladar tal como están los elementos de estos espacios y situarlos en el contexto escolar. No obstante, un conjunto de características que diferencian a ambos ámbitos de trabajo hacen de ese traslado una tarea difícil. En la escuela existen límites estrictos con respecto a lo temporal, a los contenidos y a la estructura de trabajo. Por tal motivo se desarrolló un conjunto de prácticas y metodologías que ayudan a conciliar estas diferencias en pos de lograr aprendizajes más profundos para el uso de las herramientas digitales, concibiéndolas como medios para habitar problemas y diseñar soluciones.

En el primer capítulo de este libro se reflexiona sobre los desafíos de incluir en nuestro sistema educativo a las tecnologías digitales desde una perspectiva

centrada en la expresión, considerando a los estudiantes en su rol de autores, ya sea de forma individual o colectiva.

En el segundo capítulo se conceptualizan algunas cuestiones que constituyen las bases de la propuesta educativa que aporta este libro. En particular, se hace referencia al hacer digital crítico y a las actitudes y aptitudes que lo conforman. También se define un modelo de objeto digital interactivo educativo y se presentan espacios informales de aprendizaje donde se promueve un hacer digital crítico. Finalmente, se reflexiona acerca de cómo resignificar el rol docente en este contexto.

El tercer capítulo presenta una metodología didáctica para promover el hacer digital crítico en espacios educativos. La metodología “Más allá de las pantallas” (MAP) toma su sustento en el espiral de aprendizaje creativo propuesto por el profesor Mitchel Resnick. Para que pueda ser incluida en prácticas escolares, se ha realizado una adaptación de esta propuesta al contexto nacional, apoyándose en ideas como: los estudiantes deben tener más libertad a la hora de construir los conocimientos; el error debe ser puesto en valor como un elemento de aprendizaje; el trabajo colectivo y colaborativo constituye una propuesta superadora del hacer individual; los espacios de juego constituyen ambientes adecuados para la apropiación y maduración de los aprendizajes.

El cuarto capítulo hace hincapié en las posibilidades que presenta la plataforma Arduino para su trabajo en el aula y explica brevemente en qué consisten las prácticas que integran la segunda parte de este libro. A modo de ejemplo de trabajo, la secuencia de prácticas que integran esa sección tiene como objetivo desarrollar habilidades y conocimientos en tres áreas: computación física, programación y desarrollo de objetos digitales interactivos (en todos los casos, se utiliza la tecnología Arduino).

El quinto capítulo, que abre la tercera parte del libro, es un abordaje teórico más profundo a cuestiones ligadas con el hacer digital crítico en instituciones educativas. La idea es brindar elementos de reflexión provenientes de distintos referentes y corrientes pedagógicas, los que en su conjunto complementan los aportes didácticos presentes en los capítulos anteriores.

El libro incluye además un anexo con una compilación realizada por la profesora Stella Vosniadou recordando cómo aprenden hoy los estudiantes. Para concluir esta presentación, y en esa misma línea, proponemos reflexionar sobre la importancia y el rol social de nuestro trabajo como docentes a partir de unas palabras de Umberto Eco (2007), quien en su artículo “¿De qué sirve el profesor” trató de acercar una respuesta posible a esta pregunta recurrente. Esperamos que estos dos elementos, que de algún modo abren y cierran el libro, ayuden a dar sentido a las ideas trabajadas.

[...] antes –escribe Eco– la escuela debía transmitir por cierto formación pero sobre todo nociones, desde las tablas en la primaria, cuál era la capital de Madagascar en la escuela media hasta los hechos de la guerra de los Treinta Años en la secundaria. Con la aparición, no digo de internet, sino de la televisión e incluso de la radio, y

hasta con la del cine, gran parte de estas nociones empezaron a ser absorbidas por los niños en la esfera de la vida extraescolar.

De pequeño, mi padre no sabía que Hiroshima quedaba en Japón, que existía Guadalcanal, tenía una idea imprecisa de Dresde y solo sabía de la India lo que había leído en Salgari. Yo, que soy de la época de la guerra, aprendí esas cosas de la radio y las noticias cotidianas, mientras que mis hijos han visto en la televisión los fiordos noruegos, el desierto de Gobi, cómo las abejas polinizan las flores, cómo era un *Tyrannosaurus rex* y finalmente un niño de hoy lo sabe todo sobre el ozono, sobre los koalas, sobre Irak y sobre Afganistán. Tal vez, un niño de hoy no sepa qué son exactamente las células madre, pero las ha escuchado nombrar, mientras que en mi época de eso no hablaba siquiera la profesora de ciencias naturales. Entonces, ¿de qué sirven hoy los profesores?

[...] ante todo un docente, además de informar, debe formar. Lo que hace que una clase sea una buena clase no es que se transmitan datos y datos, sino que se establezca un diálogo constante, una confrontación de opiniones, una discusión sobre lo que se aprende en la escuela y lo que viene de afuera. Es cierto que lo que ocurre en Irak lo dice la televisión, pero por qué algo ocurre siempre ahí, desde la época de la civilización mesopotámica, y no en Groenlandia, es algo que solo lo puede decir la escuela. Y si alguien objetase que a veces también hay personas autorizadas en *Porta a Porta* (programa televisivo italiano de análisis de temas de actualidad), es la escuela quien debe discutir *Porta a Porta*. Los medios de difusión masivos informan sobre muchas cosas y también transmiten valores, pero la escuela debe saber discutir la manera en la que los transmiten, y evaluar el tono y la fuerza de argumentación de lo que aparece en diarios, revistas y televisión. Y además, hace falta verificar la información que transmiten los medios: por ejemplo, ¿quién sino un docente puede corregir la pronunciación errónea del inglés que cada uno cree haber aprendido de la televisión?

[La información que] internet pone a su disposición es inmensamente más amplia e incluso más profunda que aquella de la que dispone el profesor. [...] Internet le dice “casi todo”, salvo cómo buscar, filtrar, seleccionar, aceptar o rechazar toda esa información.

Almacenar nueva información, cuando se tiene buena memoria, es algo de lo que todo el mundo es capaz. Pero decidir qué es lo que vale la pena recordar y qué no es un arte sutil. Esa es la diferencia entre los que han cursado estudios regularmente (aunque sea mal) y los autodidactas (aunque sean geniales).

Primera parte

Las tecnologías digitales y las prácticas educativas

El desarrollo de las tecnologías digitales ha cambiado profundamente, en muy pocas décadas, la sociedad actual. Por ejemplo, se ha transformado la forma en que nos comunicamos, la manera en que accedemos a la información, cómo nos relacionamos y cómo nos entretenemos. También es evidente que hubo un aumento de la cantidad de datos a los cuales podemos acceder, haciéndolos humanamente imposibles de procesar y asimilar. Por otro lado, se ha transformado la verticalidad de los medios de comunicación, permitiendo que las voces de más personas se hagan públicas a través de redes sociales o mediante servicios de *streaming* multimedia. En otros ámbitos, el avance de la automatización ha modificado también el trabajo en fábricas e industrias, reduciendo la necesidad de intervención manual y delegando la acción humana a tareas intelectuales más complejas. En los últimos años, este proceso de cambio no ha hecho más que profundizarse, revelando que las tecnologías digitales resultan ser transversales a distintas disciplinas, rubros y problemáticas.

Hoy resulta difícil pensar en alguna profesión o empleo que no haya sido trastocado –o reformado en alguna medida– por la evolución de las tecnologías digitales: un proveedor de alimentos asistido con la aplicación Waze cambia la forma de planificar sus entregas; servicios como Uber representan una amenaza a la forma de empleo tradicional del taxista; la gestión de las redes sociales de un local de comida tiene impacto en sus ventas diarias; un arquitecto desarrolla la mayoría de sus trabajos con software de diseño asistido y necesita herramientas avanzadas de visualización para comunicar sus ideas; un médico puede utilizar modelos tridimensionales impresos en 3D para practicar antes de realizar una cirugía y así mejorar sus probabilidades de éxito; un mecánico necesita actualizarse y contar con equipamiento de avanzada para reparar automóviles que incluyen computadoras de a bordo con múltiples sensores. Desde el punto de vista del mercado laboral, conocer las tecnologías digitales y ser capaces de hacer cosas con ellas (un estadio que supera al uso pasivo) va dejando de ser considerado un valor agregado para llenar un currículum y se transforma, cada vez más, en un requisito básico.

Al margen de los saberes concretos, existe un desafío propio de la evolución acelerada de las tecnologías que impacta aún más en la formación de los trabajadores. Hace sesenta años, un profesional podía dominar el conjunto de

herramientas que le serían útiles para el transcurso de toda su vida laboral. Hoy en día es imposible pensar que una persona pueda ser capaz de dominar todas las tecnologías que influirán durante su trayectoria laboral, ya que muchas de ellas todavía no han sido inventadas o implementadas. Por tal motivo, no solo es necesario saber hacer cosas con las tecnologías digitales sino también desarrollar actitudes y aptitudes para ser capaces de adquirir nuevos conocimientos. Es decir, autoformarse en base a un aprendizaje continuo y con una actitud positiva hacia el cambio.

El uso que solemos hacer de tales tecnologías se encuentra ceñido a un conjunto de actividades que corresponden a las diseñadas por los fabricantes de productos u ofrecida por los proveedores de servicios. En tal sentido, el desarrollo de la creatividad y de un pensamiento divergente –a veces conocido como “fuera de la caja”– son ampliamente valorados, ya que permiten hacer un uso efectivo de las tecnologías actuales y de las que se están desarrollando.

Los cambios producidos en las tecnologías digitales no solo nos afectan como técnicos o profesionales, sino también como ciudadanos. Los medios masivos de comunicación han dejado de ser las únicas fuentes de información y los portales de noticias web comienzan a tener cada vez más importancia a partir de su consumo diario. También las redes sociales, como Instagram y Facebook, hacen que cada persona tenga un público propio cuyo tamaño varía y cuyos integrantes pueden no ser siempre conocidos de quien publica. Gracias a estos medios nuevos, una persona comparte sus opiniones políticas, sus gustos musicales e incluso sus actividades diarias. En muchos casos estas interacciones quedan plasmadas “para siempre” en los servidores de datos, lugares remotos donde su confidencialidad y tratamiento es cuanto menos dudoso. La línea que separa nuestra vida diaria de nuestra vida en línea se vuelve cada vez más estrecha, y con ello se van desdibujando también las nociones de la privacidad y el control que tenemos.

Las tecnologías digitales no solo representan para los individuos un desafío a su estabilidad y a su crecimiento laboral, a sus capacidades y a su privacidad, también suponen una oportunidad de tomar estos cambios en sus propias manos. Poseer un conjunto de saberes y habilidades que permitan entender y crear con tecnología le proporciona a una persona herramientas necesarias para resolver problemas propios, potenciar sus intereses y ganar independencia. Además, estas habilidades sirven para comprender mejor las características de la tecnología que inunda el mercado, desarrollando un mayor criterio en torno a los riesgos, ventajas y desventajas que implica su uso.

En el contexto educativo, el uso que se suele hacer de las tecnologías digitales es limitado y está generalmente orientado a la ofimática (es decir, al manejo de programas que permiten realizar planillas de cálculo, procesamiento de textos y presentaciones multimedia). Incluso en el ciclo básico de las escuelas técnicas de la Argentina, el trabajo con las tecnologías digitales no se ha profundizado pese a estar presente en la currícula oficial. Por otro lado, tanto la escuela primaria como la secundaria tradicional sufren aún más esta falta de contenidos y de sentido en las prácticas.

Si bien se podría pensar en el desarrollo de una asignatura que profundice en cuestiones relacionadas con el hacer digital, esta no es la única forma en que la tecnología debería influir en la currícula. La informática es transversal a muchas áreas temáticas. Por nombrar algunos ejemplos, pueden utilizarse simuladores para clases de física y química, programas de diseño para las actividades plásticas, creación de historias interactivas en materias de literatura, herramientas de encuestas en línea y simuladores económicos para emprendimientos o materias de economía, y un sinfín de juegos y contenidos multimedia para materias relacionadas con las ciencias naturales y sociales. A pesar de que existen muchos ejemplos posibles de aplicación, son pocos los casos en los que se concretan con usos ricos de las tecnologías digitales.

Las causas por las cuales las tecnologías digitales aún no han tenido un impacto significativo en el sistema educativo son múltiples y suelen darse de manera combinada en los establecimientos. Estas se podrían resumir en los siguientes puntos:

- Ausencia en la currícula: los contenidos referidos a tecnologías digitales no suelen estar incluidos en el diseño curricular de la mayoría de las materias; por lo general, son parte de una asignatura que aborda contenidos generales sobre tecnologías de la información y las comunicaciones, y que se dedica a cubrir temas centrados en el uso básico de la computadora. Usualmente esta materia se reduce, en la práctica, al uso de procesadores de texto y de planillas de cálculo.
- Dificultades en infraestructura y recursos: en demasiadas escuelas aún se carece de un enlace estable con conexión a internet y de suficiente ancho de banda para asistir a uno o más salones, así como de tecnologías destinadas a la creación de objetos digitales (proyectores o computadoras, entre otras). Esto constituye un gran condicionante a la hora de poner en marcha proyectos más ambiciosos centrados en el diseño y construcción de artefactos digitales. Por otro lado, en los casos en los que se dispone de infraestructura para dar soporte a prácticas informáticas, es difícil que se cuente con personal suficientemente capacitado cuya responsabilidad sea el cuidado y la administración de los equipos. Dicha situación hace que sea difícil mantener en el tiempo el buen funcionamiento y la practicidad de esos lugares. Además, tampoco el docente cuenta con personal que pueda brindar apoyo tanto en lo didáctico como en lo tecnológico.
- Falta de capacitación: existe, en general, una falta de conocimientos teóricos y prácticos en temas relacionados con las tecnologías digitales. Los docentes cuya formación ha sucedido hace más de una década no cuentan con saberes suficientes para reflexionar sobre los efectos de estas tecnologías en la sociedad, ni tampoco para llevar adelante proyectos que las involucren –bajo un uso crítico y creativo– en sus aulas. Por otro lado, los docentes formados recientemente también suelen tener problemas en aplicar lo aprendido, ya que si bien cuentan con conceptos

teóricos, en sus profesorados no han tenido suficiente experiencia práctica en tales temas. En general, estos nuevos docentes suelen recibir de sus colegas de mayor antigüedad indicaciones que los llevan a adoptar prácticas tradicionales que hoy están en discusión.

- Falta de metodologías de trabajo en sintonía con los tiempos actuales: la enseñanza con tecnologías digitales, especialmente con aquellas que permiten crear, requiere un régimen de trabajo distinto. Se necesitan un tiempo de experimentación y una guía para estas exploraciones basada en el trabajo grupal y en la búsqueda de materiales de apoyo para resolver problemas. El uso de internet suele ser importante para completar tales exploraciones, donde las puestas en común son un motor para realizar aprendizajes más profundos y revalorizar lo construido. Esta forma de proceder no es la habitual en el aula, ya que los estudiantes no suelen contar con tanta libertad al momento de trabajar. Por otro lado, y no menos importante, dicha forma de trabajo no es habitual para los docentes y supone algo muy diferente a la forma en la que ellos aprendieron, por lo cual carecen de ejemplos de aplicación de esta metodología.
- Tensiones múltiples en la profesión docente: la docencia en la Argentina ha sido históricamente objeto de reformas que varían según la orientación política de la gestión de turno. Por tal motivo, hay una ausencia de dirección común en estas propuestas de cambios cuyo destino suele ser diluirse en la práctica real del aula. Por otro lado, sueldos que no son siempre acordes a su trabajo, un exceso de tareas no remuneradas, la falta de infraestructura en muchas escuelas y la realidad social que aqueja a buena parte de los estudiantes y de la comunidad son factores que complican aún más el entorno en el que se desempeña el docente. Además, los docentes también enfrentan una importante cantidad de dificultades de variada índole que los alejan de su tarea central, la formación del ciudadano. Estas cuestiones, en su conjunto, muchas veces provocan que los docentes no tengan el tiempo ni el espacio que les permita experimentar, perfeccionar, modernizar y resignificar su trabajo en el aula.

El problema que aqueja a los sistemas de educación –especialmente en la Argentina– y que dificulta la enseñanza con experiencias más profundas en el uso de las tecnologías digitales es complejo y de dimensiones múltiples. Sin embargo, esto no significa que incorporar nuevas prácticas escolares sea una tarea imposible. Más allá de las dificultades, existen docentes comprometidos, directivos inquietos y padres preocupados. En gran parte, este libro está dedicado a ellos. Tenemos la convicción de que es posible resignificar y enriquecer las prácticas educativas mediante las tecnologías digitales.

El hacer digital crítico

En este capítulo se presenta el concepto educativo de “hacer digital crítico”, que da forma a la propuesta metodológica a desarrollar. También se define a los “objetos digitales interactivos”, un recurso educativo básico sobre el cual se construirán las experiencias didácticas. Además, se presentan espacios informales de aprendizaje considerados como ejemplos válidos de comunidades donde se practica el hacer digital crítico. Finalmente, una clave de este capítulo es vincular esos espacios informales con la institución escuela a los efectos de tender un puente para reflexionar, resignificar y enriquecer las prácticas docentes.

El hacer digital crítico (HDC), como concepto educativo, se basa en una forma de diseñar, construir y expresarse con tecnologías digitales para lograr cosas significativas con ellas. Esto permite que, por un lado, los autores se conecten positivamente con su entorno en pos de contribuir a su desarrollo, y que, por otro, enriquezcan su autonomía.

Como marco de referencia acudimos a las enseñanzas del pedagogo Paulo Freire (1969). Nos propusimos resignificar sus pensamientos, evaluar qué significa que el hombre pueda “decir su palabra” hoy, en un mundo expandido, enriquecido y complejizado por las tecnologías digitales. Recuperar la esencia de su obra es volver a pensar en un sentido humanista y liberador para tratar de conectar su visión del mundo con las posibilidades de expresión y creación que en la actualidad dan las tecnologías digitales.

Para promover el HDC es necesario desarrollar dos conceptos esenciales: fluidez digital y uso efectivo de las tecnologías. Estos elementos base determinan una aptitud y una actitud superadoras de los usos pasivos de las pantallas múltiples, que hoy son habituales.

Mitchel Resnick (2001), profesor del Massachusetts Institute of Technology (MIT) y creador del lenguaje de programación Scratch, ha propuesto el concepto de *fluidez digital*: esta no tiene que ver solo con saber utilizar las pantallas sino con ir más allá, es decir, saber cómo construir cosas significativas con estas tecnologías. La fluidez digital implica un compromiso más profundo con el conocimiento construido y con las habilidades adquiridas. Se propone que se pueda ir más allá de ciertos usos iniciales de las herramientas (buscar información, trabajar con un procesador de textos o una planilla de cálculo, usar un chat o enviar mensajes de texto) y convertirlas en medios para expresarse o para resolver situaciones problemáticas.

Al explicar este concepto se suele utilizar la analogía con el aprendizaje de una lengua extranjera. Supongamos que una persona aprende ciertas palabras básicas del italiano. Estas le permiten entenderse en situaciones comunes de viaje, pedir una habitación de hotel, usar el transporte público o comprar algún producto. Sin embargo, esa persona no estará en condiciones de establecer relaciones profundas con los ciudadanos ni con la cultura, dado que su comprensión y habla son bastante limitadas, para nada fluidas. En definitiva, el manejo fluido de algo permite realizar cosas que son significativas y profundas para las personas, que nacen de su propia voluntad y de su deseo de desarrollarse. Resnick (2002: 33) resume los conceptos anteriores al decir que

Quando se aprende a leer y a escribir, se está en mejor posición para aprender muchas otras cosas. Sucede lo mismo con la fluidez digital. En los años venideros, la fluidez digital será un prerrequisito para obtener trabajos, participar significativamente en la sociedad y aprender a lo largo de toda la vida.¹

Por otro lado, el segundo concepto que sostiene al HDC son los *usos efectivos* de las tecnologías (Gurstein, 2003), definidos como la capacidad de integrar exitosamente las tecnologías digitales en el cumplimiento de objetivos personales o colectivos. Estos usos efectivos se basan en una actitud que permite interactuar con el mundo de una manera autónoma y enriquecida a partir de definir qué se quiere hacer y para qué se va a utilizar la tecnología. Tal actitud está en concordancia con la idea de promover y definir proyectos educativos donde se cuente con una importante participación de los estudiantes, en particular desde situaciones que los afectan o les interesan. De esta manera se garantiza, en gran parte, su sentido de pertenencia y el correspondiente aumento de la motivación.

Las experiencias de aprendizaje donde se logran usos efectivos de las herramientas pueden habilitar un mayor grado de fluidez digital, con lo cual los estudiantes dominan a las herramientas y no a la inversa. En el aula, la tecnología puede ser mucho más que un recurso educativo del profesor. Dada su ubicuidad y complejidad, también puede constituirse en una importante herramienta de comunicación, diseño y creación. Esta forma de incluir las tecnologías digitales tiene el potencial de permitir una participación activa de los estudiantes en la construcción de conocimientos, ya que ellos mismos se vuelven coautores de mensajes y objetos.

OBJETOS DIGITALES INTERACTIVOS

Como se vio, lograr fluidez digital y un uso efectivo de las tecnologías digitales significa tener un conjunto de habilidades relacionadas con el diseño y la

1. Las citas de este y otros textos en inglés fueron traducidas por los autores del libro.

creación de artefactos. Existen distintos acercamientos posibles para conseguir este objetivo: cursos de programación, de artes visuales con herramientas digitales, de diseño de objetos tridimensionales, de desarrollo de contenido multimedia, robótica, etc. Nuestra propuesta es trabajar combinando los enfoques anteriores a través de prácticas de diseño y creación de objetos digitales interactivos.

Definimos a un objeto digital interactivo (ODI) como un artefacto capaz de percibir y/o realizar acciones sobre su entorno físico gracias a un programa de software, una configuración electrónica y un conjunto de partes mecánicas. Ejemplos de este tipo de objetos pueden ser las estaciones meteorológicas, los juegos electrónicos (*pinball*, Simón Dice, entre otros), las máquinas de control numérico (CNC), los semáforos, los sistemas de riego automático, los sistemas de control de contaminación sonora, unas luces automáticas o unas marionetas electrónicas. El alcance de este tipo de objetos es amplio, día a día se expande debido a la aparición de nuevas máquinas, herramientas, materiales y técnicas.

La creación de un objeto digital interactivo incluye problemas que tienen que ver con software, con electrónica, con diseño de objetos, con prototipos y con la necesidad de trabajar en grupo debido a la confluencia de tecnologías y áreas de conocimiento. Cuando se programa un artefacto, se aprenden conceptos de ciencias de la computación, en particular de resolución de problemas y algorítmica aplicada. Es una manera educativa de aplicar y ejercitar conceptos relacionados con el pensamiento computacional (Wing, 2006): al ensamblar un circuito electrónico, se produce un acercamiento básico a la electrónica digital en función de adquirir nociones elementales; cuando se diseña un objeto, se ponen en práctica cuestiones técnicas que tienen que ver con la mecánica y las dimensiones de los artefactos, pero también con la fabricación digital y los materiales involucrados. En estas prácticas es fácil combinar elementos de taller tradicional (trabajo en madera, metal, otros) con elementos más actuales como el corte láser o la impresión 3D. Más allá de las operaciones técnicas vinculadas al aspecto funcional de los objetos, los estudiantes también desarrollan capacidades que tienen que ver con la estética de sus diseños.

Al realizar un prototipo se está creando una solución posible a un problema planteado. Para ello, los estudiantes realizan aproximaciones parciales e incrementales: deben desarrollar técnicas y poner en práctica metodologías y procesos vinculados al diseño avanzado de objetos. De esta forma, se practica un hacer crítico, poniendo a prueba los diseños y adaptándolos a sugerencias u observaciones.

En cuanto al trabajo en grupo, las tareas múltiples a desarrollar en un proyecto de diseño y creación de un ODI favorecen la conformación de grupos de trabajo que tengan intereses y habilidades distintas. Si bien en principio esto significa que en un mismo proyecto puede existir trabajo cooperativo (entendido como partes que trabajan de forma paralela en tareas diferentes de un mismo problema), también existen instancias de trabajo colaborativo

(entendido como el trabajo concurrente donde el aporte de las partes contribuye a una misma tarea), generalmente relacionadas con el diseño global y la validación de la solución. Esta manera combinada de trabajo colectivo implica un proceso de aprendizaje entre pares, donde la búsqueda de ideas consensuadas para solucionar pequeños problemas supera al trabajo individual.

Por otro lado, este enfoque de trabajo educativo grupal, basado en problemas de diseño y creación de artefactos, permite tender puentes con distintas áreas del conocimiento y sus correspondientes espacios curriculares, facilitando la intervención de otros docentes y el intercambio de saberes.

ESPACIOS INFORMALES DE APRENDIZAJE DONDE SE PROMUEVE EL HACER DIGITAL CRÍTICO

Siempre han existido personas aficionadas por hacer cosas, ya sea creando, modificando o reparando. En la Argentina se suele decir que una persona *se da maña* cuando es habilidosa para arreglar objetos pese a no tener una formación específica. A aquellas personas que realizan exploraciones de carácter lúdico sobre las cosas también se las suele llamar con un término proveniente del inglés, *tinkerers*. Nos referimos de estas formas a gente que se caracteriza por su capacidad para aprender, ver cómo funcionan las cosas y solucionar problemas. También son personas con alta destreza manual que suelen practicar lo que en algunos países denominan *cacharreo*: una acción que tiene que ver con el reciclado y la reparación de objetos en desuso de la vida diaria.

A partir de mediados de la década de 1970, cuando la electrónica digital empezó a masificarse debido a una baja de costos y un aumento de oportunidades, también surgieron colectivos de personas aficionadas a la computación (desde las perspectivas del hardware y el software). Un ejemplo pueden ser Steve Jobs y Steve Wozniak, los fundadores de Apple Computer, que eran miembros del Homebrew Computer Club, una organización que funcionaba como espacio de conocimiento donde se compartía y sociabilizaba la poca información existente sobre computadoras de reducido tamaño. En paralelo, reforzando a los grupos y compartiendo información de manera más amplia, por esa época surgieron una serie de revistas especializadas sobre el tema, como pueden ser *Byte*, *Creative Computing*, *Compute!* y *Dr. Dobb's Journal*.

En este contexto también emergió la cultura *hacker*, la cual según Linus Torvalds (creador del sistema operativo Linux) se basa en las motivaciones básicas del hombre, que pueden agruparse en tres categorías: “supervivencia”, “vida social” y “entretenimiento” (Himanen, 2002). Esta filosofía de vida asegura que la evolución en el conocimiento está dada por el pasaje gradual entre tales categorías y que es eso lo que determina el verdadero progreso. Para Torvalds, un *hacker* es una persona que ha pasado y superado la etapa de usar su computadora para sobrevivir y está en los estadios siguientes de su esquema de progreso: utiliza las pantallas, en principio, para relacionarse

con sus pares, construir comunidad y luego, también, le da usos relacionados con el entretenimiento. En su planteo, el trabajo que esa persona realiza sobre la computadora se considera en sí como una forma de entretenimiento. En resumen, los *hackers* realizan cosas que les resultan interesantes a la vez que provechosas, y de tal motivación surge su afición por compartir sus logros de manera abierta. Muchas de las comunidades basadas en el hacer con otros reconocen a la cultura *hacker* como parte esencial de su filosofía de trabajo.

Desde otra perspectiva, a los *hackers* los caracteriza una predisposición de “manos a la obra”, un impulso por conocer, mejorar y compartir. Pekka Himanen, autor de *La ética del hacker y el espíritu de la era de la información*, asegura que los niños son *hackers* en esencia. A ellos no hay que explicarles “qué es ser un *hacker*”, solamente hay que darles condiciones favorables para que desarrollen sus talentos a partir de hacerse preguntas, buscar respuestas y formular ideas. En este contexto, la educación es un tema clave, dado que allí se reproducen los valores culturales. Por eso, dentro de este planteo es importante ayudar a la gente a descubrir sus pasiones, aquellas donde se ponen en juego su interés, esfuerzo y creatividad.

En la actualidad, prácticas como hacer bricolaje, reciclar, hackear e inventar se renuevan con las tecnologías digitales y generan nuevos colectivos propios de este tiempo como los *makerspaces*, *hackerspaces*, fab-labs o laboratorios de innovación, entre los principales. Gracias a las posibilidades de comunicación, acceso a información y organización surgidas de internet, en los últimos años se han desarrollado comunidades de personas que lograron evolucionar el concepto “hágalo usted mismo” y ampliarlo a “hágalo con otros”. Así, los garajes donde en otro tiempo el inventor, el habilidoso o el artesano se recluían en sus proyectos ahora dan paso a colectivos de personas que se vinculan y cooperan tanto en espacios físicos como en comunidades virtuales de aprendizaje.

Por eso, el colectivo *maker* puede verse como una extensión del movimiento “hágalo usted mismo”. Los métodos y herramientas que tradicionalmente estaban restringidos a laboratorios de investigación o a empresas privadas, hoy escapan y son incorporados por los ciudadanos como propios. Los colectivos de *makers*, cuando evolucionan y se consolidan en una ciudad o zona, toman forma en espacios físicos denominados *makerspaces*. En estos lugares la gente puede crear, hacer prototipos o fabricar a partir de ideas individuales o colectivas.

La adopción de nuevos recursos digitales, tales como la impresión 3D y las minicomputadoras tipo Arduino, fortalecieron y expandieron a este movimiento. Así surgieron nuevas oportunidades de trabajo relacionadas con el desarrollo de prototipos y habilitadas en gran parte por herramientas de fabricación digital de bajo costo. Otros factores para esa expansión fueron la aparición de sistemas de provisión de componentes y la distribución directa de productos físicos en línea; también, la participación creciente de todo tipo de personas en comunidades en red (Dougherty, 2013).

Uno de los primeros promotores del movimiento *maker* fue Dale Dougherty. Cuando lanzó la revista *Maker Magazine*, en 2005, produjo una amplia divulgación y desarrollo del movimiento por buena parte del mundo. Fue la primera publicación periódica relacionada con el movimiento y de alguna manera tomó inspiración de viejas publicaciones como *Mecánica Popular*. De la mano de esa publicación surgieron a partir de 2006 las primeras exposiciones o *Maker Faires*, fundamentalmente en la zona de la bahía de San Francisco (California). En la actualidad, se celebran eventos *maker* en ciudades de todo el mundo. Participan miembros de laboratorios de fabricación digital, *hackers*, artesanos, programadores, artistas y *makers*. Este movimiento fue visto como un aporte para el aprendizaje de los ciudadanos por parte del gobierno del presidente estadounidense Barack Obama, que en 2014 visitó una *Maker Faire* organizada en la Casa Blanca. Para contribuir a visibilizar estas prácticas, en ese país se declaró el 18 de junio como Día del Maker.

La dinámica particular que se da en los *makerspaces* fomenta el juego y la exploración, propiciando prácticas superadoras y enriquecedoras relacionadas con el aprender, el crear y el compartir. Hoy, desde la educación formal se está prestando atención a esos espacios *maker*. Se piensa que pueden apoyar a los procesos de enseñanza y de aprendizaje en ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemática (denominados, por sus iniciales en inglés, saberes STEAM) a partir de sus actividades relacionadas con el desarrollo de habilidades prácticas.

El profesor Seymour Papert, por ejemplo, desarrolló una teoría educativa denominada construccinismo. La idea base es permitir que el estudiante construya sus propios conocimientos a través de la interacción con su entorno. De esta manera, se pretende que el estudiante sea un participante activo de su propio aprendizaje, lo cual lo llevará construir conocimientos significativos. Tomando las reflexiones de Edith Ackermann (2010), se puede decir que “tanto el conocimiento como el mundo se construyen e interpretan a través de la acción, mediante el uso de herramientas y símbolos”. Gary Stager (2006) sintetiza los aportes de Papert, relacionados con el construccinismo, en una serie de ideas principales que definen el espíritu de un laboratorio construccinista y que, en general, están presentes en los espacios *makers*:

1. **Aprender haciendo.** En general, aprendemos de mejor manera cuando nuestras actividades nos parecen interesantes. La motivación y el interés son elementos esenciales del proceso educativo y si lo que construimos es lo que queremos, los resultados de aprendizaje serán mejores.
2. **La tecnología como material de construcción.** La tecnología posibilita construir múltiples cosas interesantes. En particular, la tecnología digital ofrece un repertorio amplio de herramientas y materiales.
3. **Diversión difícil.** La mejor diversión es la difícil, el esfuerzo constante por mejorar su creación es parte de la tarea diaria del estudiante.
4. **Aprender a aprender.** Nadie puede enseñarle a una persona todo lo que necesita saber, cada estudiante debe hacerse cargo de su propio aprendizaje.

5. **Tomarse tiempo.** Para hacer tareas importantes es necesario que el estudiante aprenda a manejar su propio tiempo. Apurarse o acotar los tiempos de un trabajo conspira contra el aprendizaje.
6. **No se pueden hacer las cosas bien sin antes haberlas hecho mal.** Es importante ver qué sucedió cuando algo sale mal. La libertad para equivocarse es un camino al éxito, dado que raras veces las cosas buenas y significativas salen bien al primer intento.
7. **Los maestros primero deben hacer lo que quieren que hagan sus estudiantes.**
8. **Estamos en un mundo digital, conocer acerca de cómo funciona es tan importante como saber leer y escribir.**

En los *makerspaces* (espacios *maker*) los participantes realizan actividades que les son personalmente significativas y, así, permiten que sus ideas y conocimientos puedan tomar forma en objetos elaborados. Eso está en línea con el modelo educativo de “aprender a aprender” de Papert, quien consideró que una computadora es un objeto de motivación e incentivación esencial para su propuesta porque les permite a los estudiantes abrirse a un conocimiento ilimitado, potenciando su creatividad y capacidad para resolver problemas (Veiga, 2010). Aquí se presenta un puente con los colectivos *maker*, dado que el aprender haciendo es parte esencial de sus objetivos de trabajo: no solo se enseña a las personas cómo se crean y se hacen las cosas, sino que también se procura aumentar su aprecio por el mundo. El movimiento *maker* busca que las personas, en lugar de recibir las respuestas, sean capaces de encontrarlas ellas mismas a través de procesos de creación.

En el libro *Invent to Learn* (2013), Sylvia Libow Martínez y Gary Stager indican que actividades como la fabricación, la exploración lúdica (cacharreo o *tinkering*) y la ingeniería representan formas de construir saberes que se deben adoptar en las aulas. La idea es revalorizar al hacer como un punto de partida para promover los procesos de construcción en el aprendizaje. Libow Martínez y Stager señalan que, al realizar un trabajo con herramientas y materiales, el constructor mejora su comprensión debido a que tiene un producto en mente. Del mismo modo, a las actividades de cacharreo se las percibe como una disposición mental, una forma lúdica de abordar problemas y resolverlos mediante la exploración, el descubrimiento, la experimentación, la prueba y el error.

Cacharrear (o averiguar cómo funciona y está construido algo) implica ensayar y aprender guiándonos por la curiosidad, la fantasía y la imaginación. También supone atravesar un proceso donde la incertidumbre de no saber actúa como guía. Dado que no existen reglas, algoritmos o manuales, todo depende de uno mismo y no hay maneras correctas o incorrectas de hacer las cosas. En este proceso cognitivo se construye conocimiento acerca de cómo se organizan y funcionan las cosas, además de qué posibilidades hay de mejorarlas o reconvertirlas a nuevos usos. De hecho, Massimo Banzi, creador de la microcomputadora Arduino, señala que el cacharreo es en esencia un maridaje entre el juego y la indagación.

Mitchel Resnick también sostiene que

Muchas de las mejores experiencias se suceden cuando usted está usando materiales disponibles en su entorno, cacharreando con lo que tiene a su alrededor, construyendo un prototipo, obteniendo retroalimentación, modificándolo reiterativamente, adquiriendo nuevas ideas, una y otra vez, adaptándose tanto a la situación del momento como a la nueva que se genera. Creo que hay lecciones para las instituciones educativas que provienen de la manera en que los estudiantes aprenden fuera de la institución. Lo que queremos es apoyar este tipo de aprendizaje tanto en el colegio como fuera de este. A lo largo del tiempo, creo que debemos repensar las instituciones educativas como sitios que estimulen la experimentación lúdica (citado en Rheingold, 2011).

En este sentido, coincidimos con Stager (2014), quien propone incorporar a la escuela actividades basadas en proyectos derivados de colectivos de trabajo y aprendizaje con tecnologías digitales como los *makerspaces*, *hackerspaces* o fab-labs. Stager argumenta que la “cultura del hacer disuelve las distinciones entre dominios tales como las artes, las humanidades, la ingeniería y la ciencia. Más importante aún, rompe la escisión destructiva entre la formación profesional y la académica”. Desde su punto de vista, las aulas en las que se desarrollan tales experiencias son espacios activos donde se hallan estudiantes comprometidos trabajando en varios proyectos a la vez. Los maestros experimentan sin miedo nuevas prácticas, sin ser necesariamente autoridades de referencia en los temas técnicos en que trabajan. Así, el docente atraviesa una metamorfosis que hace variar su rol entre el de mentor, estudiante, colega y experto. De alguna manera, al trabajar de esta forma se cumple el rol docente que Papert (1996) indicara, donde el maestro crea las condiciones para la invención en lugar de dar información ya procesada.

El informe de tendencias en tecnología educativa Horizon de 2015 (Johnson *et al.*, 2015), en su edición para la enseñanza primaria y secundaria, indicaba que los talleres creativos, basados en el modelo *makerspace*, son un recurso educativo a adoptarse en la educación formal en el corto plazo. Por otro lado, el mismo informe señalaba que en el mediano plazo el rol de los estudiantes cambiará, dejarán de ser consumidores y se convertirán en creadores. Eso los llevará a escenarios donde puedan demostrar sus conocimientos más allá de los exámenes y ejercicios. De manera complementaria, el informe Horizon aporta una serie de experiencias exitosas en la aplicación de ambientes *maker* a la educación formal.

El desarrollo de la mentalidad *maker* en ámbitos educativos es algo que empezó a despertar interés debido a los beneficios potenciales en los aprendizajes de los estudiantes. En esta línea de pensamiento, Dale Dougherty (2013) propone algunas ideas para acercar el movimiento *maker* a la escuela:

- crear un contexto en el que se desarrolle la mentalidad *maker* como una filosofía de crecimiento que estimula a los estudiantes a creer que pueden aprender a hacer muchas cosas;

- construir un nuevo cuerpo de práctica en la enseñanza del hacer y desarrollar capacidades en los profesores;
- diseñar y desarrollar espacios *makers* sobre una variedad de contextos comunitarios que sirvan a grupos de estudiantes;
- identificar, desarrollar y compartir un amplio marco de proyectos, basados en una importante gama de herramientas y materiales, que conecten los intereses de los estudiantes dentro y fuera de la escuela;
- diseñar y alojar las plataformas sociales en línea destinadas a la colaboración entre estudiantes, profesores y otros actores de la comunidad;
- desarrollar programas para jóvenes que les permitan tomar un papel de liderazgo en el aporte de proyectos curriculares, extracurriculares, campamentos de verano y otras actividades comunitarias;
- crear un marco comunitario para la exposición y visibilización del trabajo de los estudiantes;
- permitir la construcción de un registro de participación en la comunidad *maker* y utilizarlo para compartir avances académicos y profesionales;
- desarrollar contextos educativos que vinculen la práctica *maker* con conceptos teóricos para apoyar el descubrimiento y la exploración;
- desarrollar en los estudiantes la creatividad y confianza en sí mismos;
- tratar de que los estudiantes sean agentes de cambio de su propia vida y de la comunidad en la que viven.

Varias investigaciones sobre cómo articular prácticas de expresión y creación con tecnologías digitales en la educación formal toman como referencia las experiencias exitosas dadas en espacios informales de aprendizaje. El profesor Michael Eisenberg (2002), de la Universidad de Colorado Boulder, ha publicado una serie de artículos sobre el potencial de la fabricación personal digital y los nuevos materiales como elementos de apoyo del proceso de aprendizaje constructivista en escuelas K-12.² Eisenberg ha indicado que los tecnólogos educativos deberían estar interesados por adoptar la fabricación digital debido a que con esta pueden revitalizar las mejores tradiciones de estudio orientadas al diseño y a la construcción (Eisenberg y Buechley, 2008).

En la Universidad de Stanford, el departamento Transformative Learning Technologies Lab ha creado el proyecto Fablab@school (fab-lab en la escuela), que se implementa a través de una red mundial de escuelas conectadas. Son escuelas que poseen o están vinculadas con laboratorios de fabricación digital en función de compartir ideas y proyectos de creación de todo tipo de prototipos. El proyecto se remonta al año 2008, cuando el profesor Paulo Blikstein comenzó a trabajar con escuelas K-12 para integrar de manera transversal a los procesos de fabricación digital en los programas de estudios escolares, buscando así

2. K-12 es el nombre utilizado por algunos países para referirse al período de escolarización que incluye a la escuela primaria y secundaria.

motivar y aumentar los aprendizajes de tipo STEM³ de los estudiantes (Blikstein, 2013). Las principales características del proyecto Fablab@school son:

- Un programa de formación docente cuidadosamente diseñado.
- Una integración completa del proyecto en los planes de estudio, incidiendo sobre las disciplinas STEM.
- Un conjunto de actividades diseñadas para los estudiantes, junto con guías de apoyo para profesores.
- Herramientas de software para el modelado y la simulación científica, y equipos para la realización de experimentos.
- Un programa de investigación que define las métricas de aprendizaje y de impacto relacionadas con la fabricación digital y los entornos basados en el aprendizaje por proyectos.
- El fomento de prácticas donde se realice reciclado de materiales, en función de promover un compromiso con el desarrollo sustentable.

Otra experiencia educativa interesante, relacionada con el diseño y la construcción de objetos digitales interactivos, se ha dado en Castilla La Mancha (España). El Departamento de Educación de esa región puso en marcha un programa de creatividad tecnológica en base a minicomputadoras Arduino. El programa fue liderado por la asociación Arduino Verkstad y en particular por uno de sus creadores, el profesor David Cuartielles.⁴

También es destacable el proyecto de la Universidad de Sonoma en el cual se implementó y se dio soporte a una red de escuelas de nivel K-12 del condado de Sonoma, en California. A su vez, desde la Harvard Graduate School of Education se ha contribuido al tema con un documento (Project Zero, 2015) que resume los hallazgos de dos años de investigación sobre los efectos de los espacios *maker* en los aprendizajes estudiantes. Como dato positivo, se indica que los beneficios van más allá del aprendizaje de habilidades STEM, dado que surgen otros aspectos relacionados con el crecimiento personal y el desarrollo de comunidades.

En la actualidad es necesario que maestros y profesores orienten y acompañen a estudiantes en el desarrollo de otras habilidades que resulten también pertinentes para la época. Por ejemplo, la búsqueda y valoración de información, la resolución de problemas complejos que ameriten múltiples soluciones, el emprendimiento de proyectos creativos a partir de intereses consensuados, etc. Dirigir la mirada a los espacios *maker*, en particular a su manera de colaborar y aprender, puede ser un elemento de referencia válido para repensar prácticas educativas en las instituciones formales.

3. El enfoque educativo STEM (sigla en inglés para Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática) intenta promover la enseñanza de las ciencias y las tecnologías integradas en relación con situaciones que hoy se presentan en el mundo.

4. El profesor David Cuartielles es un ingeniero en telecomunicaciones que participó del desarrollo original del proyecto Arduino.

EL DOCENTE Y EL ROL DE MENTOR

En los ambientes informales de aprendizaje, las comunidades de pares están acompañadas por un participante experimentado que toma el rol de mentor. Su función principal es la de guiar a los aprendices en el uso de técnicas, máquinas, herramientas y demás. Más allá del asesoramiento técnico descripto, el mentor realiza otras acciones que tienen que ver con el desarrollo del grupo. Para lograr esto, en algunos momentos tendrá que actuar como “abogado del diablo” de un proyecto, en otros acompañar durante situaciones de frustración, ayudar a organizar el trabajo cooperativo y colaborativo, o mediar en el caso de conflictos.

Esta figura de mentor también debe trasladarse a las escuelas que incorporan prácticas *maker*. Así, cuando el docente promueve el hacer digital crítico, planifica actividades y proyectos, debe además acompañar las prácticas de sus estudiantes de una manera particular. Su responsabilidad principal es lograr que los estudiantes diseñen, implementen y validen proyectos impulsados por sus propios intereses. Es importante tener presente que estos proyectos, al margen de ser una excusa para aprender a utilizar máquinas y herramientas digitales, son una oportunidad para que los estudiantes descubran que son capaces de intervenir y modificar el mundo del cual son parte. Para lograr estos objetivos se recomienda que el docente, en su rol de mentor, tenga en cuenta los siguientes ítems:

- Descubrir los intereses de los participantes: los intereses de los estudiantes son la energía que impulsa sus proyectos y el motivo por el cual desean involucrarse. Cuanto más personal sea un proyecto, mayor será la dedicación al trabajo por parte del grupo.
- Cultivar intereses: en el caso de que un participante no manifieste interés alguno (o no el suficiente en ningún tema en particular como para proponer un proyecto), el mentor debe proporcionar materiales y recursos que ayuden a descubrir nuevas pasiones. Por ejemplo, se pueden recomendar libros, películas, videos inspiradores, proyectos hechos con anterioridad en la escuela, páginas webs y también organizar visitas de personas que desarrollen actividades creativas con máquinas y herramientas digitales.
- Fomentar la creación de proyectos interesantes: el docente mentor debe ayudar a buscar problemas o ideas que puedan llevarse a cabo bajo la forma de proyecto y que articulen tanto con los intereses personales de los estudiantes como con las máquinas y herramientas de las que se dispone. El docente no debe perder de vista la relación de las propuestas con el currículum vigente. Parte de la riqueza vinculada a las prácticas *maker* es la posibilidad de conectar el hacer con distintos saberes teóricos.
- Tender puentes: permitir a través del trabajo en el aula conexiones entre distintos temas, propios del área o no, que ayuden a tener un entendimiento más profundo de las bases teóricas sobre las cuales se sustentan las prácticas.

- Promover el trabajo en grupos: es importante para lograr un aprendizaje entre pares. Sin embargo, es un error creer que los estudiantes saben trabajar de manera conjunta, ya que suele suceder que pocos son los que lo realizan comprometidos. Hay que alentar las participaciones de todos los estudiantes para que hagan aportes y se sientan partícipes del proyecto. Asimismo, puede existir el caso de estudiantes que se aíslen y trabajen en solitario. Si bien es importante que tengan momentos privados de experimentación y reflexión, debe impedirse que el trabajo solitario se convierta en un hábito.
- Ayudar en la gestión de los proyectos: si bien los proyectos de los estudiantes tienen un grado importante de autogestión, el mentor debe ayudar a establecer una disciplina de trabajo, para evitar la dispersión y el abandono. Debe enseñar formas de administrar y gestionar proyectos, como así también impulsar, desde el inicio, la documentación de las actividades en forma de bitácoras. Esto permitirá reconstruir lo trabajado en función de mejorar sus aprendizajes y compartir sus experiencias con otros grupos o personas.
- Plantear desafíos: existen ocasiones en que los estudiantes pierden el interés en la tarea o el proyecto en el que están trabajando y necesitan de un incentivo extra que les permita un nuevo enfoque. El docente mentor debe detectar estos casos y plantear desafíos que pongan a prueba a los estudiantes, que los lleve a búsquedas y experimentos que resulten interesantes y provechosos.
- Orientar las búsquedas e investigaciones: si bien los estudiantes son quienes realizan las investigaciones en busca de respuestas, el papel del mentor es orientarlos. Por ejemplo, ayudándolos a encontrar fuentes fidedignas y pertinentes que les permitan satisfacer su necesidad de información. El docente, en este aspecto, debe ayudar en esta tarea y permitir que los estudiantes desarrollen sus propios criterios de validación. En el caso de que no existan fuentes accesibles para los estudiantes, su tarea es brindarles alternativas para subsanar el problema.
- Ayudar a aliviar la frustración: en la construcción de proyectos que respondan a situaciones problemáticas, fallar es siempre una posibilidad y equivocarse es valioso para el proceso de aprendizaje. El problema surge cuando los errores se presentan con tal frecuencia que afectan la confianza de los aprendices, pudiéndolos llevar a un estado de frustración. El docente mentor debe estar atento a esta situación y diseñar estrategias que permitan, según el caso, proponer soluciones más orientadas o bien sentarse codo a codo con los estudiantes y procurar juntos la búsqueda de la solución al problema.
- Colaborar en la creación de un ambiente de trabajo inclusivo, activo y armónico: es importante el clima de trabajo en el aula. Los estudiantes deben sentirse cómodos y percibir que tanto el docente como los compañeros valoran su participación. Asimismo, es necesario fomentar la crítica constructiva y a la vez el apoyo entre pares. En este contexto,

la tarea del docente también tendrá que ver con mediar en los posibles conflictos sociales que puedan surgir, valorando siempre el respeto mutuo.

- Incentivar el intercambio de saberes y experiencias: los descubrimientos y las exploraciones valen más si son compartidas, ya que otros estudiantes pueden realizar sus propios aportes a lo construido. También es importante que lo trabajado pueda ser parte de instancias de reflexión grupal, buscando una mayor profundidad en la construcción de conocimientos y no que queden como anécdotas o historias de triunfo. En un aula pueden coexistir muchos proyectos en desarrollo. Es responsabilidad del mentor ayudar a crear y mantener canales de comunicación, ya sea proponiendo actividades intergrupales, ya sea organizando exposiciones o puestas en común en donde se comente el estado de situación de los distintos proyectos.
- Valorar y felicitar el esfuerzo: es importante destacar los aportes de los estudiantes en la solución de los problemas. Esta actitud es contagiosa, hace que los mismos estudiantes festejen los avances de sus pares, fomentando un ambiente de trabajo ameno. El reconocimiento por parte del docente y de los estudiantes le aporta un mayor valor a lo aprendido.

En el Capítulo 5 se presentan, con mayor profundidad, una serie de reflexiones y consideraciones sobre el hacer en educación. La intención es ampliar los conceptos descritos en esta sección y brindar insumos que invitan a una maduración de las ideas trabajadas.

Metodología “Más allá de las pantallas”

En este capítulo se presenta la metodología “Más allá de las pantallas” para ayudar al desarrollo de un hacer digital crítico en las aulas de las escuelas argentinas. La propuesta ha sido desarrollada a partir de ideas derivadas del modelo del espiral del aprendizaje creativo del profesor Mitchel Resnick, adaptadas a su vez al contexto de la escuela local.

REPENSAR LAS PRÁCTICAS EDUCATIVAS CON TECNOLOGÍAS DIGITALES

En la Universidad Pedagógica Nacional de Argentina, desde el año 2014 se desarrolla el proyecto “Más allá de las pantallas” (MAP). Entre sus objetivos principales está promover y apoyar prácticas educativas que involucren un hacer digital crítico a partir del desarrollo de la fluidez digital y el uso efectivo de la tecnología en niños y jóvenes dentro del sistema educativo nacional.

En base a experiencias realizadas con profesores y estudiantes de la escuela media (las cuales se describen al final de este capítulo), se diseñó y puso en marcha una metodología nueva de trabajo en el aula destinada a promover el hacer digital crítico. El núcleo de la construcción de conocimiento se sustenta en actividades de reflexión en torno al diseño y la creación de prototipos de objetos digitales interactivos.

La propuesta se centra en una serie de herramientas didácticas que permiten plantear estrategias puntuales para llevar a cabo las ideas del hacer digital crítico en el aula. Nos apoyamos en un marco pedagógico que promueve el diseño, la creatividad, la solución de situaciones problemáticas, la revalorización del error en el proceso de aprendizaje, el juego, la investigación, el trabajo colaborativo y cooperativo. Este proyecto también pone en discusión el rol del docente, ampliando su acción en función de pensarlo como un guía crítico de los proyectos de los estudiantes, alguien que trabaja y aprende junto a ellos en la búsqueda de soluciones.

Muchas de estas ideas son propias de los espacios informales de aprendizajes descritos en el capítulo anterior. La intención es aprender de ellos y tender puentes con las instituciones de educación formal para resignificar y enriquecer sus prácticas.

La metodología “Más allá de las pantallas” toma los fundamentos pedagógicos de distintos referentes educativos. Jean Piaget, por ejemplo, vio a los niños como constructores activos de conocimiento. Sostenía que no es posible transferir el conocimiento como un ente abstracto. Este enfoque rompió la concepción tradicional que caracterizaba al estudiante como un participante pasivo o un receptor de información. A la par, Lev Vigotsky ayudó a reconocer que el aprendizaje debe ser una actividad desarrollada en sociedad para que pueda ser más rico y significativo. Seymour Papert, discípulo de Piaget, fue un paso más allá. Argumentó que los niños desarrollan conocimiento de manera más efectiva cuando participan activamente en la construcción de cosas en el mundo, cuando son creadores de cosas. Papert llamó a su enfoque *construccionismo*, porque reúne dos tipos de construcción: a medida que los niños construyen cosas en el mundo, construyen nuevas ideas en sus cabezas, lo que los motiva a construir cosas nuevas en el mundo, y así sucesivamente, en un espiral de aprendizaje final. Otro aporte importante de Papert fue investigar a las tecnologías digitales como oportunidades nuevas para lograr aprendizajes robustos basados en la creación de artefactos que, a su vez, colaboran en la construcción de estructuras cognitivas y le permiten al estudiante entender el mundo. En el Capítulo 5 se abordan con mayor amplitud y profundidad los conceptos teóricos que dan sustento a este libro.

No consideramos los conceptos y las herramientas didácticas que aquí se proponen como algo completamente nuevo. Entendemos, en cambio, que constituyen una integración de conceptos educativos vigentes enriquecidos por algunas de las mejores prácticas de aprendizaje que pueden aportar los espacios informales. Como resultado de tal fusión presentamos la metodología “Más allá de las pantallas”, conformada por una serie de criterios para replantear el trabajo en el aula y por un acercamiento metodológico didáctico al hacer digital crítico.

CRITERIOS PARA TRABAJAR EN EL AULA

En primer lugar, es oportuno realizar una serie de reflexiones acerca de lo que significan diversas cuestiones en torno a un hacer donde se utilizan de forma intensiva las tecnologías digitales con un sentido crítico. Como punto de partida, podemos considerar:

- el *hacer* como el motor de toda experiencia de aprendizaje;
- la *reflexión* como una forma de profundizar conceptos y relacionarlos para generar un mayor entendimiento del mundo;
- los *desafíos* como elementos motivadores y formas válidas de construcción de saberes a partir de la resolución de situaciones problemáticas;
- el *error* como un aliado natural de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, ya que brinda oportunidades nuevas de reflexión;

- los *ejemplos* como parte de un sistema de andamiaje y, a la vez, como posibles elementos de motivación;
- a la *tecnología digital* como una herramienta no neutra que enriquece el proceso educativo si se utiliza de forma reflexiva, creativa y crítica;
- a internet como un espacio que expandió y enriqueció el mundo pero a la vez lo complejizó, ya que cambió nuestras formas de acceder a información, relacionarnos, organizarnos, entretenernos, trabajar y demás;
- a las formas de *trabajo colaborativo y cooperativo* como maneras superadoras del aprendizaje individual;
- al *docente* como guía y consejero que influye sobre el estudiante en pos de ayudar a lograr una nueva relación fructífera con el conocimiento.

En sintonía con estas consideraciones, que denominaremos “elementos básicos para construir el aula MAP”, tomamos una serie de ejes rectores, propuestos originalmente por el profesor Mitchel Resnick (2017), que para nosotros deberían ser desarrollados en toda propuesta educativa:

- **Proyectos:** se aprende mejor cuando se trabaja activamente en proyectos, generando nuevas ideas, diseñando, haciendo mejoras, creando prototipos y reflexionando sobre lo hecho. El trabajo por proyectos mejora las habilidades de resolución de problemas.
- **Compañeros:** el aprendizaje surge como una actividad social, con personas que comparten ideas, colaboran en proyectos y construyen unos con otros. El trabajo compartido ayuda a los jóvenes en sus aprendizajes y a la vez les permite desarrollar un conocimiento más profundo.
- **Pasión:** cuando las personas se centran en las cosas que les interesan, es probable que trabajen más tiempo y con más intensidad, insistiendo ante los desafíos y logrando así aprender más durante el proceso. En este sentido, el rol docente se enfoca en identificar las pasiones de sus estudiantes y dar el apoyo necesario para que puedan convertirse en realidades.
- **Juego:** el aprendizaje implica una experimentación lúdica, probar cosas nuevas, jugar con materiales, tomar riesgos e interactuar. Jugar implica cometer errores y de ellos se aprende.

En este sentido, las prácticas educativas del aula MAP deberían contar, al menos, con los siguientes elementos:

- Experiencia prácticas que sirvan como núcleo de la clase e impliquen el hacer, el ensuciarse las manos y, más importante aún, el crear.
- Un espacio de reflexión para trabajar conceptos teóricos que validen y expandan la experiencia práctica en pos de construir nuevos saberes.
- Una serie de desafíos para permitir que los estudiantes se apropien de lo aprendido, intentado resolver problemáticas diversas en las que deban poner en juego aprendizajes, trabajar en equipo y ser creativos.

- Uno o más ejemplos inspiradores para motivar a continuar trabajando y ampliar el horizonte de construcciones posibles.

En síntesis, la propuesta es pensar el aula como un espacio de creación donde el docente guíe a sus estudiantes en la construcción de conocimientos a partir de proyectos que están en concordancia con sus intereses. Por tal motivo, tanto el estudiante como el docente transforman sus roles y asumen nuevas tareas y responsabilidades.

Tal como se señaló en el capítulo anterior, en este esquema de trabajo el rol docente toma elementos de la figura del mentor. En la práctica, esto significa que tendrá nuevas responsabilidades y tareas que, si bien no son distantes a su trabajo tradicional, serán de importancia en la propuesta de trabajo. La mayor libertad que esta metodología les brinda a los estudiantes implica una serie de cambios que revalorizan tareas relacionadas con cómo se gestionan el espacio, la experiencia de aprendizaje, la relación del estudiante con el conocimiento y las relaciones interpersonales. Implementar esta forma de trabajo plantea desafíos en dos frentes: el primero tiene que ver con la metodología en sí y el segundo está relacionado con la forma vigente en los establecimientos educativos.

Para el primer frente, las dificultades se centran principalmente en el aprendizaje de nuevas estrategias para descubrir intereses y motivaciones del estudiante, para manejar los diversos ritmos de aprendizaje y para lograr que las reflexiones compartidas enriquezcan lo trabajado. Para el segundo, vinculado con las diferencias entre la dinámica de trabajo de los espacios informales y la de las instituciones educativas, es necesario repensar cómo las escuelas modifican parte de su lógica para implementar prácticas relacionadas con el hacer digital crítico. Sería un error pensar que esta es una propuesta didáctica que solamente aborda contenidos. Lo que estamos proponiendo, en esencia, es una oportunidad para resignificar las prácticas de enseñanza y aprendizaje y establecer una nueva relación con el saber.

Por otro lado, también debe haber cambios en el rol del estudiante, que tendrá más libertad a la hora de trabajar en el aula: por ejemplo, deberá elegir en qué proyectos involucrarse (de acuerdo a sus necesidades y motivaciones) y gestionar tiempos y recursos para fortalecer su autonomía. Es probable que a muchos les resulte extraña esta nueva forma de trabajo ya que, en general, están acostumbrados al trabajo guiado y a ejercicios que tienen una sola respuesta posible. Una mayor libertad en su trabajo implica también una mayor responsabilidad en sus tareas, y eso los conduce a ser aún más protagonistas de su propia educación.

En este esquema de trabajo, otro cambio visible para el estudiante es que no siempre el docente tendrá respuestas para sus preguntas, ya que es imposible saber de antemano todos los caminos posibles a los cuales nos llevará un problema abierto con múltiples soluciones. Así, en lugar de obtener una respuesta directa y acabada, los estudiantes obtendrán una orientación y una guía para resolver sus dudas.

ANTECEDENTE: EL PROYECTO *LIFELONG KINDERGARDEN*

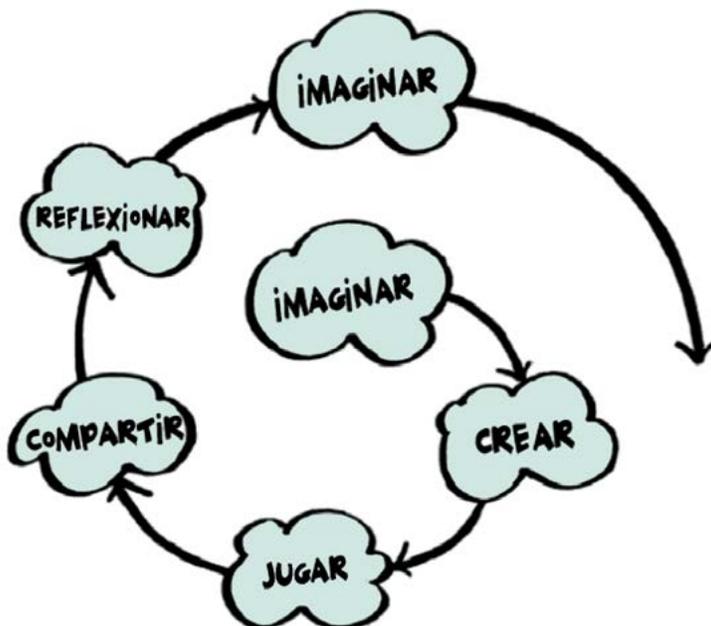
Como ya se ha comentado, la metodología MAP toma gran parte de su inspiración en los trabajos del profesor Mitchel Resnick, director del grupo de investigación *Lifelong Kindergarten* del MIT. Resnick, un discípulo de Seymour Papert que ha continuado desarrollando investigaciones relacionadas con experiencias de aprendizaje creativo, sostiene que es un error que la escuela se distancie tan abruptamente de las prácticas tradicionales que ocurren en un jardín de infantes. En esencia, en los niveles siguientes se reducen (y evitan en algunos casos) las experiencias lúdicas y el hacer compartido, que en el nivel inicial son los motores del desarrollo de la creatividad.

La creatividad es un concepto central del grupo de investigación del MIT. En principio la entienden como un trabajo intenso que combina la exploración curiosa, la experimentación lúdica y la investigación sistemática. Es, además, un proceso social con personas que colaboran, comparten y construyen. La creatividad no se puede enseñar a los estudiantes en base a ofrecerles un conjunto claro de reglas e instrucciones sobre cómo ser creativos. El enfoque correcto, en este sentido, consiste en intentar crear un ambiente de aprendizaje en el cual la creatividad pueda florecer a mediano y largo plazo. Resnick (2017) considera que existen dos tipos de creatividad: “C grande” y “c chica”. La creatividad “C grande” es la que la gente relaciona con los grandes inventos o ideas. Por ejemplo, con los descubrimientos de científicos premiados o con obras de arte que se exhiben en museos. Por otro lado, la creatividad “c chica” está relacionada con las personas comunes, con las ideas que les son útiles en su vida diaria, sin importar si otros tuvieron antes ideas similares. Por ejemplo, el invento del clip para papel fue un acto de creatividad “C grande”, pero cada vez que una persona en cualquier parte del planeta le da un uso nuevo, es un acto de creatividad “c chica”.

Resnick propone que los establecimientos educativos se centren en ayudar a que los estudiantes desarrollen la creatividad “c chica” (dejando de lado la “C grande”). Esto implica darles la oportunidad de formarse como pensadores creativos, que puedan entender y a la vez interactuar de mejor manera con el mundo. En este sentido, Resnick sugiere que en lugar de tratar de minimizar el tiempo frente a las pantallas hay que intentar maximizarlo en virtud de desarrollar y aplicar la creatividad. En vez de poner el énfasis en qué tecnologías usan los aprendices, sugiere concentrarse en qué hacen con ellas. Es sabido que algunos usos propician la creatividad mientras que otros no. Como consecuencia, los docentes deben dejar de pensar si eligen herramientas de tecnología alta o baja, o incluso si trabajan sin tecnología, y pasar a buscar actividades que involucren a los estudiantes en la expresión y el pensamiento creativo.

A partir de las observaciones realizadas en los jardines de infantes acerca de cómo los niños aprenden, Resnick construyó un modelo didáctico denominado “Espiral del aprendizaje creativo”. Se compone de un ciclo de estados en que los estudiantes primero imaginan lo que desean hacer, luego crean un

proyecto basado en sus motivaciones, juegan con sus ideas y creaciones, las comparten con sus pares y reflexionan sobre lo hecho. El modelo toma forma de espiral debido a que continuamente el ciclo se reproduce con mayor intensidad. Un nuevo ciclo toma como insumos las experiencias previas, las amplifica manual y cognitivamente, y enriquece la construcción de conocimientos.



Modelo del “Espiral del aprendizaje creativo” (Resnick, 2017)

A medida que los estudiantes recorren el espiral, desarrollan sus habilidades como pensadores creativos. En particular, aprenden a expresar sus ideas, ponerlas a prueba, experimentar con alternativas, obtener aportes de otros y generar nuevas ideas basadas la experiencia.

LA METODOLOGÍA MAP

El proyecto “Más allá de las pantallas” toma la idea subyacente del modelo del Espiral del aprendizaje creativo para realizar una propuesta metodológica de trabajo en el aula en función de que los estudiantes desarrollen un hacer digital crítico. A los efectos de adaptar el modelo para su aplicación en escuelas secundarias argentinas, se han realizado una serie de intervenciones menores que preservan el espíritu de la propuesta original.

Fue una tarea de cierta complejidad adaptar esa metodología al aula argentina, debido a que la realidad de este espacio educativo es distinta a la de las instituciones donde fue originalmente diseñada y utilizada. No obstante, la

adaptación no constituyó una tarea imposible ya que las ideas básicas están fuertemente ligadas a conceptos pedagógicos constructivistas. Cada fase del ciclo fue reinterpretada como diferentes momentos que permiten organizar el trabajo en el aula, con objetivos claros que intentan respetar la esencia de las etapas, pero sin perder de vista la factibilidad de su realización en nuestro contexto escolar. A continuación se presentan los momentos de la clase bajo la metodología MAP.

Imaginar

El objetivo de este momento es presentar un tema nuevo a trabajar. En esencia se trata solo de una primera aproximación que permita introducirlo en la clase. Al comienzo de las actividades, el docente debería tomar un rol más cercano al tradicional, enfocado en guiar una conversación que destaque la importancia del tema a tratar, para luego abrir un espacio de trabajo dialógico con toda la clase.

Como resultado del desarrollo del momento *Imaginar*, se espera que los estudiantes, además de conocer un nuevo tema o recurso, lo puedan conectar con motivaciones, intereses o situaciones que los afecten. De esta manera, el conocimiento que se construye es situado. La imaginación se desarrolla cuando surgen las voces de los distintos estudiantes y se comparten ideas que guardan relación con el tema y presentan formas de involucrarlo en posibles proyectos.

A tener en cuenta:

- Se puede partir de una presentación breve del nuevo recurso o tema a trabajar, pensando que a continuación debería llevarse a cabo un primer ejemplo práctico. Una de las claves de la metodología es la interacción constante entre conocer, hacer y reflexionar, también dentro de cada etapa.
- Se sugiere acompañar la presentación con material demostrativo adicional, pudiendo utilizar videos, testimonios, materiales de demostración, entre otros. La abundancia y diversidad de materiales colabora en esta etapa, más cercana a la enseñanza tradicional, dando posibilidades de conectar con los distintos intereses y motivaciones de los estudiantes.
- La etapa debería contemplar un espacio de diálogo donde se discutan problemáticas en las cuales el recurso o tema a trabajar esté involucrado. Deberían además incluirse ejemplos locales, cercanos a la vida diaria de los estudiantes.
- Finalmente, se debería incentivar a los estudiantes a que piensen, individual y colectivamente, proyectos que podrían desarrollar guardando relación con el tema. Esta actividad debe tener un cierre grupal donde las distintas propuestas se compartan y crezcan a partir de los aportes del colectivo.

Crear

Una vez que se introduce el tema y los estudiantes se involucran, se avanza sobre el espiral y se pasa al momento *Crear*. En esta etapa, el docente debe dar andamiaje suficiente para empezar a hacer realidad algunos de los proyectos imaginados. Desde la propuesta de aula, la idea es que a partir de experiencias prácticas básicas se introduzcan los conceptos teóricos que complementan el tema.

El objetivo de este momento es proveer a los estudiantes de un marco de trabajo autoguiado, apoyado en material escrito, con invitaciones a desafíos y a momentos de exploración. En la etapa *Crear*, el docente debe tomar un rol cercano al del mentor, fomentando el intercambio entre estudiantes, interviniendo solo cuando es necesario, dando libertad a cada espacio de trabajo y detectando errores que sucedan para tomarlos como oportunidades de reflexión y de nuevos enfoques. La etapa *Crear* debería finalizar con un producto funcional básico derivado del proceso de hacer, que a su vez será insumo del momento siguiente.

A tener en cuenta:

- El trabajo en grupo se recomienda en base a que la colaboración entre los estudiantes enriquece el proceso. Por otro lado, las distintas perspectivas o talentos se complementan y refuerzan el trabajo en el aula. El docente debería ser un guía en la experiencia creadora y no un instructor que relate paso a paso cómo proceder y cómo resolver las actividades.
- Debe evitarse el modelo “todos haciendo lo mismo, al mismo tiempo y en el mismo lugar”. Por eso, se recomienda intervenir lo menos posible en el hacer y otorgarles más libertad a los estudiantes. Sin embargo, el docente debería estar atento a pedidos de auxilio que sí habilitan necesariamente una intervención.
- Es importante fomentar que los estudiantes se encuentren con situaciones que les generan dudas y nuevas ideas antes que respuestas acabadas. Esta primera actividad tiene por objetivo que ellos descubran aspectos básicos del tema a trabajar y los conecten con algunos conceptos teóricos.
- Esta etapa es una invitación a seguir explorando y aprendiendo con nuevos elementos del repertorio de herramientas para diseñar y crear. Por eso, se recomienda que esta fase finalice con la construcción de un objeto funcional.

Jugar

Los estudiantes, en este momento, disponen de un primer prototipo funcional derivado del hacer de la fase anterior. La idea central de la etapa *Jugar* es continuar el camino de aprendizaje a partir de exploraciones lúdicas.

La propuesta se centra en que los estudiantes creen variantes del prototipo inicial basándose en ideas propias, que esta sea una primera puesta en acción de lo que imaginaron en la primera etapa. La etapa *Jugar* debería concluir con una reunión en torno de las intervenciones realizadas donde los estudiantes compartan qué se hizo, por qué, cómo y qué se podría seguir haciendo.

A tener en cuenta:

- Si bien algunos estudiantes comienzan de manera autónoma las intervenciones, otros podrían necesitar apoyo. En este sentido, se deberían generar propuestas de desafíos que motiven a intervenir la configuración del prototipo base. Son propuestas abiertas donde el docente motiva y aporta consejos en los casos que haga falta.
- Cada grupo debería tener la libertad de poder elegir sus intervenciones. La tarea del docente es actuar como un asesor crítico que, desde su experiencia, evalúa si las propuestas pueden ser realizables con los tiempos, capacidades y recursos disponibles.
- Se debería fomentar la pluralidad de voces en los equipos, ya que enriquece el trabajo grupal y los aprendizajes. Por otro lado, trabajar en intervenciones que surjan de las motivaciones de los estudiantes permite que desarrollen un sentimiento de propiedad sobre lo construido, mejora los aprendizajes y amplía la motivación en la actividad escolar.
- La intervención del docente debería estar centrada en orientar la búsqueda de caminos para resolver situaciones problemáticas, en particular aquellas que ameriten varias soluciones, intentando en cada caso que la propuesta de resolución surja de los estudiantes.
- Se recomienda que esta etapa finalice con una puesta en común de las experiencias. Se debe incentivar a los participantes a incorporar conocimientos previos para ayudar a validar, apropiarse y expandir los proyectos. De esta manera, los conocimientos no se ven como algo aislado y sirven al propósito de complejizar los artefactos construidos.

Reflexionar y compartir

Hasta este momento, los estudiantes conocieron nuevos temas, conceptos y recursos, los vincularon con sus contextos y desarrollaron actividades experimentales (primero guiadas y luego explorando de forma más libre). Ahora se abre una nueva etapa donde se intenta promover la comprensión y la conexión de lo trabajado con conocimientos más teóricos de la currícula. Por otro lado, para completar la experiencia de aprendizaje, se orienta el trabajo hacia la necesidad de comunicar de manera reflexiva lo experimentado y aprendido.

Al finalizar la etapa se espera que los estudiantes logren una integración de saberes en función de una comprensión profunda y no solo instrumental. La meta es consolidar y expandir el conocimiento. Estas experiencias no deben quedar solamente en actividades recreativas o en la construcción de un

objeto. La reflexión sobre lo trabajado permite fortalecer esos saberes, en general a partir del planteo de nuevas preguntas cada vez más complejas.

A tener en cuenta:

- La voz del docente sirve para reorganizar lo trabajado hasta el momento y realizar una revisión crítica en la cual se puedan destacar qué nuevos conocimientos se construyeron en base a las experiencias. Esta revisión tiene que incluir los aportes de los distintos grupos de estudiantes, valorizando el aprendizaje colectivo. Luego, el docente debería intentar expandir el conocimiento y conectar lo trabajado con conceptos teóricos que le dan sustento, conceptos que a su vez pueden ser o no de su propia área.
- Al avanzar más en la etapa, será necesario pasar al momento de documentación y comunicación de lo trabajado y reflexionado. Para ello se sugiere que cada grupo de estudiantes lleve una suerte de bitácora en soporte digital donde documenten el proceso de aprendizaje. Al tener que mostrar públicamente lo hecho y aprendido, los estudiantes reforzarán su proceso de reflexión, sus capacidades de expresión y la autovaloración.

Imaginar nuevamente

Esta etapa funciona como el puente con un nuevo ciclo del proceso de aprendizaje creativo. La propuesta es presentar nuevos temas y recursos, dando continuidad a la experiencia educativa a partir de integrar el saber construido y así potenciar el hacer. En este sentido, el camino del hacer digital crítico se construye desde la incorporación de nuevos recursos que posibilitan a su vez la creación de objetos y proyectos cada vez más complejos. El espiral del aprendizaje creativo puede ser de gran provecho a medida que los estudiantes avancen en el desarrollo de proyectos propios. Se recomienda, por ello, que una vez que hayan concluido una serie de prácticas con una temática en particular, se les dé un tiempo (y acompañamiento) para que puedan avanzar en sus proyectos y así expandir sus conocimientos y hacerlos más propios.

LA EVALUACIÓN ENFOCADA EN EL PROCESO

Desde la perspectiva construccionista, la evaluación de los saberes de los estudiantes debe ser lo menos intrusiva posible y no distraer a los aprendices del proceso de aprendizaje. También se desaconseja la evaluación por medio de la utilización de rúbricas aplicadas a proyectos, que se basan en la aplicación de criterios estrictos que intentan vincular el trabajo de los estudiantes con un proyecto ideado previamente por el docente. Las rúbricas pueden ser contraproducentes por varios motivos: a) imponen la visión del maestro sobre cómo debe verse el trabajo del estudiante al final; b) se convierten en la lista de

verificación para el proyecto, cuanto más estructurado sea el trabajo que se les acerque, menos margen tendrán para desplegar la creatividad y el pensamiento divergente; c) refuerzan la dependencia del estudiante en la forma en que un maestro define su trabajo; d) en algunos casos pueden llevar el camino del aprendizaje por la vía del menor esfuerzo; e) por lo general las rúbricas no contemplan el error, es más, lo penalizan, y desde el construccionismo el error es una oportunidad que se le da al estudiante de conducir a mejores aprendizajes.

La escuela no debe tratar de crear ganadores y perdedores en las actividades que propone. Esa forma de clasificar a los estudiantes, basada en *rankings* y no en una visión holística de sus aprendizajes, puede ser dañina y desmotivadora para muchos. El resultado de la enseñanza no se resume en una prueba estándar, responde a procesos mucho más complejos.

En este sentido, se recomienda que la evaluación se haga a la par del trabajo en el aula, mediante un seguimiento constante de los procesos de cada estudiante, y no a partir de los proyectos o de las intervenciones personales realizadas. Darle más libertad a los jóvenes permite que los docentes puedan acompañarlos de forma más amena, conozcan sus maneras de proceder y los orienten en sus procesos de aprendizaje.

Para concluir la presentación de la metodología MAP, y a la vez reforzar su sentido, se recuperan las palabras del pedagogo Paulo Freire. Las mismas explican de manera clara y directa que se aprende –es decir, se construye conocimiento– cuando hay un ambiente de aula que fomenta la creatividad y cuando las prácticas educativas proponen un hacer crítico:

[...] al margen de la praxis, los hombres no pueden ser. Educadores y educandos se archivan en la medida en que, en esta visión distorsionada de la educación, no existe creatividad alguna, no existe transformación ni saber. Solo existe saber en la invención, en la reinención, en la búsqueda inquieta, impaciente, permanente que los hombres realizan en el mundo, con el mundo y con los otros (Freire, 1994: 52).

EXPERIENCIAS QUE DIERON SUSTENTO A LA METODOLOGÍA

La propuesta anterior surgió en el marco de distintas experiencias con estudiantes y profesores de escuela secundaria que la UNIPE realizó entre los años 2014 y 2017. En concreto, trabajamos guiados por una pregunta: ¿cómo es posible promover el desarrollo de una relación más profunda entre los jóvenes y los procesos de creación con tecnologías digitales? En principio, se tendieron puentes entre espacios informales de aprendizaje (especialmente *maker spaces*) y algunas escuelas secundarias públicas bonaerenses para tratar de incorporar prácticas de trabajo y de colaboración que fomenten el hacer digital crítico. La propuesta se formuló a partir de dos dimensiones fundamentales: la aptitudinal, en base al desarrollo de la fluidez digital y el uso efectivo de las tecnologías; y la actitudinal, promoviendo las buenas prácticas de aprendizaje, trabajo y colaboración presentes en los colectivos *maker*.

Una de las primeras experiencias de trabajo con docentes realizadas en el marco de una investigación fue denominada “Usos creativos de la tecnología digital. Diseño de objetos interactivos digitales con Arduino”. Esta actividad tuvo lugar en la Escuela Técnica N° 1 de la ciudad de Lobos (Provincia de Buenos Aires) entre los meses de marzo y octubre de 2015. Se convocó a profesores de escuelas secundarias públicas y ellos, a su vez, sumaron a algunos de sus estudiantes. Los docentes y los jóvenes realizaron una serie de proyectos guiados por un material desarrollado por la UNIPE¹ que tenía la función de brindar un andamiaje básico sobre el tema.

Más allá de la utilización del material didáctico y del recurso físico provisto por la Universidad (kits de placas Arduino y módulos complementarios), los participantes debieron llevar a cabo proyectos grupales que surgieron de sus motivaciones e intereses. Junto con sus profesores y de forma colaborativa, los estudiantes desarrollaron autos robotizados controlados desde un *smartphone*, así como un prototipo de sistema de alerta y control de gases tóxicos para aplicar al sector de fundición de aluminio de un colegio. También convirtieron un torno y una fresa tradicional en máquinas con tecnología de control numérico, desarrollaron un modelo a escala de un camión de bomberos robotizado y proyectaron la automatización de un sistema de estacionamiento, entre otros experimentos. Los equipos trabajaron en un ambiente donde el aprendizaje estuvo en función del desarrollo social, del fortalecimiento de saberes y habilidades y de la consolidación de la autoconfianza. Cada docente, en su función de mentor, fue guía y a la vez motivador en estas experiencias, ya que aprendieron sobre la plataforma Arduino a la par con sus estudiantes.

La siguiente experiencia del programa estuvo relacionada con el diseño de objetos y su materialización con impresoras 3D. Entre los meses de septiembre y noviembre de 2015, se trabajó con estudiantes y profesores del nivel secundario de tres escuelas técnicas bonaerenses (una localizada en Maquinista Savio, otra en Garín y la tercera en Del Viso). Tras conformar una comunidad de aprendizaje, que en una primera etapa involucró solo a dos de las escuelas, se proveyó a los participantes de las piezas necesarias para ensamblar impresoras 3D que, al finalizar el proyecto, se donaron a los establecimientos. Una vez armadas las máquinas y puestas en operación, se llevó adelante un taller de diseño y materialización de objetos 3D. La idea era asistirlos en los primeros pasos de la experiencia, para que los estudiantes pudieran generar sus propios diseños y no solamente descargarlos de la red. Así, se buscaba una experiencia de mayor relación y comprensión de las características técnicas operativas y funcionales de la máquina, lo cual a futuro permitiría aplicar tales conocimientos a otros proyectos educativos de mayor envergadura y relación

1. El material didáctico compartido luego dio origen al libro *Diseño y construcción de objetos interactivos digitales. Experimentos con la plataforma Arduino* (2015), escrito por Fernando Bordignon y Alejandro Iglesias. Disponible para descarga gratuita en: <<https://editorial.unipe.edu.ar/colecciones/herramientas>>.

con la currícula. Finalizados los encuentros, las dos escuelas participantes de la primera etapa comenzaron la tarea de replicar la experiencia con la tercera escuela. De este modo, los estudiantes y profesores de la primera etapa se convirtieron en mentores, ayudando a ensamblar y ajustar el tercer equipo, pero también introduciendo a ese grupo en las primeras prácticas de diseño y materialización de objetos. Además, se buscó dejar instalado en cada uno de los tres establecimientos educativos un espacio de aprendizaje con algunas características propias de las prácticas *maker*.

En marzo de 2016 se realizó un encuentro de reflexión y evaluación de lo realizado, donde se pudieron poner en común las distintas prácticas, experiencias y logros llevados a cabo en las escuelas involucradas, sin dejar de pensar sobre los desafíos para continuar trabajando. Una de las consecuencias fue que los directivos de las escuelas participantes adquirieron impresoras 3D adicionales, ensambladas en los mismos establecimientos. Entre las tres instituciones se formaron vínculos que permitieron extender la relación de cooperación, al punto que docentes y estudiantes buscaron apoyo mutuo para la construcción de sus máquinas nuevas.

Al inicio del ciclo lectivo 2016, también se puso en marcha en la Escuela Secundaria Técnica N° 3 de Maquinista Savio la tercera experiencia de la UNIPE, la cual dio origen a este libro. En aquella ocasión se diseñó la metodología MAP para un ciclo de trabajo intensivo entre la universidad y la escuela, poniéndola por primera vez a prueba en espacios curriculares durante 2017.

REFLEXIONES SOBRE LO APRENDIDO EN LAS ESCUELAS

A partir del trabajo realizado, hemos comprobado que la introducción de tecnologías que promueven un hacer digital crítico en base a la creación de objetos y prototipos resulta altamente motivadora tanto para los docentes como para los estudiantes. Desde el punto de vista de los docentes, observamos que la ausencia de un marco teórico formal previo al trabajo práctico con las herramientas digitales no representó un obstáculo sino que, por el contrario, permitió afianzar vínculos entre los estudiantes y docentes en la construcción de conocimientos.

La forma de trabajo, menos estructurada, orientada al desarrollo de proyectos o desafíos, dio por resultado que los participantes tuvieran una mayor libertad para experimentar con la tecnología y sus posibilidades. Esto, a su vez, permitió que manejen sus tiempos y generó un sentimiento de propiedad sobre lo realizado.

La creación de proyectos surgidos de motivaciones propias de los estudiantes fomentó el compromiso con la experiencia de aprendizaje y con la comunidad educativa. Además, la necesidad de personalizar y crear objetos puso a prueba conocimientos adquiridos en otros cursos y dio como resultado una integración disciplinar adecuada.

En el caso de disciplinas como la programación, generó un enfoque innovador para el trabajo con estudiantes de secundaria, dado que no toda la

práctica quedó circunscrita a la pantalla de un dispositivo, como sucede en la mayoría de los casos. El trabajo se expandió a objetos digitales interactivos que los participantes diseñaron y construyeron, haciendo más tangible y ameno el planteo de los problemas a resolver.

En la mayoría de los casos, los profesores no tenían conocimientos formales sobre programación ni sobre la plataforma Arduino o impresión 3D. De esta manera, tuvieron que adoptar otros roles, siendo mentores y guías de las exploraciones, y ayudando a dar sentido a lo descubierto por los estudiantes. El intercambio fomentó más líneas de comunicación, el aprendizaje se dio entre pares y a la vez con los docentes, afianzando los vínculos y el sentimiento de pertenencia a un grupo. Esto último se ha podido observar por el compromiso y el interés que demostraron los jóvenes al utilizar su tiempo libre (ajeno al horario escolar) para realizar reuniones de trabajo sobre sus proyectos y compartir sus exploraciones individuales.

A partir de estas experiencias, se ha podido observar que las dinámicas de trabajo enfocadas en proyectos resultan más naturales y amenas tanto para los estudiantes como para los docentes, sobre todo cuando estos últimos comprenden la importancia de tomar un rol de mentor. Sin embargo, también se ha notado otro rasgo común: existe una carencia de espacios de reflexión profunda que integren los conocimientos adquiridos e, incluso más importante, los contextualicen en un marco más amplio. Este asunto no es menor, ya que el sentido educativo de las actividades puede diluirse y hacer que se desaproveche parte de la energía invertida. Por ello, es necesario desarrollar estrategias para conectar con otras áreas de conocimiento e integrar a otros espacios curriculares.

Finalmente, se debe resaltar que todo este trabajo ha sido posible gracias al apoyo de los estudiantes, docentes y directivos de los establecimientos educativos implicados. El ambiente y la predisposición son factores muy importantes para desarrollar un hacer digital crítico.

Diseño y construcción de ODI con la metodología MAP

En este capítulo se presenta de manera somera la tecnología Arduino,¹ que constituye el elemento principal de los proyectos que involucran actividades de diseño y construcción de objetos digitales interactivos. Además, se hace una breve introducción a la segunda parte del libro, que consta de seis prácticas pensadas en base al modelo “Más allá de las pantallas”.

ARDUINO Y SUS POSIBILIDADES EN EL AULA

A inicios de la década de 1970, el reconocido científico Seymour Papert analizaba el potencial de las computadoras para colaborar en el aprendizaje de los estudiantes. Al ser máquinas versátiles, estas podían ayudar a elaborar sus ideas y construir cosas. Específicamente, decía: “La computadora es el Proteo de las máquinas. Su esencia es su universalidad, su poder de simulación. Debido a que puede tomar miles de formas y puede servir a miles funciones, puede atraer a miles de gustos” (Papert, 1980: 9).

Esa mirada pionera acerca de las posibilidades de las computadoras en educación, vistas no como máquinas de enseñanza ni como máquinas asistentes de tareas escolares, lo llevó a concebir las computadoras como una especie de poderoso ladrillo Lego que, junto con otros materiales y componentes, podía generar un ambiente de creación. Guiados por estas potentes ideas, desde el hacer crítico se podían desarrollar conocimientos profundos. En las investigaciones que realizó, Papert ya proyectaba una computadora educativa muy similar a la que treinta y cinco años después sería la placa de desarrollo Arduino. En una comunicación académica de 1971, Papert propuso junto a Cynthia Solomon una serie de proyectos educacionales basados en una imaginaria computadora para niños. Se pensaron actividades que incluían componer música, controlar títeres, programar, hacer películas, modelar matemáticamente y otros proyectos que empezaron a llegar a las

1. Para una mayor profundización sobre el tema Arduino se recomienda la lectura de *Diseño y construcción de objetos interactivos digitales. Experimentos con la plataforma Arduino*, el libro de Bordignon e Iglesias ya mencionado, disponible para descarga gratuita en: <<https://editorial.unipe.edu.ar/colecciones/herramientas>>.

escuelas varias décadas después. Sobre tal propuesta de máquina, indicaban que:

La computadora escolar debería tener una gran cantidad de puertos de salida para permitir que la computadora encienda y apague las luces, inicie las grabadoras de cinta, active los proyectores de diapositivas y arranque y detenga todo tipo de pequeñas máquinas. También debería haber puertos de entrada para permitir el envío de señales a la computadora.

En nuestra imagen de un laboratorio de computación escolar, muchos “puertos de control” desempeñan un papel importante que permite a cualquier estudiante enchufar cualquier dispositivo en la computadora [...]. El laboratorio tendrá un suministro de motores, solenoides, relés y dispositivos de detección de varios tipos, etc. Utilizándolos, los estudiantes podrán inventar y construir una variedad interminable de sistemas cibernéticos (Papert y Solomon, 1971: 39).

Casi veinte años después de haber hecho la propuesta anterior, cuando ya empezaban a ingresar en oficinas u hogares las computadoras de escritorio y algunas portátiles, Papert vio cómo su sueño se iba volviendo gradualmente realidad. En el año 1988, en un artículo escrito junto a George Franz, le habló directamente a los profesores de escuelas y dio una serie de indicaciones para que la computadora habite los salones de clase:

1. Busquen proyectos abiertos que fomenten la participación de los estudiantes con una variedad de materiales, tratando a las computadoras solo como a un material más junto con reglas, alambre, papel, arena y demás.
2. Fomenten las actividades en las cuales los estudiantes usan computadoras para resolver problemas reales.
3. Conecten el trabajo realizado en la computadora con lo que sucede durante el resto del día escolar y también con los intereses de los estudiantes fuera de la escuela.
4. Reconozcan las cualidades únicas de las computadoras, aprovechando su precisión, adaptabilidad, extensibilidad y capacidad para reflejar las ideas y construcciones individuales de la realidad de cada estudiante.
5. Aprovechen los avances tecnológicos nuevos y de bajo costo, como los sensores de temperatura y luz, que promueven la integración de la computadora con aspectos del entorno físico de los estudiantes (Papert y Franz, 1988).

Papert proporciona un contexto a las indicaciones anteriores, haciendo foco en que la máquina es solo un aliado poderoso en el proceso de aprendizaje:

Si bien el tema de este artículo ha sido el papel de la computadora en el proceso educativo, digamos claramente que las ideas que subyacen en nuestras estrategias de enseñanza fueron formuladas por educadores y filósofos cuyas vidas son anteriores a la invención de la computadora y cuyas ideas pueden ser aplicadas a cualquier situación de aprendizaje y a cualquier material. Nuestro énfasis, al igual que el de Piaget, Dewey, Susan y Nathan Isaacs, y otros, está claramente en la investigación y

el aprendiz, no en el currículo específico o los hechos que deben aprenderse. En esta empresa, todos los materiales son creados iguales, aunque es cierto que la computadora agregó aspectos únicos y potentes al proceso de aprendizaje (ibíd.).

Arduino, como concepto, es un sistema electrónico para desarrollar prototipos abiertos que está basado en software y hardware flexibles. Su versatilidad junto a un grupo amplio de componentes permite desarrollar objetos digitales interactivos de forma rápida y a partir de conceptos elementales de electricidad y electrónica. Por eso, presenta excelentes oportunidades para el aprendizaje en niños y jóvenes, permite potenciar su creatividad y su capacidad para resolver problemas complejos.

Físicamente, Arduino es simplemente una placa que contiene un microprocesador ATmega, una serie de pines de entrada y salida de propósito general para datos analógicos y digitales, y una conexión USB que permite cargarle programas y establecer una comunicación con una PC.

Posee además ciertas protecciones para hacer más difícil que se dañe la placa al experimentar con ella y se conecta, a través de los mencionados pines de entrada y salida, con los diversos sensores y actuadores que aportan una gran flexibilidad a la hora de crear objetos interactivos. Existen además una serie de *shields* (placas predefinidas que expanden las capacidades de Arduino) creados específicamente para interactuar con Arduino y agregarle funcionalidad con muy poca dificultad y costo, aunque es posible conectarle también casi cualquier dispositivo electrónico, ya sea industrial o de fabricación casera.

El proyecto Arduino surgió en el año 2005, cuando un grupo de estudiantes y profesores del Instituto de Diseño Interactivo Ivrea (Italia) se propuso desarrollar un entorno de hardware de modalidad abierta. El motivo principal para llevar adelante el proyecto fue el desarrollo de una herramienta docente actual, económica y potente que fuera accesible para los estudiantes y las escuelas. Los microprocesadores de ese tipo, así como las placas de desarrollo de minicomputadoras que existían hasta ese momento, eran de licencias cerradas y de elevado costo, o simplemente estaban desactualizadas.

Más allá de su efectividad y prestaciones, el éxito y la popularidad de Arduino en el mundo se debieron a que se constituyó como una alternativa abierta válida frente a opciones propietarias mucho más caras. Arduino también ha significado una revolución en sí mismo, dado que le permitió a la gente encontrarse con una suerte de arcilla electrónica con la que modelar, casi sin restricciones, sus proyectos de creación de objetos digitales.

El primer prototipo de placa surgió de un equipo coordinado por el profesor Massimo Banzi. Se basaba en una placa electrónica muy simple, donde se ubicaba un microcontrolador básico junto con resistencias y otros elementos que permitían la conexión de sensores y leds. A continuación se desarrolló un entorno de programación, denominado Wiring, y se hicieron mejoras significativas a la interfaz de hardware. También se incorporaron microcontroladores para brindar soporte y memoria al lenguaje de programación. Así,

al tener un modelo más completo y robusto, comenzó la etapa de difusión mundial de las especificaciones de Arduino, así como la fabricación masiva de las placas.

Las placas Arduino están basadas en los microcontroladores ATmega168, ATmega328, ATmega1280, ATmega8 y otros similares. Hoy en día existe una gran cantidad de variantes que definen a la gran familia Arduino. Entre los integrantes más representativos de este grupo se encuentran el clásico Arduino UNO, que es ideal para gran cantidad de proyectos; el Arduino Mega, que contiene muchos más pines de entrada y salida, lo cual permite encarar proyectos más grandes; también está el Arduino Nano, usado en robótica y en aplicaciones portátiles gracias a su pequeño tamaño; y, por último, el LilyPad, diseñado para integrarse en ropas y diversas telas.

Arduino, desde su concepción, pertenece al mundo del *open source* (software libre) y del *open hardware* (hardware abierto), alineado con la filosofía de trabajo que ambos movimientos proponen. Tanto el hardware como el software abierto fomentan el desarrollo de tecnologías cuyos diseños son públicos y sin secretos, con el fin de que otros hagan uso y modifiquen esa tecnología.

Esto da lugar a que el uso y los costos de las tecnologías sean bajos o nulos, y se facilite el acceso a más cantidad de usuarios; del mismo modo, y en sentido inverso, fomenta que las personas puedan participar y hacer aportes a esas mismas tecnologías, ayudándolas a madurar y mejorar.

Cuando se habla de *open hardware*, se hace referencia al hardware con diseño público, es decir liberado para que cualquier persona lo estudie, modifique o distribuya, así como para que produzca y venda hardware basado en ese diseño. De alguna manera, el hardware en modalidad abierta implica poder ver su interior, abrir los objetos y entender cómo funcionan realmente.

Debido a la filosofía de trabajo y al nicho al que apunta Arduino, existen a su alrededor y en distintas partes del mundo muchísimas comunidades online dedicadas a descubrir y compartir usos de esta tecnología: desde los foros oficiales de Arduino (<http://forum.arduino.cc/>), a sitios de *makers* y comunidades DIY (del inglés *Do It Yourself*) como <http://www.instructables.com/>, foros de electrónica (<http://www.forosdeelectronica.com>) o incluso comunidades específicas de uso de esta placa. Muchos de los ejemplos están en español y surgen desde diversas perspectivas. En estas comunidades prima el compartir, ya sea una duda, una producción, una idea, una propuesta o una preocupación; y aquellos participantes que más aportes hacen son los más valorados por las comunidades. Cada aporte hecho en estos sitios tiene un valor técnico pero, además, un valor social muy grande. El espíritu de estos colectivos se basa en ayudar y recibir ayuda de otros para lograr crear proyectos; forman grupos sociales que comparten intereses y vivencias.

Es importante considerar que para poder sacar provecho de la introducción de dichas tecnologías en las aulas y potenciar los aprendizajes de los estudiantes, no se debe intentar solamente integrar a la placa Arduino como un contenido más de las clases de alguna materia como informática o tecnología.

Por el contrario, el verdadero aporte que pueden hacer estas herramientas es nutrir las experiencias de enseñanza y aprendizaje escolares a partir de prácticas propias del aprendizaje informal.

Trabajar a través de proyectos que surjan de los intereses de los alumnos puede ser una buena forma de iniciar este recorrido. Usar objetos o problemáticas que los involucre representa un gran elemento de carácter motivador, pues permite que los alumnos sientan afinidad hacia los proyectos y los tomen como algo personal, de lo cual son dueños.

Dejar que los alumnos se enfrenten a preguntas sin respuestas previamente definidas (respuestas que puede desconocer incluso el docente) convierte a estos proyectos en verdaderos desafíos no controlados. En parte, el rol docente sufre transformaciones gracias al desconocimiento compartido con los alumnos, a que juntos deberán enfrentarse a la búsqueda de información y a la creación del conocimiento necesario para llevar a cabo proyectos que han surgido de acuerdos mutuos.

Lograr la concreción de esos proyectos implica generar respuestas a múltiples problemas sin dejar que la falta de motivación, la frustración u otros agentes externos se interpongan en el camino. Asimismo, dejar que las particularidades de cada estudiante tengan protagonismo significa hacer frente a variedades de ritmos y velocidades de aprendizaje, a diversas capacidades y formas de trabajo. Sin embargo, el docente no estará solo frente a estos desafíos, ya que trabajará a la par con sus alumnos. El carácter multidisciplinario de los proyectos que utilizan estas tecnologías garantiza, por otra parte, que más de un docente pueda involucrarse en cada proyecto.

Estamos convencidos de que la utilización de estas herramientas digitales en las aulas tiene implicaciones sumamente enriquecedoras para los procesos de enseñanza y de aprendizaje de cualquier joven en la educación secundaria.

SOBRE LAS PRÁCTICAS

Las prácticas creadas bajo la metodología de trabajo “Más allá de las pantallas” tienen por objetivo mostrar las posibilidades educativas de la tecnología Arduino. Además, ofrecen al profesorado nuevos recursos didácticos en función de desarrollar una forma de hacer y un pensamiento creativo en los estudiantes. Esta metodología parte de la base de que el lector no posee experiencia previa con la plataforma Arduino ni con el mundo de la programación y la electrónica. Debido a esto, las prácticas introducen lentamente conocimientos en las áreas mencionadas.

A continuación, en la segunda parte de este libro, se presentan seis prácticas cuya estructura se divide en dos cuerpos principales:

- El primer cuerpo está orientado al docente. Allí se describen las actividades y los objetivos de las mismas teniendo en cuenta habilidades y conocimientos a desarrollar; también se presenta una serie de conocimientos

teórico-prácticos para facilitar el desarrollo de la experiencia. Además, esta parte incluye una planificación de la clase donde se distinguen los distintos momentos de cada actividad de acuerdo a la metodología MAP, así como el sentido y el rol que debería adoptar el docente para enriquecer la experiencia.

- El otro cuerpo, pensado como material de consulta para los estudiantes, se divide a su vez en dos secciones. La primera es un tutorial que guiará a los grupos de estudiantes, introduciéndolos en los temas a trabajar. La segunda sección contiene un resumen de los conceptos teóricos asociados más relevantes, así como una serie de pistas para completar la experiencia de aprendizaje, invitando a buscar y complementar la información.

Los conceptos teóricos necesarios están incluidos en las prácticas y se van presentando a medida que se avanza por los distintos momentos de la clase. Así, la presentación inicial del tema a tratar se asocia al momento de “imaginar”. Luego, los conceptos e ideas se trabajan nuevamente a partir de las investigaciones que realizan los estudiantes para concretar sus proyectos en la etapa “jugar”. Finalmente, en el momento de “reflexionar y compartir” se pueden aprovechar las experiencias obtenidas para repasar o agregar aquellos conceptos que aún no se hayan trabajado con profundidad.

La idea subyacente no es utilizar estas prácticas como una receta a seguir de manera exacta, sino como una invitación a experimentar y conceptualizar. El objetivo es que los estudiantes tengan parte del control de la clase, trabajen en forma colaborativa, expongan sus hallazgos, propongan nuevas exploraciones y reflexionen continuamente sobre lo hecho. La organización de cada práctica es la siguiente:

- Elementos para el docente: es una descripción de los objetivos de la práctica, junto con una serie de conocimientos que ayudan a introducir el tema y llevar adelante las actividades.
- Momentos de la clase: es otra sección dedicada al docente donde se describen cada uno de los momentos que constituyen la práctica propuesta en base al espiral del aprendizaje creativo.
- Elementos para el estudiante: son fichas, en forma de tutorial, que guían a los estudiantes en la construcción de los prototipos que se proponen en el momento “crear”.
- Para saber más: son pistas adicionales a la práctica que permiten profundizar la experimentación y la reflexión. Su lectura puede ser compartida entre docentes y estudiantes.

Segunda parte



ABC Arduino

Esta es la primera experiencia que tendrá el grupo de estudiantes con Arduino, por lo que se les presentará la plataforma y sus posibilidades junto con un conjunto de conocimientos necesarios para llevar a cabo prácticas básicas.

Conceptos y capacidades a desarrollar	
Conceptos teóricos	Saberes prácticos
Fundamentos básicos de programación	Utilizar el IDE Arduino para cargar un programa en la placa
Concepto de algoritmo	Utilizar un protoboard
Concepto de compilación	Conectar leds
Objetos digitales interactivos	Escribir un programa básico utilizando las funciones: setup, loop, pinMode, digitalWrite, delay
Arquitectura básica de una computadora	
Concepto de circuito	



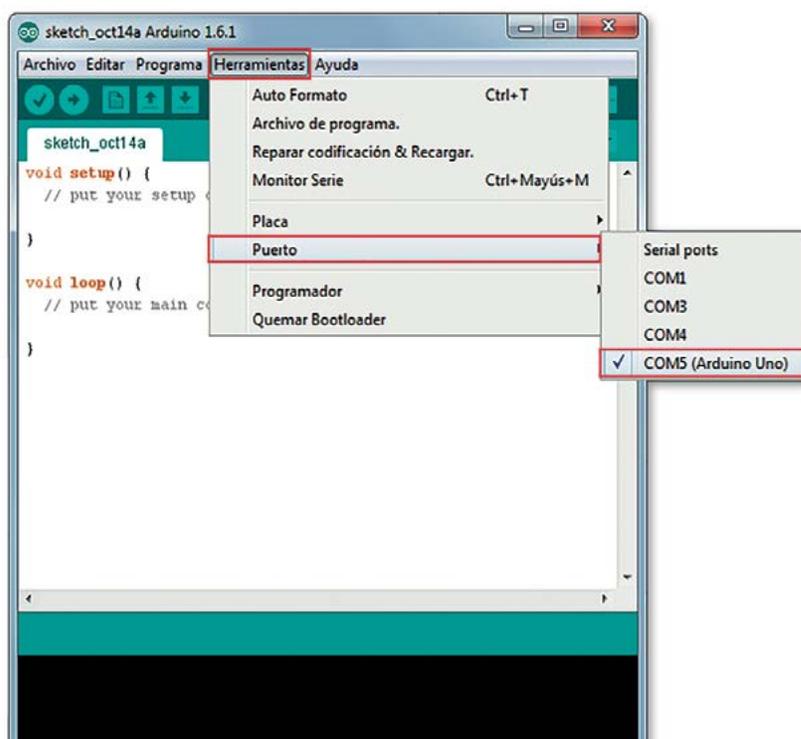
ELEMENTOS PARA EL DOCENTE

Arduino es una plataforma de hardware libre que resulta accesible para el trabajo en el aula gracias a su entorno de desarrollo integrado y a un lenguaje de programación sencillo. Su bajo costo ha hecho posible que la plataforma se distribuya a lo largo del mundo y surja una importante comunidad en línea donde se comparten proyectos, tutoriales, códigos y, además, se solucionan problemas. Por otro lado, existe una gran cantidad de módulos y sensores que se pueden conectar y configurar para extender las capacidades de la placa

Arduino. Esta herramienta permitirá que los estudiantes creen sus propios ODI (objetos digitales interactivos) a través de interfaces sencillas y versátiles. La idea de esta sección es presentar los primeros pasos necesarios para comenzar a trabajar con la plataforma. Para mayor información, se recomienda dar una lectura al Capítulo 3 del libro *Diseño y construcción de objetos interactivos digitales*.¹

La placa Arduino requiere un entorno de programación (denominado IDE por *Integrated Development Environment*) que está disponible en cualquiera de los sistemas operativos más populares (Windows, Linux, Mac) y se puede descargar de la página oficial de Arduino (<https://www.arduino.cc/en/main/software>).

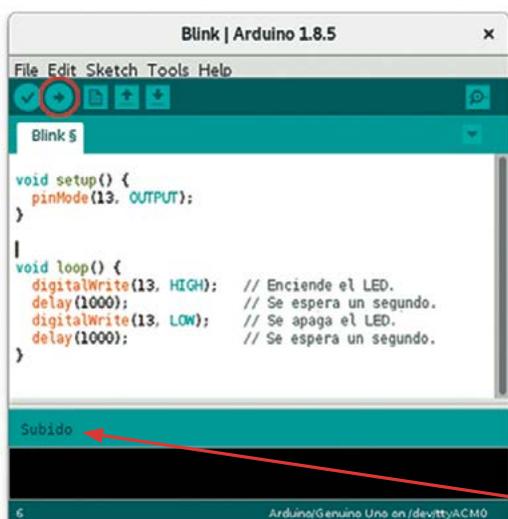
La placa se conecta a la computadora personal o de escritorio (PC) por medio de un cable USB. La comunicación que se establece, en modo serie, permite tanto enviar y recibir datos como transmitir y cargar los programas creados en la PC. Una vez conectado el cable, se debe configurar en el IDE el identificador de puerto donde se encuentra el Arduino. Para mayor claridad, en la siguiente imagen se explica el procedimiento: Herramientas -> Puerto -> COM 5 (Arduino Uno), aunque este número puede cambiar.



1. El capítulo se titula "Arduino y su mundo". Disponible en: <<https://editorial.unipe.edu.ar/coleccion/herramientas>>.

El entorno de programación ofrece una sección de ejemplos que permite experimentar tanto con la plataforma en sí como con distintas librerías y módulos de otros componentes (servomotores, sensores de temperatura, pantallas LCD, medidores de distancia, entre los principales), lo cual proporciona un amplio abanico de posibilidades a explorar. Para esta primera prueba, seleccionaremos el programa ejemplo “Blink” y lo cargaremos en el IDE. Para ello, en el menú, se debe ir a Archivo -> Ejemplos -> Basics -> Blink.

Este es un ejemplo básico que tiene por objetivo hacer titilar un led que contiene la placa Arduino (sin necesidad de conectarle ningún componente adicional). Si se carga este ejemplo en la placa (con el botón “subir”, como indica la imagen siguiente), el programa se ejecutará en el Arduino, y quedará allí almacenado.



Cuando termine debería decir "subido".

Este led debería titilar.

Este no es el ejemplo que se propone que hagan los estudiantes como primera actividad. Debido a su simpleza, impide realizar intervenciones interesantes por parte de ellos. Sin embargo, sí es una buena opción para verificar que la configuración básica está en condiciones y funciona correctamente. En caso de haber problemas al enviar el programa desde la PC a la placa Arduino, lo primero a verificar es que el puerto seleccionado sea el correcto (el puerto suele cambiar cuando se conecta y desconecta la placa).

En esta primera práctica los estudiantes construirán un objeto similar: van a conectar un led externo a la placa Arduino para tener un primer acercamiento que permita centrarse en los aspectos básicos y, por otro lado, disponer de oportunidades de intervención. Será una buena oportunidad para entender los fundamentos básicos del funcionamiento de una computadora y de lo que significa programar. En particular, se puede explicar: a) el proceso de compilación, utilizando de ejemplo el momento en que el código escrito en

el IDE es traducido a una versión ejecutable en el Arduino, planteando preguntas sobre la necesidad de la traducción; b) la arquitectura básica de una computadora, explicando el rol del procesador, las memorias y los puertos de entrada y salida.



MOMENTOS DE LA CLASE

Esta primera instancia de la clase no debería ocupar más de quince o veinte minutos. Es un punto de entrada a la temática donde se exponen los conceptos básicos que serán madurados y profundizados en los siguientes momentos de la clase.

Se recomienda realizar la presentación de Arduino como una herramienta adecuada para crear objetos digitales interactivos. Es indispensable que se expongan posibles usos y aplicaciones, ya que podría ayudar a construir ideas poderosas en la mente de los estudiantes.

El docente debería conectar y hacer uso de los intereses personales de los jóvenes para sugerir proyectos en los que ellos puedan utilizar Arduino. Es un momento para pensar en voz alta. El objetivo no es empezar a desarrollar esos proyectos de inmediato sino realizar un ejercicio de pensamiento que contemple metas o desafíos e involucre a los estudiantes en la práctica.

A continuación, una posibilidad es acercar algunos conceptos técnicos para describir la arquitectura básica de la placa. Por ejemplo, hacer un reconocimiento de las partes, mostrar los pines de conexión (donde se les pueden conectar sensores y actuadores), las entradas de alimentación, etcétera.

Luego, resultará útil presentar uno de sus componentes, el protoboard, como un artefacto que se utiliza para realizar los prototipos de los objetos digitales y que permite conectar los distintos componentes electrónicos de los proyectos. Se puede indicar brevemente cómo está compuesto, el esquema de conexión y las líneas de alimentación.

Una opción para finalizar este momento de la clase es presentar el IDE de programación Arduino, explicar las características de la conexión con la computadora y la utilización del entorno para escribir código.

Crear: un primer escenario de prueba

El momento “crear” tiene por objetivo que los estudiantes realicen una primera actividad. Para ello, el docente debe guiar y proporcionar el apoyo necesario, el cual sugerimos que se haga en forma de tutorial y que además sea breve.

En esta práctica se proporcionará a los estudiantes el recurso “Tutorial 1: Blink” (ver más adelante el apartado “Elementos para el estudiante”). Es una guía básica, paso a paso, que proporciona todo lo necesario para realizar la primera actividad, además de algunos conceptos teóricos que se conectan con

la práctica y ayudan a comprender lo hecho. Asimismo, se incluyen algunas pistas para realizar pruebas adicionales que promuevan la experimentación. Es recomendable que la actividad se realice en grupos de estudiantes. La idea es alentar un trabajo colaborativo y autoguiado, donde la asistencia del docente, durante el proceso del hacer, se limite solo a ayudar a sortear dificultades que el grupo no logre resolver.

El docente también debería promover tareas de registro de la experiencia en cada grupo. En este sentido, los estudiantes pueden utilizar algún método de documentación para realizar anotaciones y compartirlas. El registro servirá, en etapas posteriores, como elemento de apoyo a la reflexión. Además, esa bitácora le facilitará al docente el seguimiento de lo realizado y comprendido.

Jugar: hackear el código y el objeto

El hackeo o la intervención del prototipo ya construido se entiende como una oportunidad para salir del hacer prescripto y avanzar en la formación de un estudiante activo a partir de concederle cierta libertad para experimentar en base a sus ideas o motivaciones. En este momento, el docente debería asumir el rol de mentor: más que proporcionar instrucción, debería ser un colaborador que ayude a catalizar “la chispa” que acelera el proceso de aprendizaje (Resnick, 2017).

En esta actividad se debe invitar a que los estudiantes experimenten de manera lúdica. Una buena práctica a tener en cuenta, para fomentar intervenciones y pruebas, es proporcionar otros elementos físicos (materiales o componentes) que los inviten a probar cosas nuevas. Por ejemplo, entregarles resistencias y leds adicionales, de distintos colores y tamaños. Otra opción es proporcionar ejemplos de experimentos a través de videos en línea, que generalmente disparan ideas poderosas. Sin embargo, es importante evitar que el proyecto se limite a ser una réplica. En gran parte, el motor del aprendizaje es poder desarrollar ideas propias.

Algunas de las pruebas que pueden sugerirse son:

- Conectar más de un led y encenderlos conforme a algún patrón.
- Confeccionar distintos tipos de semáforo y combinaciones de los mismos.
- Entregar un led RGB e invitar a la búsqueda de información acerca de cómo utilizarlo.
- Utilizar el código Morse para escribir un mensaje, codificando el tiempo de los parpadeos como puntos y rayas.

En esta etapa es importante que los estudiantes documenten con mayor nivel de detalle lo experimentado (en papel, video o audio) para ayudar a reconstruir lo hecho y a la vez comunicar a los otros grupos sus hallazgos. Más allá de ayudar a que sistematicen las experiencias, también es importante el diálogo futuro entre pares.

Compartir y reflexionar: los espacios de diálogo como catalizadores de aprendizajes más profundos

El momento “compartir y reflexionar” es esencial para superar la etapa del hacer manual y pasar a construir conocimientos por medio de la reflexión y comprensión de lo realizado hasta el momento. Una vez que los grupos de estudiantes hayan concluido con sus exploraciones, se debería llevar a cabo una ronda de exposición donde, en un espacio común, los jóvenes debatan y reflexionen sobre lo trabajado. Es importante que el docente esté atento al relato de las experiencias para detectar momentos oportunos de intervención que permitan corregir, ampliar y conectar los conceptos construidos. El docente también debe reconocer, durante las exposiciones, los momentos en los cuales hubo errores y aprovecharlos en función de que constituyan elementos valiosos para enriquecer la clase. Al contrario, no debería utilizarlos como elementos negativos que tengan que quedar ocultos. El error siempre es un aliado de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, ya que es una oportunidad para la reflexión.

Esta es una etapa ideal para realizar preguntas a los estudiantes. A su vez, las respuestas son útiles para explicar y ampliar los conceptos trabajados. Por ejemplo, con relación a nuestra actividad:

- Preguntar cómo hicieron para indicarle a la placa Arduino dónde estaban los leds y qué debería hacer con ellos. Esto habilita a explicar el concepto de algoritmo, de programa, de compilación y de carga a la placa, así como la forma de ejecución del programa.
- Se puede invitar a desconectar la placa Arduino de la computadora para mostrar otras formas de alimentación y, además, para que vean que el último programa sigue almacenado.
- Indagar qué sucedió cuando se conectó un led al revés, o un led sin resistencia o con una resistencia de otro valor. Aprovechar las respuestas para explicar conceptos de electricidad y electrónica básica, y también para conectar con temas de física.

Para finalizar, se recomienda concluir con una explicación de aquellos temas que necesitan un refuerzo o bien que no llegaron a ser tratados en las actividades. En este punto es importante recalcar que se cuenta con una sección (“Para saber más”) donde los estudiantes, junto al docente, pueden repasar los conceptos trabajados y encontrar pistas para seguir experimentado.

Imaginar nuevamente: crear a partir de desafíos más complejos e intereses propios

Antes de dar por concluida la práctica, se puede invitar a los estudiantes a pensar proyectos futuros utilizando los elementos trabajados; pedirles que

reflexionen en voz alta sobre en qué situaciones puede ser útil la computación física (en este caso con la placa Arduino) para crear nuevos proyectos y documentar las ideas que vayan surgiendo de esa puesta en común. Es una buena oportunidad para crear nexos con otros temas y espacios curriculares, pensar en proyectos multidisciplinarios y también empezar a habitar problemas que surjan en el contexto de la escuela o de la comunidad.



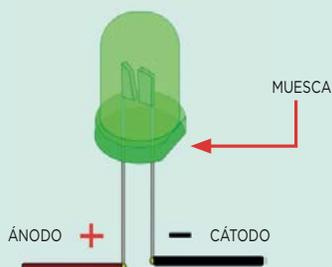
ELEMENTOS PARA EL ESTUDIANTE

Tutorial 1: Blink

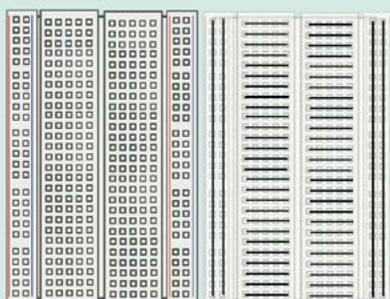
Para realizar este tutorial necesitarás: placa Arduino UNO (u otra compatible), un led rojo, una resistencia de 220Ω , un componente protoboard y una serie de cables.

Paso 1: conectar los elementos

Siguiendo el siguiente esquema, conecta los componentes electrónicos. Ten en cuenta que el led se puede dañar si se conecta sin la resistencia o si se conecta al revés.

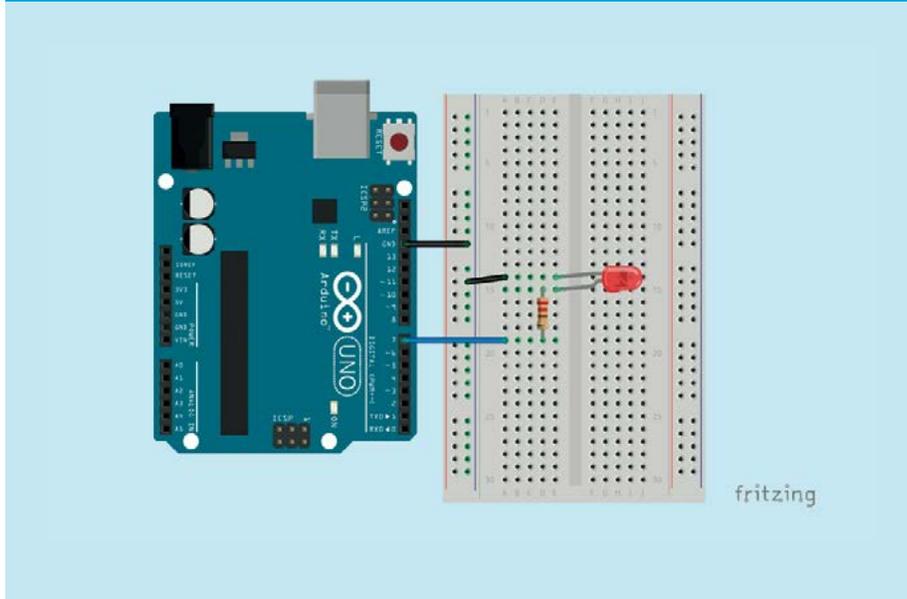


Los LEDs pertenecen a un grupo de componentes electrónicos llamados DIODOS, que se comportan diferente dependiendo de la dirección en que circula la corriente eléctrica que los atraviesa. En general, la pata más larga corresponde al ánodo.



El PROTOBOARD es una herramienta que se utiliza para desarrollar prototipos de artefactos electrónicos. Internamente, las celdas están unidas como muestra la imagen de la izquierda. Las líneas rojas y azules en vertical, y las del centro en horizontal.

Conexiones del proyecto Blink



Paso 2: escribir el programa

Copia el siguiente programa en el entorno de desarrollo (IDE) Arduino como un proyecto nuevo.

Código: programa del Blink

```
void setup() {
  pinMode(7,OUTPUT);
  digitalWrite(7,LOW);
}
void loop() {
  digitalWrite(7, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(7, LOW);
  delay(1000);
}
```

¿Cómo funciona?

Código: programa del Blink

```
// Este es tu primer programa hecho para el Arduino
```

continúa en la página siguiente...

...viene de la página anterior

```

// las líneas que empiezan con dos "//" son comentarios
// y sirven para que las personas puedan entender mejor
// el código escrito. El procesador las ignora.
void setup() { // setup es una función que se ejecuta una vez al inicio
// Atención: todas las instrucciones deben terminar por ";".
  pinMode(7,OUTPUT);
// Esta función, pinMode, le indica a Arduino cómo va a usar un pin, en este
// caso, el número 7 se usará como salida.
  digitalWrite(7,LOW); // Se envía LOW al pin 7, desactiva la energía.
}
void loop() { // Función que se ejecuta repetidamente mientras
// la placa tenga alimentación de corriente.
  digitalWrite(7, HIGH); // Se envía HIGH al pin 7, se lo energiza,
  delay(1000); // se espera 1 segundo (mil milisegundos),
  digitalWrite(7, LOW); // se deja de enviar energía,
  delay(1000); // el procesador espera 1 segundo (mil milisegundos).
}

```

Paso 3: compilar y subir el programa

Estas instrucciones le dicen al Arduino qué es lo que tiene que hacer, por lo que si modificas el código vas a modificar la forma en que se comporta. Para poder enviarle un programa al Arduino y que este lo pueda entender, se tiene que compilar (traducir a un lenguaje que entiende un procesador). Luego se envía por una conexión de comunicación a través del cable USB. Por lo tanto, lo siguiente que hay que hacer es:

1. Conectar el cable USB y esperar un minuto a que la computadora reconozca el driver.
2. Ir al menú Herramientas -> Puerto -> y seleccionar el puerto del Arduino de la lista (usualmente COM3 o COM5).
3. Ir al menú Programa -> Subir, o bien hacer clic en 



PARA SABER MÁS

Definiciones varias de los temas trabajados

¡Atención! Las siguientes definiciones son un resumen, sigue investigando al respecto.

ARDUINO: es una plataforma de hardware libre con un microcontrolador (procesador) programable con acceso a entradas y salidas de propósito general. Existen diversas versiones, la más popular es la UNO.

Palabras clave: hardware libre, Arduino, familia Arduino, placa, micro-controlador Atmel

Más información: <https://www.arduino.cc/>

HARDWARE LIBRE: es un movimiento que tiene la filosofía de diseñar y crear artefactos (electrónicos o no) cuyos planos y diseños sean abiertos para que puedan ser replicados y modificados por las personas.

Palabras clave: hardware libre, software libre, open hardware

Más información: https://www.ecured.cu/Hardware_libre

ARQUITECTURA DE UNA COMPUTADORA: una computadora, en su expresión mínima, cuenta con un procesador que ejecuta operaciones lógico-matemáticas y una memoria que permite almacenar los datos a procesar y procesados. En el caso de Arduino, se trata de un procesador Atmel con una memoria ROM (que persiste aunque no tenga energía) donde se almacenan los programas y una memoria RAM pequeña donde se almacenan los datos del mismo.

Palabras clave: memorias, procesador, arquitectura de computadoras, sistema operativo

Más información: *Organización y arquitectura de computadoras* (2000), libro de William Stallings publicado en castellano por la editorial Prentice Hall.

PROGRAMA: conjunto de instrucciones que una computadora es capaz de leer y ejecutar.

Palabras clave: programación, compilador, IDE

Más información: *Algoritmos, datos y programas. Con aplicaciones en Pascal, Delphi y Visual Da Vinci* (2001), libro de Armando E. De Giusti publicado por la editorial Prentice Hall.

CÓDIGO FUENTE DE UN PROGRAMA: conjunto de expresiones e instrucciones en un lenguaje de programación que puede entender un humano y que sirve para dar órdenes a una computadora. El lenguaje de programación de Arduino necesita ser compilado para que lo pueda ejecutar su procesador.

Palabras clave: programa, compiladores, sintaxis, expresiones, lenguajes de programación

Más información: Algoritmos, datos y programas. Con aplicaciones en Pascal, Delphi y Visual Da Vinci (2001), libro de Armando E. De Giusti publicado por la editorial Prentice Hall.

COMPILACIÓN: es un proceso mediante el cual el código escrito en un lenguaje de programación es traducido a uno que puede ser ejecutado por una computadora.

Palabras clave: programa, sintaxis, arquitectura, sistema operativo

Más información: Algoritmos, datos y programas. Con aplicaciones en Pascal, Delphi y Visual Da Vinci (2001), libro de Armando E. De Giusti publicado por la editorial Prentice Hall.

IDE ARDUINO: es un entorno de programación en el cual se pueden escribir programas para las distintas placas Arduino.

Palabras clave: programa, IDE, bootloader, placas, librerías

Más información: <https://www.arduino.cc/en/main/software>

CIRCUITO: recorrido que realiza la corriente eléctrica. Un circuito cerrado tiene todos sus componentes conectados de manera tal que la corriente circula por cada uno de ellos. En corriente continua, la electricidad fluye, respetando un sentido, desde el polo positivo hacia el negativo o *ground*.

Palabras clave: corriente eléctrica, circuito cerrado, corriente continua

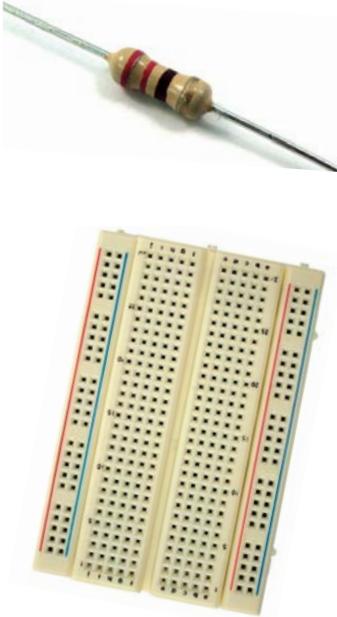
Más información: <http://www.areatecnologia.com/electricidad/circuitos-electricos.html>

Elementos electrónicos nuevos

¡Atención! Las siguientes definiciones son un resumen, sigue investigando al respecto.



Un LED es un componente electrónico que emite luz cuando una corriente lo atraviesa. Suele requerir una resistencia para poder lograrlo. Hay que tener cuidado de conectarlo de la forma correcta y que reciba la tensión necesaria (la muesca en el led indica en qué patita va el negativo).



Una RESISTENCIA es un componente electrónico que permite limitar el paso de la corriente. Sirve para hacer que diferentes componentes trabajen juntos aunque requieran diversos valores de corriente eléctrica.

El PROTOBOARD es la herramienta por defecto para crear prototipos. Se le pueden conectar cables y componentes sin necesidad de soldar. Las líneas rojas y azules a los extremos indican conexiones verticales, mientras que en el centro las conexiones son horizontales.

Nuevos elementos de programación

¡Atención! Las siguientes definiciones son un resumen, sigue investigando al respecto.

ESTRUCTURA DE UN PROGRAMA BÁSICO EN ARDUINO: todo programa que se ejecuta en la placa Arduino tiene dos secciones (setup y loop).

Código: secciones setup y loop

```
void setup() {
  // Esto es un comentario
  // En la función setup() se inserta el código que se ejecuta una sola vez
}

void loop() {
  // El código que va acá se repite una y otra vez
}
```

Algunas observaciones:

- Todas las expresiones deben terminar con “;”
- Todas las funciones llevan paréntesis “()” y, cuando se las invoca, dentro de los paréntesis se especifican cuáles son los datos que utilizarán.

- El código que compone a las funciones va entre llaves.

Funciones y expresiones nuevas:

- **pinMode (número PIN, tipo de modo):** sirve para determinar cómo se va a usar un pin. Puede ser para entrada o salida.
 - número PIN: el número del conector de entrada/salida (1, 2, 3, 4, 5, 6, etc.) para la categoría digital o bien A0, A1, A2, A3, A4, A5 para los pines analógicos.
 - tipo de modo: INPUT si se leen datos; OUTPUT si se escriben.
- **delay (tiempo de espera):** sirve para detener el programa cierta cantidad de tiempo.
 - tiempo de espera: se expresa en milisegundos
- **digitalWrite (pin, señal):** envía una señal de salida a un pin determinado.
 - pin: número del pin digital (1, 2, 3, 4, 5, 6, etc.)
 - señal: puede ser HIGH (envía energía) o LOW (deja de hacerlo)



Sensores en el mundo

En esta práctica se presenta el componente fotorresistencia. Se lo utilizará para obtener información del mundo físico y así poder actuar en consecuencia. Es un primer ejemplo aplicado del concepto de sensor. El objetivo inicial de la actividad es que los estudiantes aprendan a utilizar la placa Arduino para obtener datos, tanto desde el punto de vista de la interfaz electrónica como del procesamiento a realizar.

Conceptos y capacidades a desarrollar	
Conceptos teóricos	Saberes prácticos
Sensor fotosensible	Usar un sensor de luz
Entradas analógicas y digitales	Usar resistencias
Variables	Comunicación con la PC
Condicionales en programación	Uso del monitor serial
Comunicación serial	
Sensor	
Expresiones booleanas	



ELEMENTOS PARA EL DOCENTE

Esta práctica es una introducción al concepto de sensor y a la lógica necesaria para realizar un tratamiento de los datos que recoge. La fotorresistencia o LDR (*light dependent resistor*) es un componente electrónico que varía la resistencia que opone al paso de la corriente dependiendo de cuánta luz

incide sobre él. Es un componente sencillo, económico y difícil de dañar, por lo cual se adapta fácilmente a los primeros experimentos con la plataforma Arduino.

La placa Arduino posee una serie de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas. Las digitales admiten solo dos valores posibles, HIGH (alto) y LOW (bajo), aunque también se pueden lograr otros valores mediante el uso de los pines PWM (*pulse-width modulation*).

Dado que la fotorresistencia es una resistencia variable, utilizando los pines analógicos del Arduino podemos obtener distintos valores (niveles) para distinguir cuánta luz recibe el sensor. Es decir, no tenemos un valor que corresponda a la ausencia de luz y otro para su presencia (como ocurre con los pines digitales), sino una gama de valores diferentes que van de cero (ausencia de luz) a 1024 (máximo brillo de la luz).

Aquí se introducen cuatro elementos, nuevos desde el punto de vista de la programación, que serán tratados de manera somera en esta primera actividad:

- El uso de variables: en principio, se propone mencionar que son lugares en la memoria RAM de Arduino (recordar la diferencia entre memorias ROM y RAM, señalada en la Práctica 1) donde, a través de un nombre, podemos llegar a un valor para ser leído o modificado. Más adelante se profundizará sobre los tipos de datos y sobre el concepto en sí mismo.
- Introducción de la estructura “if” (sí condicional) y de las expresiones booleanas: se presenta a esta estructura condicional como una forma de hacer que el programa tome decisiones a partir de los datos obtenidos y/o almacenados para seguir alguna acción concreta.
- Las expresiones booleanas: se podrán explicar como una operación que permite tomar un valor de verdad (verdadero o falso) que sirve para resolver las condiciones de una instrucción de control.
- La conexión serial de comunicaciones con la computadora y el uso del monitor de datos en el IDE: la placa Arduino tiene un módulo de software que permite establecer una conexión serial a través del puerto USB (esto se logra a través de un driver instalado en la computadora). Gracias a una herramienta que forma parte del IDE, llamada monitor serial (Herramientas -> Monitor Serial), se pueden enviar y recibir mensajes de forma fácil. Para ello es necesario que la velocidad de transmisión de datos en la conexión creada por la placa Arduino y en el monitor sean idénticas.

Esta actividad puede ser una oportunidad para demostrar que los programas en la placa Arduino quedan cargados y que funcionan independientemente de la existencia de una conexión con la computadora. En el momento “compartir y reflexionar” se puede hacer la experiencia de desconectar la computadora de la placa y alimentar esta última con una batería de 9v (tener cuidado de no tener conectadas ambas cosas a la vez, ya que puede dañar a la placa Arduino).



MOMENTOS DE LA CLASE

Imaginar: cómo presentar un tema nuevo

Es recomendable iniciar la propuesta de actividad con una serie de preguntas simples que inviten a los estudiantes a reflexionar sobre conceptos trabajados con anterioridad y los ayude a relacionarse con la nueva práctica. Estas preguntas deben plantearse al grupo para ser respondidas de manera compartida. En este caso, corresponden a la práctica básica sobre la placa Arduino. Algunos de estos interrogantes pueden ser:

- ¿Qué es Arduino?
- ¿Por qué fue necesario utilizar una resistencia en la primera práctica?
- ¿Cómo “sabía” qué hacer el Arduino?
- ¿Por qué un led tiene un modo único de conexión?

A partir del debate que surja, se puede presentar el componente fotorresistencia como una forma de agregarle “sentidos” a los objetos digitales y así conceptualizar al objeto “sensor”. Luego, sería oportuno invitar a imaginar en qué condiciones y en cuáles aplicaciones puede resultar útil este nuevo elemento. Por ejemplo, para el caso de la iluminación exterior de un hogar y su automatización. También se pueden introducir algunos conceptos y explicar brevemente la existencia de pines analógicos y digitales en la placa Arduino, recuperando la experiencia con el led de la práctica anterior.

Luego será momento de presentar el proyecto a construir, brindar elementos teóricos que permitan entender que el Arduino va a tomar una decisión y que eso lo hace en base a una instrucción “if”, la cual es una estructura nueva de código. También se puede mencionar someramente que se utilizarán variables para almacenar números, aunque más adelante se ahondará en el concepto.

Crear: un primer escenario de prueba

Está previsto entregar a los estudiantes el “Tutorial 2: sensores de luz”, un material que se utilizará para asistir a la actividad de construcción del proyecto. En este caso, los estudiantes utilizarán una fotorresistencia para construir un artefacto interactivo digital que encenderá un led en el momento en que el sensor detecte poco brillo de luz.

Es probable que sea necesario asistir a los estudiantes en tres temas: el concepto de variable, el concepto de instrucción condicional, y la conexión y utilización del monitor serial de datos. No se debe olvidar, sin embargo, que el docente debe mantener su rol de mentor más que el de instructor. Las dudas deben anteponerse a estas explicaciones, de manera que siempre se responda a una necesidad de información que partió desde los estudiantes.

Recomendamos que, al ofrecer los componentes necesarios para la construcción de los aparatos, se agreguen fotorresistencias extra, resistencias estándar, leds y algún otro elemento, como por ejemplo un potenciómetro, a los efectos de promover la exploración lúdica en el siguiente momento de la actividad.

Jugar: hackear el objeto

Como sucede a menudo, aquellos grupos que superen la barrera inicial y logren hacer funcionar el objeto de la actividad, pasarán a la experimentación lúdica. Algunas ideas que pueden surgir (y si no, se pueden sugerir) son:

- Indicar el nivel de luz capturada con la asistencia de varios leds
- Hacer que el led se encienda cuando se detecte luz (al revés que en el proyecto original)
- Utilizar tres sensores de luz para generar señales lumínicas sobre un led RGB
- Poner más de un sensor de luz e indicar cuál de ellos recibe más energía (se podría expresar sobre dos leds)
- A aquellos grupos que vayan más avanzados, se les puede dar un buzzer (parlante) y pedirles que vinculen la señal lumínica con una señal sonora. Además se les podría explicar la función “tone” para que investiguen al respecto.

También sería interesante sugerir pruebas que involucren cambios en la variable y en las expresiones booleanas. Para ello se pueden proponer desafíos:

- ¿Cómo encender un led solo si dos sensores detectan que falta luz?
- Más difícil aún, ¿cómo manipular, con un potenciómetro, el umbral de luz?

Compartir y reflexionar: los espacios de diálogo como catalizadores de aprendizajes más profundos

Los problemas de esta práctica probablemente estén centrados en la programación. Es importante aprovechar para analizar los códigos creados y que los estudiantes expliquen cómo lograron manipularlos en sus experimentos, especialmente en el caso de las estructuras condicionales. Este ejercicio se puede realizar utilizando el pizarrón para hacer una prueba de escritorio del programa. Esta clase de prueba es una práctica usual dentro de la disciplina informática: consiste en realizar la ejecución simulada de cada una de las instrucciones de un programa, siguiendo el comportamiento esperado y explicando paso a paso el funcionamiento del programa.

Imaginar nuevamente: crear a partir de desafíos más complejos e intereses propios

Existen puentes posibles con otras disciplinas para seguir creando, experimentando y aprendiendo:

- En relación a materias de ciencias naturales, se podría utilizar en un sistema de invernadero el sensor para determinar la cantidad de luz que reciben las plantas. O bien comparar el crecimiento de plantas distintas a partir de registrar la luz que reciben. Otra opción es utilizar las medidas producidas por un sensor para determinar el lugar ideal donde colocar una maceta, maximizando la cantidad de luz que recibe.
- Con respecto a materias como la física, un docente del área puede ayudar a dar las explicaciones necesarias acerca del funcionamiento del sensor y cómo la luz incide en la conductividad de un material.

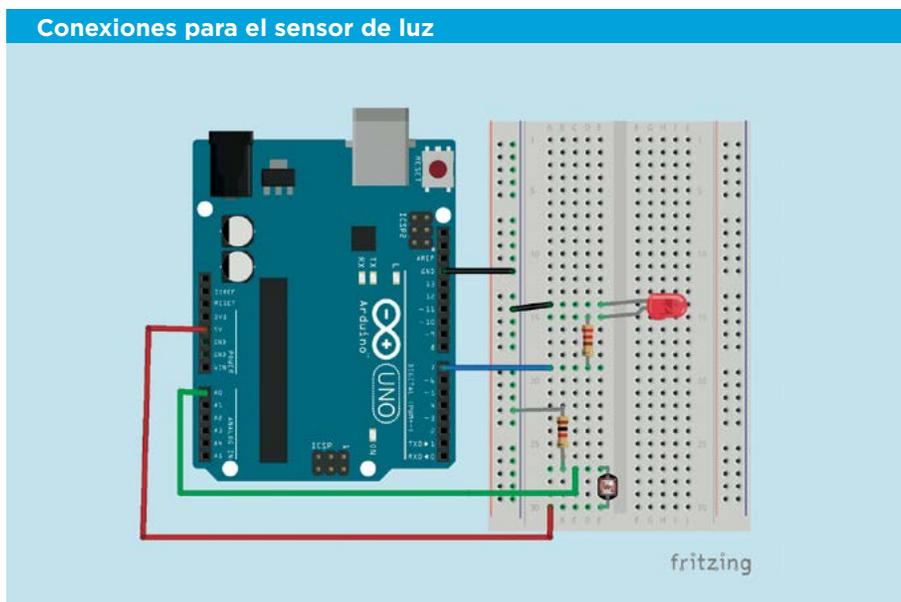


ELEMENTOS PARA EL ESTUDIANTE

Tutorial 2: sensores de luz

Para realizar este tutorial necesitarás: placa compatible Arduino UNO, un led rojo, una resistencia de 220Ω , una fotorresistencia, una resistencia de $1k\Omega$, un protoboard y un par de cables.

Paso 1: conectar los elementos



Paso 2: copiar este código

A la derecha, en los comentarios del código, podrás ver cómo funciona línea por línea.

Código: sensor de luz

```
int umbral; // Así se crean las variables,
int luz; // que nos sirven para guardar datos en la memoria.

void setup() {
  pinMode(7, OUTPUT); // Pin asignado al led
  pinMode(A0, INPUT); // El pin A0 es para el ingreso de datos
  umbral = 500; // Umbral que define cuándo se prende la luz
  luz = 0; // Se inicia con 0 el valor de luz
  Serial.begin(9600); // Se crea una conexión de comunicación con la PC
  Serial.print("Sensor inicializado");
}
void loop() {
  luz = analogRead(A0); // Se lee el valor registrado por el sensor de luz
  Serial.println(luz);
  if (luz < umbral) { // Se evalúa la cantidad de luz recibida
    digitalWrite(7,HIGH); // Si la cantidad de luz es menor al valor
                          // del umbral, se ejecuta esta orden;
  } else { // de lo contrario, si no hay poca luz,
    digitalWrite(7,LOW); // se apaga el led.
  }
  delay(300); // Se agrega un pequeño retraso a la ejecución del programa
}
```

Paso 3: compilar y cargar el código

Ir al menú Programa -> Subir, o bien hacer clic en 



PARA SABER MÁS

Definiciones de los temas trabajados

¡Atención! Las siguientes definiciones son un resumen, sigue investigando al respecto.

SEÑAL DIGITAL: es una magnitud física que en el tiempo puede tomar solo dos valores lógicos posibles. En el caso de la placa Arduino, estas señales se codifican como “HIGH”, que significa presencia de corriente eléctrica, o “LOW”, ausencia de la misma.

Palabras clave: señales digitales

Más información: *Diseño y construcción de objetos interactivos digitales*, libro de Fernando Bordignon y Alejandro A. Iglesias. Disponible en: <https://editorial.unipe.edu.ar/colecciones/herramientas>.

SEÑAL ANALÓGICA: es una magnitud física que puede tomar una variedad amplia de valores en el tiempo. Sin embargo, para poder utilizar estos valores en una lógica de control digital, los mismos se tienen que transformar en discretos. Los valores discretos se componen de un conjunto finito de valores conocidos.

Palabras clave: señales analógicas

Más información: *Diseño y construcción de objetos interactivos digitales*, libro de Fernando Bordignon y Alejandro A. Iglesias. Disponible en: <https://editorial.unipe.edu.ar/colecciones/herramientas>.

Elementos electrónicos nuevos

¡Atención! Las siguientes definiciones son un resumen, sigue investigando al respecto.



FOTORRESISTOR: es una resistencia que se opone al paso de la corriente dependiendo de la cantidad de luz que reciba. Cuanto mayor es la cantidad de luz que recibe, menor es la resistencia que opone.

Más información: *Electrónica para makers. Guía completa (2017)*, libro de Paolo Aliverti publicado por la editorial Marcombo.

Nuevos elementos de programación

¡Atención! Las siguientes definiciones son un resumen, sigue investigando al respecto.

CONDICIONAL “IF”: es una instrucción que permite la realización de ciertas acciones bajo una condición determinada.

Más información: <http://arduino.cl/programacion/>

Código: condicional “if”

```

if (condición) {
    ejecutarEsto; // Si se cumple, se ejecuta esto;
} else {
    ejecutarEstoOtro; // si no se cumple, se ejecuta esto otro.
}

if ( 5 > 0) {
    digitalWrite(2,HIGH); // Esto se ejecutará siempre
} else {
    digitalWrite(2,LOW); // Esto no se ejecutará nunca
}

if (analogRead(A0)>100) {
    digitalWrite(2,HIGH); // Se ejecuta si lee más de 100 en el pin A0
} else {
    digitalWrite(2,LOW); // Se ejecuta si lee un valor igual o menor que 100
}

```

VARIABLE: una variable es un lugar que se reserva en la memoria de una computadora donde se pueden almacenar datos para ser utilizados por un programa. Podemos acceder a ellos a partir de un nombre, recuperar su contenido y modificarlo. Para poder utilizar una variable, primero se la debe crear (lo que se denomina “declararla”). Una variable es capaz de almacenar distintos tipos de datos, por lo que se debe especificar, al momento de la declaración, qué tipo de valor guardará. Por ejemplo, si va a almacenar números, letras, palabras o valores de verdad (booleanas).

Código: variable

```

int puntos; // Se crea una variable entera para guardar números
char letra; // Se crea una variable que almacena un carácter
String frase; // Se crea una variable que contiene un conjunto de caracteres

setup() {
    puntos = 10; // Se almacena un número entero
    letra = 'a'; // Se almacena una letra
    frase = "hola, ¿cómo va?"; // Se almacena una frase
}

loop() {
    puntos = 10 +1; // 10 + 1 es un número que se almacena en puntos
    letra = '-'; // El "-" es un carácter
    frase = "bien y vos"; // "bien y vos" es una frase que se almacena
}

```

EXPRESIÓN BOOLEANA: una expresión booleana es una expresión algebraica que puede tomar solo dos valores posibles. TRUE (verdadero) o FALSE (falso). Estas expresiones son útiles a la hora de hacer más legible un programa.

Código: expresión booleana

```
bool haceFrio;
void setup() {
  haceFrio = false; // Es una variable booleana con el valor falso asignado
  pinMode(A0,INPUT); // Se define el puerto A0 como entrada de datos,
                    // ya que hay un sensor de temperatura asociado a A0.
}
void loop() {
  if (analogRead(A0)< 20 ) { // Si se lee menos de veinte grados,
    haceFrio = true; // a la variable se le asigna el valor verdadero;
  } else {
    haceFrio = false; // sino, se le asigna el valor falso.
  }
}
```

OPERADORES BOOLEANOS: los operadores booleanos permiten realizar operaciones con valores de verdad. Así como existe el operador “suma” para los números, existen otros para los valores de verdad. Los más usuales son AND, OR y NOT.

- **AND (traducido “y”):** este operador solo da por resultado verdadero cuando ambos operandos son verdaderos.
- **OR (traducido “o”):** este operador da por resultado verdadero si alguno de los dos (o los dos) operandos son verdaderos.
- **NOT (traducido “no”):** este operador invierte el valor de verdad.

Código: expresión booleana

```
bool a;
bool b;
bool c;
bool resultado;
void setup () {
  a = true;
  b = true;
  c = false;
  resultado = a AND b; // Es verdadero, ambos (a y b) son verdaderos
  resultado = a AND c; // Es falso, c es falso y ambos deben ser verdaderos
  resultado = c OR c; // Es falso, c es falso en ambos casos
  resultado = c OR a; // Es verdadero, porque uno de los dos lo es
  resultado = NOT(a); // Es falso, porque es el contrario del valor de a
}
```



Sonidos y distancias

En esta práctica se utiliza un sensor un poco más complejo, que sirve para medir distancias cortas a partir del uso del ultrasonido. Esta práctica permite afianzar conocimientos adquiridos en la anterior, agregando solamente un nuevo sensor como elemento novedoso.

Conceptos y capacidades a desarrollar	
Conceptos teóricos	Saberes prácticos
Variables	Usar distintos tipos de variables
Tipos de variables	Usar el sensor de distancias
Comunicación serial	Utilizar un buzzer
Funcionamiento de un sensor ultrasónico	Programar con condicionales
Instrucciones condicionales	



ELEMENTOS PARA EL DOCENTE

Este nuevo tipo de sensores permite ampliar el rango de componentes con los cuales se pueden obtener datos del mundo físico para ser procesados por los prototipos de objetos digitales interactivos. Por tal motivo, estos sensores habilitan nuevas posibilidades y espacios de creación. Se trata de una práctica interesante, ya que habilita puentes con otras asignaturas de forma directa. Por un lado, están las áreas curriculares vinculadas con los fenómenos físicos involucrados en el funcionamiento del sensor (es decir, aquello que tiene que ver con la velocidad del sonido, la propagación del mismo y los conceptos asociados a la frecuencia). Así mismo, es posible también establecer puentes con asignaturas que tienen que ver con el funcionamiento de nuestro

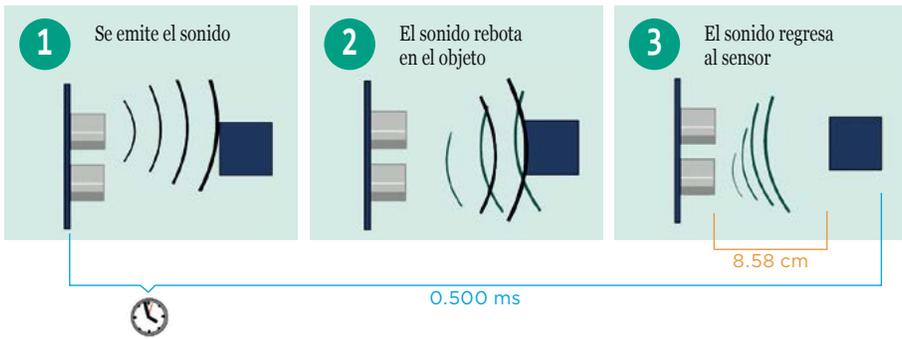
cuerpo, para profundizar acerca de por qué hay sonidos que son detectados (o no) por nuestros oídos.

Para trabajar en esta práctica es necesario conocer un poco más acerca del funcionamiento y los conceptos que involucran el usar este nuevo componente.



SENSOR DE ULTRASONIDO: es una tecnología que permite medir distancias a partir del uso de sonidos de alta frecuencia que son inaudibles por los seres humanos. El sensor cuenta con un emisor y un receptor. Las distancias, en consecuencia, son calculadas a partir de la diferencia en los tiempos de medición, es decir, cuánto tarda el eco del sonido emitido en regresar.

Funcionamiento del sensor de ultrasonido



$$\frac{\text{Tiempo del pulso en ms} \times 34.32 \text{ cm/ms}}{2} = \text{distancia al objeto en cm}$$

$$\frac{0.500 \text{ ms} \times 34.32 \text{ cm/ms}}{2} = \text{distancia al objeto en cm}$$

$$\frac{17.16 \text{ cm}}{2} = 8.58 \text{ cm}$$

Atendiendo a la imagen anterior, el funcionamiento del sensor ultrasónico se puede resumir en:

1. El sensor emite un sonido que viaja por el aire a una velocidad conocida de 34,32 cm/ms.
2. El receptor captura el sonido que rebota en un objeto.

3. El tiempo que tarda en retornar el mismo es dividido a la mitad, porque el sonido tuvo que viajar de ida hasta el objeto y luego, una vez que rebotó, de vuelta hasta el sensor. Esto da como resultado la distancia total en centímetros que existe desde el sensor hasta el objeto.



MOMENTOS DE LA CLASE

Imaginar: cómo presentar un tema nuevo

Una opción para comenzar con la actividad es que el docente presente una problemática de la vida real en la que el sensor de distancias por ultrasonido sea utilizado. Un ejemplo común y cotidiano lo constituye el sensor de proximidad para el estacionamiento de automóviles. A partir de allí, el docente puede comentar brevemente cómo funciona, sin ahondar en detalles aún. La intención es mostrar algunas de las posibilidades del nuevo elemento y plantear una problemática cuya solución sea conocida para el docente o que, al menos, pueda ser llevada adelante como máximo en una hora y con pocos elementos requeridos.

Tal como se señaló, este sensor posibilita relacionar la práctica con otras áreas curriculares, por lo que es importante que el docente resalte este hecho. Como punto de partida, resultan útiles preguntas como:

- ¿Saben qué es el sonido? ¿Se imaginan cómo pueden utilizar sonido para medir distancias?
- ¿Por qué será que no podemos escuchar el ruido que emite el sensor?

Sería ideal contar con la presencia de un docente de alguna asignatura relacionada con la física o la biología para ayudar a fortalecer estas ideas. Sin embargo, eso no es imprescindible para interactuar con otras disciplinas. También se pueden generar dudas y que sean los estudiantes quienes se las transmitan a profesores de otras áreas, tomando como base el prototipo construido en la práctica. Una vez que se haya planteado la inquietud sobre el funcionamiento del sensor y sus posibilidades, se debe avanzar en un proyecto corto para desarrollar un primer andamiaje en el uso del mismo.

Crear: un primer escenario de prueba

Un proyecto que cumple con lo descripto anteriormente es el de diseñar una alarma de proximidad. Una versión simplificada la puede constituir un dispositivo que simplemente emita un sonido cuando un objeto se encuentra a una cierta distancia.

En el proyecto de software se necesitará declarar variables y así se podrá comprender el uso de diferentes tipos de datos. Esta tarea puede resultar una

buena oportunidad para repasar el concepto de variable y de tipo de datos, o también las estructuras de control condicional, que se utilizan de manera similar a como se usaron en el proyecto anterior.

Jugar: hackear el código y el objeto

Una vez que los estudiantes han concluido un primer proyecto mínimo con el sensor, es momento de abrir las puertas a una experimentación mucho más libre. Algunos de los siguientes experimentos pueden ser planteados a los estudiantes en formato de desafío:

- Crear un instrumento musical que reproduce sonidos conforme a la distancia
- Agregar indicadores led para representar una distancia
- Crear una alarma de distancia que solo funcione cuando haya poca luz

Otra opción posible, como siempre, es incluir más componentes de los necesarios para desarrollar el objeto digital interactivo inicial. De esta manera, pueden ser los mismos estudiantes quienes seleccionen los elementos para experimentar y enriquecer el prototipo.

Compartir y reflexionar: los espacios de diálogo como catalizadores de aprendizajes más profundos

Aquí, estamos ante una oportunidad de mostrar cómo se integran los conceptos para resolver un problema a partir del código desarrollado. A su vez, esto permite profundizar los conocimientos vinculados con las estructuras de control utilizadas y con el diseño propiamente dicho de los aparatos digitales que se construyan. En la reflexión grupal es posible analizar, como siempre, el funcionamiento del programa y las distintas estructuras utilizadas, e incluso hacer una prueba de escritorio sobre el pizarrón.

Resulta oportuno, en esta práctica, consultar sobre los tipos de datos utilizados en los programas y ver qué problemas se han tenido. Por otra parte, es un momento ideal para esclarecer algunas dudas sobre las diferencias entre los distintos tipos de datos: enteros, números flotantes, cadenas de texto (*strings*).

Las instrucciones condicionales utilizadas en el código también se pueden discutir en la clase. Es probable que algunos estudiantes elijan utilizar “if” anidados para crear las condiciones, mientras que otros pueden haberse animado a utilizar “AND”. Es una buena oportunidad para profundizar la explicación de las expresiones booleanas y su uso en una estructura de control.

Por último, resulta interesante reflexionar acerca del funcionamiento de los fenómenos físicos y de cómo los sensores nos vinculan con ellos.

Imaginar nuevamente: crear a partir de desafíos más complejos e intereses propios

Para cerrar esta experiencia, y como insumo para imaginar futuras creaciones, se pueden plantear otros desafíos a resolver en modo verbal, pensando en voz alta, e incluso en las casas con los amigos, en alguna hora libre o en un siguiente encuentro. Es oportuno aclarar que estos proyectos no reflejarán necesariamente intereses personales de los estudiantes sino que pueden estar basados en intereses colectivos que, a su vez, abren una oportunidad para constituir nuevos proyectos.

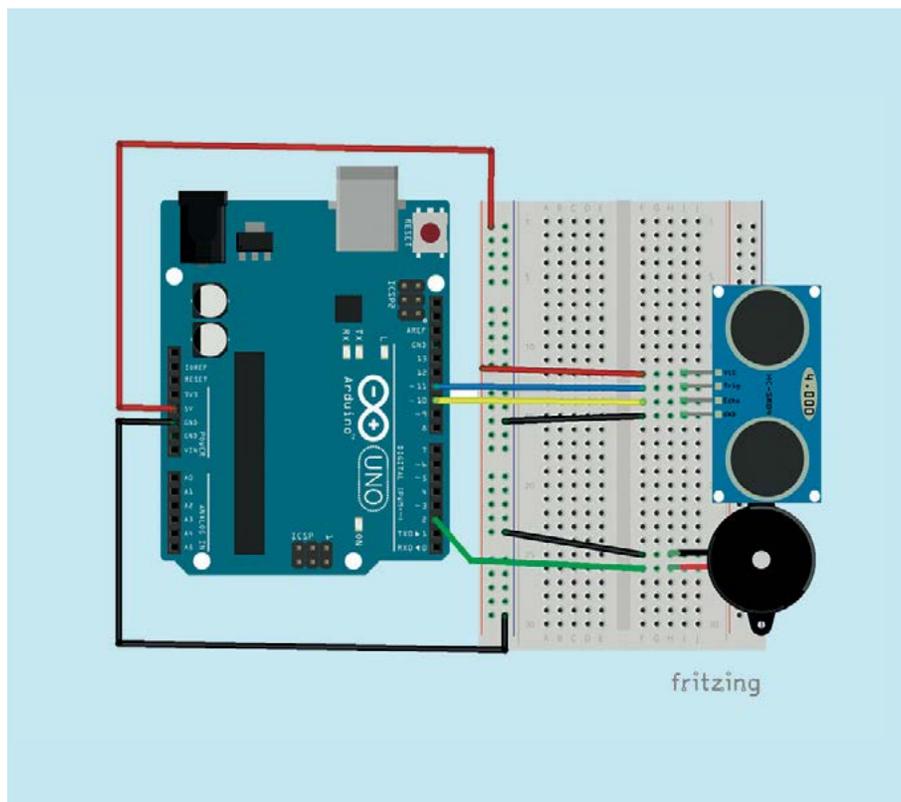


ELEMENTOS PARA EL ESTUDIANTE

Tutorial 3: alarma de proximidad

Para construir esta alarma de proximidad necesitarás: un buzzer (para producir la alerta sonora) y un sensor de ultrasonido (para medir las distancias).

Paso 1: conectar los componentes



Paso 2: copiar este código

A la derecha, en los comentarios del código, podrás ver cómo funciona línea por línea.

Código Arduino: anexo 1 alarma

```
// Se declaran las variables que vamos a usar en el programa
float distancia; // para almacenar la distancia medida.
unsigned long duracion; // Tiempo que tarda en retornar la señal
int trigPin=12; // Pin, emisión de señales al sensor
int echoPin=11; // Pin, recepción de señales del sensor
int buzzerPin = 3; // Pin de conexión al buzzer

// Función principal que se ejecuta al inicio, una sola vez
void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Se inicia una comunicación serie con la PC
  pinMode(trigPin, OUTPUT); // Se define al pin en modo salida
  pinMode(echoPin, INPUT); // Se define al pin en modo entrada
}
// Cuerpo principal del programa (se repite siempre)
void loop()
{
  digitalWrite(trigPin, HIGH); // Se emite el pulso de sonido
  delayMicroseconds(10); // Espera por 10 microsegundos
  digitalWrite(trigPin, LOW); // Se termina el pulso
  duracion = pulseIn(echoPin, HIGH); // Espera la vuelta del sonido
  // en el pin de eco pulseIn, espera a que el valor leído en el pin sea el
  // especificado (en este caso HIGH) y luego retorna en microsegundos
  // el tiempo transcurrido
  distancia = (duracion/29.0)/2; // 29 microsegundos en un centímetro,
  // esto nos da la distancia en centímetros.
  Serial.print("Distancia: "); // Se muestra el resultado
  Serial.print(distancia);
  Serial.println("cm");
  // Se verifica si la distancia es menor a un valor umbral
  if (distancia < 20) { // Si la distancia es menor a 20 centímetros,
    tone(buzzerPin,440,100);
  } else {
    noTone(buzzerPin);
  }
  delay(1000); // demora un segundo antes de volver a comenzar.
}
```

Paso 3: compilar y cargar el código

Ir al menú Programa -> Subir, o bien hacer clic en





PARA SABER MÁS

Definiciones de los temas trabajados

¡Atención! Las siguientes definiciones son un resumen, sigue investigando al respecto.

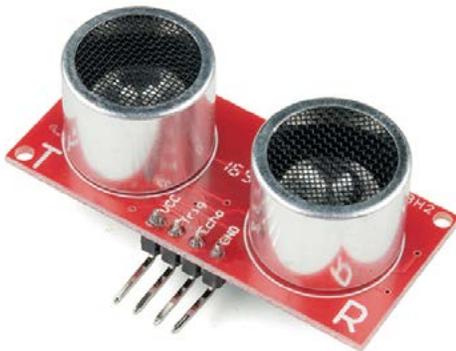
ULTRASONIDO: el ultrasonido es un sonido de muy alta frecuencia que los seres humanos somos incapaces de escuchar, pero que es posible de detectar con el equipo adecuado.

Palabras clave: sonido, frecuencias audibles, ecolocalización

Para saber más: <http://www.electrontools.com/Home/WP/2016/04/01/como-funciona-el-sensor-ultrasonico-hc-sr04/>

Elementos electrónicos nuevos

¡Atención! Esta descripción es un resumen, sigue investigando al respecto.



SENSOR DE ULTRASONIDO HC-SR04: permite medir distancias a partir de la emisión y recepción de un sonido a muy alta frecuencia: la distancia se calcula a partir del tiempo que le toma al sonido ir y volver hasta el sensor luego de un rebote en un objeto (si es que existe tal objeto).

Nuevos elementos de programación

¡Atención! Estas descripciones son un resumen, sigue investigando al respecto.

Tipo de datos

INT: tipo entero, sirve para almacenar números positivos o negativos enteros, es decir sin parte decimal. Ejemplos: 10, 0, -145, 1203.

```
int a, b;  
a = 10;  
b = 5;  
a = a/b; // a vale 2  
b = b / a; // b vale 2 (no hay decimales en el tipo entero)
```

FLOAT: punto flotante, son números positivos o negativos con decimales. Ejemplos: 1.54, 100.0, 30.13, -0.35.¹

```
float a, b;  
a = 10;  
b = 5;  
a = a/b; // a vale 2  
b = b / a; // b vale 2.5
```

UNSIGNED LONG: tipo entero sin signo. Son útiles para guardar números positivos muy grandes. Almacena un número que puede ir de 0 a 4294967295.

1. En los lenguajes de programación se suele utilizar el punto (y no la coma) para los números decimales.



Movimientos y servomotores

Hasta el momento, en los proyectos se han utilizado dispositivos de salida que tienen aplicaciones limitadas a dar señales: sonoras (el buzzer) o visuales (los leds). El objetivo de esta práctica es trabajar con un actuador que permita afectar al mundo físico con movimientos y fuerzas, y así ampliar la gama de proyectos que se pueden crear. Para ello se utilizarán servomotores, una clase de motores que pueden controlarse con gran precisión. Este nuevo elemento exige utilizar librerías de software para facilitar la incorporación de los servos a los proyectos. Por lo tanto, es una buena oportunidad para explicar qué son estos elementos de programación y cómo se utilizan.

Conceptos y capacidades a desarrollar	
Conceptos teóricos	Saberes prácticos
Servomotores	Usar servomotores
Resistencias variables (potenciómetros)	Manejo de librerías

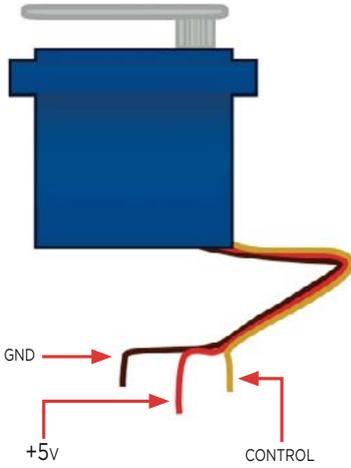


ELEMENTOS PARA EL DOCENTE

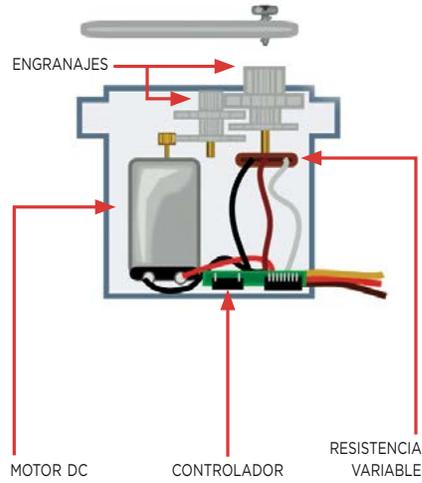
Los servomotores son motores que permiten controlar su movimiento con precisión. Por tal motivo resultan útiles para su aplicación en gran cantidad de artefactos, desde robots y máquinas de control numérico a automatizaciones que requieran de intervención física (mover una polea, por ejemplo). Existen diversas tecnologías que hacen esto posible. En algunas implementaciones (servos más grandes, costosos, fuertes y precisos), el motor cuenta con varios bobinados diferentes que se activan alternativamente para provocar un movimiento controlado y con mucho torque (fuerza de empuje).

En el caso de los servomotores pequeños y baratos, se utiliza un método mucho más sencillo, donde un motor de corriente continua tradicional, a

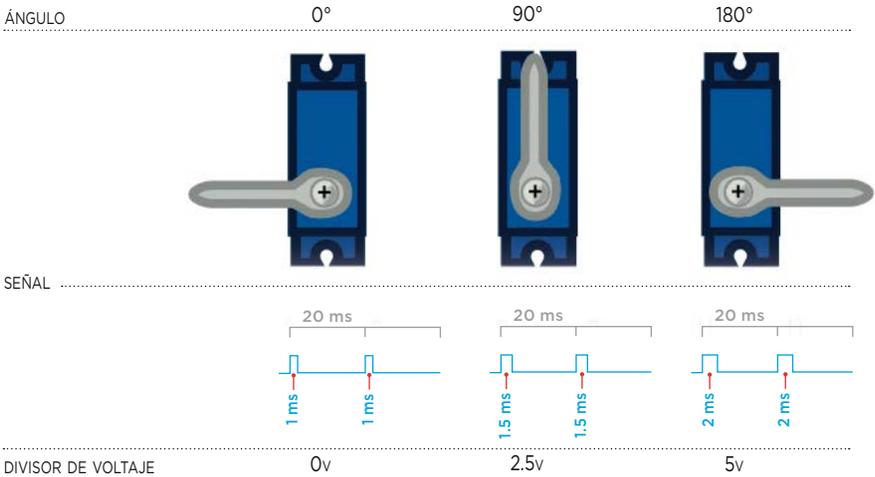
Vista exterior



Vista interior



través de un juego de engranajes, produce un movimiento más lento pero con mayor fuerza que es medido por un divisor de potencia. Es decir que el microcontrolador del servo recibe una señal modulada en la frecuencia de 20 ms, donde un pulso alto de 1 ms significa girar a 0°, uno de 1.5 ms significa girar a 90° y finalmente uno de 2 ms significa una orientación de 180°. Un potenciómetro mide la orientación del engranaje, por lo que es a través de un divisor de voltaje que el microcontrolador conoce la posición del mismo.



No es necesario conocer en detalle el funcionamiento interno de este elemento para poder sacarle provecho. Basta con saber que nos permite controlar

una pieza móvil con cierta precisión. En general, el ángulo de giro de un servomotor oscila entre los 0° y los 180°. Para utilizarlo en los proyectos se suele recurrir a una librería de software llamada “Servo”, que tiene implementada las funciones necesarias para dirigir los dispositivos.

Para incluir una librería en un programa, se utiliza la expresión “include” seguida del nombre de la librería:

Código: incluir una librería

```
#include <Servo.h>
```

Esta librería ya viene incluida con el entorno Arduino, por lo que no es necesario hacer nada más. Las librerías pueden ser presentadas a los estudiantes como porciones de código escritas por otras personas que nos permiten abstraer y a la vez facilitar el funcionamiento de determinados elementos de software o hardware.

La librería en cuestión incluye el objeto “servo” para controlar los motores. Basta con crear uno de estos objetos y utilizar la función “attach”, con la cual le indicamos qué pin se utiliza para comunicarse con el motor. Luego, gracias a la función “write”, podemos indicarle el ángulo deseado de posición a la queremos llevarlo.

Código: indicar el ángulo

```
#include <Servo.h> // Se incluye la librería
Servo servo; // Se crea un objeto servo, que en este caso también
// llamamos servo

void setup() {
  servo.attach(9); // El pin 9 estará conectado al cable de datos del servo
}

void loop() {
  servo.write(0); // Se mueve el servo a la posición inicial 0°
  delay(500); // Espera medio segundo para que llegue hasta la posición
  servo.write(180); // Se mueve el servo a la posición máxima, 180°
  delay(500); // Espera medio segundo para que llegue hasta la posición
}
```



MOMENTOS DE LA CLASE

Imaginar: cómo presentar un tema nuevo

Se puede presentar a los servomotores como una forma de intervenir físicamente en el mundo real. Para ello, una opción es invitar a los estudiantes a

imaginar en qué aplicaciones los utilizarían y qué cosas automatizarían con ellos. Otra variante es analizar objetos cotidianos que hagan uso de este tipo de actuadores, detallando por ejemplo el funcionamiento de una impresora o fotocopiadora. A partir de estas ideas es posible caracterizar a los servomotores por sus ángulos de giro y sus requerimientos de alimentación, además de explicar el concepto de torque.

Avanzando sobre esta presentación, cabría comentar que para usar un servomotor es necesario utilizar una librería de software. Será necesario, por lo tanto, explicar qué es lo que significa esto y cómo ayuda a los programadores la utilización de estos códigos.

Crear: un primer escenario de prueba

Se recomienda presentar a los estudiantes un proyecto pequeño, de modo que invite rápidamente a la experimentación. El tutorial sugerido no debería presentar grandes complicaciones, ya que consta de pocos elementos y da la oportunidad de aprovechar mejor el tiempo al momento de jugar. La librería “servo” tiene pocas funciones y existe un solo cable para conectar al componente electrónico, por lo que es difícil que surjan errores en el armado del proyecto. Una vez que el servo de los prototipos de los estudiantes comience a moverse, probablemente aparezcan nuevas ideas para seguir trabajando.

Jugar: hackear el código

En esta ocasión se puede proponer un desafío a toda la clase: utilizar un potenciómetro para dirigir el movimiento del servomotor. Para ello se les puede entregar un anexo documental con la explicación del funcionamiento del potenciómetro. Este desafío sencillo invita a que se puedan realizar otras modificaciones y variantes de uso.

Quizás haya estudiantes que quieran hacer otra cosa en lugar del desafío propuesto. Esta situación constituye un buen recordatorio de que el momento “jugar” de la clase lo guían los estudiantes más que el docente. Por tal motivo, no solo se les debe permitir hacerlo sino también alentarlos a ello. Una buena opción para que surjan experimentos diversos es suministrar leds, sensores de luz, botones, sensores de ultrasonido y servomotores extra, si es posible. Algunos proyectos pequeños que pueden surgir son:

- Una barrera automática (a escala) para un estacionamiento
- Señales lumínicas asociadas al movimiento del servomotor
- Controlar la posición del servomotor con el sensor de ultrasonido o el de iluminación

Compartir y reflexionar: los espacios de diálogo como catalizadores de aprendizajes más profundos

Si se han producido experimentos diferentes, es una buena oportunidad para que los estudiantes compartan sus experiencias y muestren al docente y a sus compañeros lo que han creado, prestando especial atención a los problemas y variantes de solución que encontraron en el camino.

Gracias a las experiencias anteriores, los estudiantes ya cuentan con un cierto repertorio de herramientas para trabajar con sus prototipos y en esta ocasión se pueden poner en práctica algunos de estos elementos de andamiaje, especialmente aquellos referidos a la programación (variables, condicionales, operaciones, estructuras, etc.). Por ello, es buen momento para indagar en la forma en que los estudiantes han logrado incorporar estos conocimientos e identificar dificultades. A partir de aquí, el docente puede desarrollar estrategias para reforzar estos conocimientos, ya sea a través de la reflexión o introduciendo desafíos que ayuden a trabajar estos temas en los próximos experimentos.

Esta práctica introduce algunos conceptos relacionados al software que sirven de base para poder crear objetos cada vez más complejos que interactúen con el mundo físico. Por un lado, se incorpora la estructura de programación “condicional”, que permite hacer que el software tome decisiones. Por otro lado, se muestra una forma de aprovechar código que fue desarrollado por otra persona, lo cual sirve para expandir las posibilidades de manipulación de diferentes módulos y sensores sin conocer completamente la complejidad de los mismos.

Imaginar nuevamente: crear a partir de desafíos más complejos e intereses propios

El haber construido proyectos propios debería abrir las puertas a nuevas ideas y reflexiones por parte de los estudiantes. Algunas preguntas para plantear en esta etapa pueden estar enfocadas en torno de las limitaciones que tienen los servomotores utilizados y en pensar qué otros motores o servomotores que conocen podrían utilizarse para diversas aplicaciones. Es una buena oportunidad para que surja la problemática de necesitar más potencia (o mayor precisión) para mover objetos pesados. También para explicar que los servomotores pueden controlarse mediante una lógica de 5v, como la que maneja Arduino, pero que el motor en sí tiene la posibilidad de estar alimentado por una fuente externa mucho más poderosa.

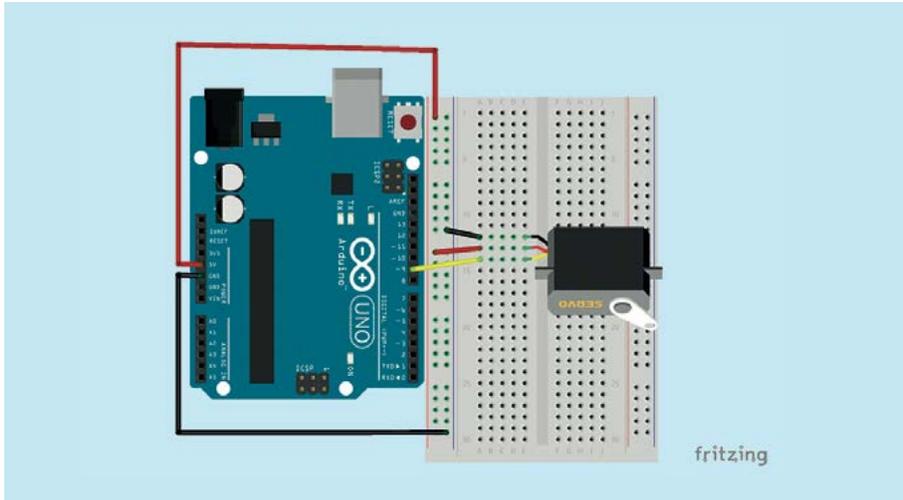
Como siempre, se trata de impulsar ideas que conduzcan el esfuerzo de los estudiantes hacia proyectos que ayuden a la comunidad o a la escuela, o que simplemente estén sintonizados con las motivaciones e intereses de los estudiantes.



ELEMENTOS PARA EL ESTUDIANTE

Tutorial 4: servomotor

Paso 1: conectar los componentes



Paso 2: copiar este código

A la derecha, en los comentarios del código, puedes ver cómo funciona línea por línea.

Código: servomotor

```
#include <Servo.h> // Se incluye la librería servo
Servo servo; // Se crea un objeto servo
void setup() {
  servo.attach(9); // El pin 9 estará conectado al cable de datos del servo
}
void loop() {
  servo.write(0); // Se mueve el servo a la posición inicial 0°
  delay(500); // Espera medio segundo para que llegue hasta la posición
  servo.write(180); // Se mueve el servo a la posición máxima 180°
  delay(500); // Espera medio segundo para que llegue hasta la posición
}
```

Puedes elegir el ángulo de giro que quieras, siempre y cuando esté entre 0° y 180°. Como siempre, haz todas las pruebas y experimentos que se te ocurran.

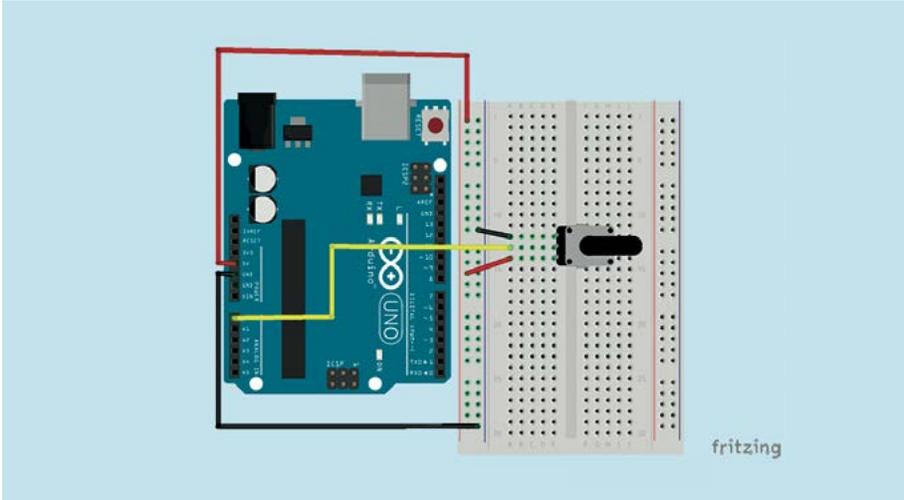
Paso 3: compilar y cargar

Ir al menú “Programa” -> “Subir”, o bien hacer clic en



Tutorial 4 bis: potenciómetro

Paso 1: conectar los componentes



Paso 2: copiar este código

Código: potenciómetro

```
int valor; // Variable para almacenar la lectura del potenciómetro

void setup() {
  pinMode(A0,INPUT); // Se define el modo lectura en el pin a0
  Serial.begin(9600); // Se inicia la conexión serial con la PC
}
void loop() {
  valor = analogRead(A0); // Lee el valor en el pin
  Serial.println(valor); // Envía el contenido de la variable "valor" al puerto serie
  delay(15); // Espera 15 milisegundos
}
```

Paso 3: compilar y cargar

Ir al menú “Programa” -> “Subir”, o bien hacer clic en





PARA SABER MÁS

Definiciones de los temas trabajados

SERVOMOTORES: motores especiales que permiten el control de sus movimientos con cierto nivel de precisión. Resultan útiles para su aplicación en gran cantidad de artefactos, desde robots y máquinas de control numérico, a automatizaciones que requieran de intervención física (mover una polea, por ejemplo).

Palabras clave: servos, motor paso a paso, driver

RESISTENCIAS VARIABLES: como su nombre lo indica, son resistencias que pueden cambiar de valor. Un ejemplo ya conocido lo constituye una fotorresistencia, que según la luz recibida deja pasar diferentes niveles de energía. Existen otros tipos de resistencias como los potenciómetros, que a través un elemento físico (por ejemplo, una perilla) permiten modificar el valor de la resistencia. Se pueden utilizar para crear divisores de tensión.

Palabras clave: potenciómetros, sliders, divisor de tensión

LIBRERÍAS DE SOFTWARE: son programas, en general escritos por otras personas, que permiten agregar nuevas funciones a nuestros proyectos de programación. Constituyen un conjunto de objetos, funciones, variables y constantes que abstraen o facilitan el uso de algún elemento de software o hardware. El IDE Arduino, en particular, incluye una gran selección de librerías útiles para utilizar distintos módulos de hardware, pero es posible también crear otras propias o bien descargar librerías de terceros.

Palabras clave: librerías, funciones, objetos

Elementos electrónicos nuevos



El SERVOMOTOR brinda la posibilidad de ser controlado con cierta precisión pudiendo indicar el ángulo de giro. El micro servo SG90 (imagen) es un servo que puede ser direccionado por software entre 0° y 180° . Se alimenta con 5v (lógica de control y motor) y tiene un torque de 1.2kg.



El POTENCIÓMETRO es una resistencia variable que puede ser controlada físicamente a partir del movimiento de una perilla.

Nuevos elementos de programación

LIBRERÍA SERVO: para importarla, se utiliza al inicio del programa:

Código: importar librería

```
#include <Servo.h>
```

Para crear un objeto Servo y así poder controlarlo desde un programa:

Código: crear objeto servo

```
Servo servo;
```

Para indicar qué pin se utilizará para controlar el servomotor, se lo define en “setup”:

Código: indicar pin para servomotor

```
servo.attach(9);
```

Para mover el servomotor, “angulo” es una variable que contiene la posición a llevarlo:

Código: indicar posición a llevar

```
servo.write(angulo);
```



Temperaturas y comunicaciones

El foco de esta práctica está puesto en lograr una comunicación entre el Arduino y la PC. Esto se logrará haciendo uso de la conexión serial que se establece por el puerto USB. Para llevar adelante la comunicación entre ambas computadoras será necesario crear un programa tanto para el Arduino (que envía los datos) como para la PC (que los recibe y los representa). Para ello se utilizará la plataforma Processing, cuya sintaxis, lógica de funcionamiento e IDE resultan muy similares a lo ya conocido por los estudiantes debido a que también se basa en el entorno de programación Wiring.

Conceptos y capacidades a desarrollar	
Conceptos teóricos	Saberes prácticos
Comunicación serie	Lectura y envío de datos con la PC
Nociones de computación gráfica	Manejo de lenguaje Processing
Sensor de temperatura	Usar el sensor de temperatura



ELEMENTOS PARA EL DOCENTE

Hasta el momento la conexión serial solo se había utilizado para enviar mensajes al monitor que tiene el IDE Arduino. En esta ocasión, esos mensajes se van a utilizar para comunicarse con la computadora a través de un programa desarrollado con Processing.

Processing es un entorno de desarrollo que incluye un lenguaje de programación y un conjunto de librerías y funciones que están enfocadas en facilitar el desarrollo de artes visuales a través de la programación. Tiene una sintaxis sencilla y resulta fácil crear experimentos visuales interesantes. Además, es gratuito (se puede descargar desde aquí: <https://processing.org/download>) y para utilizarlo basta con descomprimirlo.

Tanto el entorno como la sintaxis del código son muy similares a los de Arduino, tal como se ve en la siguiente imagen:

```

sketch_170621a
1 void setup() {
2   size(480, 120);
3 }
4
5 void draw() {
6   if (mousePressed) {
7     fill(0);
8   } else {
9     fill(255);
10  }
11  ellipse(mouseX, mouseY, 80, 80);
12 }

```

Copiando el siguiente código, podemos ver el tutorial de ejemplo que nos provee Processing:

Código: tutorial

```

void setup() {
  size(480, 120);
}

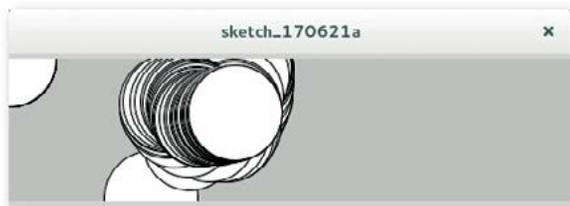
void draw() {
  if (mousePressed) {
    fill(0);
  } else {
    fill(255);
  }
  ellipse(mouseX, mouseY, 80, 80);
}

```

La primera parte del programa es la función `setup`, que es análoga a la misma función en Arduino, por lo que se ejecuta una sola vez al inicio del programa. En ella se crea una ventana en la cual se va a graficar utilizando la función `size(ancho, alto)`.

Luego, la función `draw` funciona similar a la función `loop` del Arduino, ejecutándose una y otra vez hasta la finalización del programa. En el caso del tutorial provisto por Processing, se consulta con el “if” por el estado del botón izquierdo del mouse. En el caso de que esté presionado, el fondo del círculo que se va a dibujar en la ventana será negro, “fill(0)”; en caso contrario será

blanco, “fill(255)”. Finalmente, se dibuja un círculo con la función “ellipse()” en la posición en que se encuentre el cursor del mouse (el tamaño será de 80 por 80 píxeles). Para ver el programa en acción, basta con hacer clic en el botón play (ejecutar). Aparecerá algo como esto:



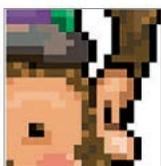
Existen, por supuesto, innumerables funciones y librerías de Processing para realizar una gran cantidad de tareas, pero no es la intención abordarlas aquí a todas. Este primer acercamiento estará centrado en la comunicación con el Arduino y en el proceso de graficar los datos recibidos.

Un concepto que necesitaremos para poder graficar en pantalla es el de cómo funcionan los colores en la imagen digital. Las imágenes están compuestas por píxeles, por lo que cada punto de una imagen es un píxel y este no es más que un conjunto de tres números que indica su color. Rojo, verde y azul son los componentes que combinados pueden crear casi todos los colores posibles (combinación aditiva de color). En las pantallas modernas, tipo led, cada píxel está compuesto por tres leds (uno rojo, uno verde y uno azul) y se le indica a cada uno la intensidad con la que debe brillar: 0 es el mínimo y 255 el máximo.

Por este motivo, si tenemos un píxel con rojo 0, verde 0 y azul 0, tenemos un color negro. En cambio, para el caso de rojo 255, verde 0 y azul 0, obtenemos un color rojo perfecto.



Imagen en monitor



Compuesta por píxeles



Píxel

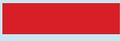
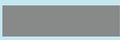
Ejemplo de colores

Blanco	Amarillo	Negro	Rojo	Celeste	Violeta
ROJO: 255	ROJO: 255	ROJO: 0	ROJO: 255	ROJO: 0	ROJO: 150
VERDE: 255	VERDE: 255	VERDE: 0	VERDE: 0	VERDE: 255	VERDE: 130
AZUL: 255	AZUL: 0	AZUL: 0	AZUL: 0	AZUL: 255	AZUL: 255

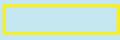
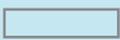
Por otro lado, para graficar contamos con varias opciones:

- rect, para dibujar rectángulos
- ellipse, para dibujar círculos y elipses
- line, para líneas¹

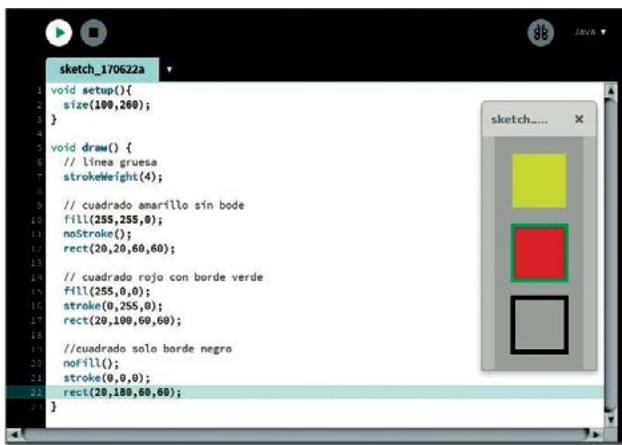
Cada una de estas figuras tiene un relleno que debe ser configurado previamente usando la función “fill”. Por ejemplo:

<code>fill(255,0,0);</code>	
<code>fill(255,0,255);</code>	
<code>fill(128,128,126);</code>	
<code>fill(255,255,255);</code>	

Se puede utilizar la función “noFill()” para que el fondo de la figura a dibujar sea transparente. También se puede definir el color de los bordes con la función “stroke” y “noStroke”, de forma que tenga o no tenga borde. Y la función “strokeWeight(grosor)” indica el grosor de esa línea.

<code>stroke(255,255,0);</code>	
<code>stroke(255,0,255);</code>	
<code>stroke(128,128,128);</code>	

Un ejemplo con todo junto:



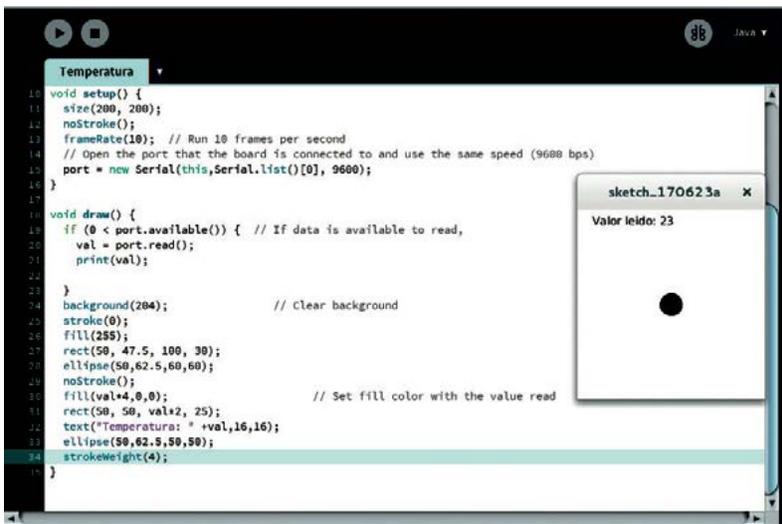
1. En la sección “Elementos para el estudiante” de esta práctica hay más información al respecto. Se la puede completar con la del sitio oficial del programa (<https://processing.org/reference/>).

Otro aspecto importante para lograr concretar esta práctica es la comunicación con el Arduino. Nuevamente se trata de un entorno similar al que estábamos acostumbrados, donde se utiliza una librería llamada “serial” para escribir y leer datos del puerto. A continuación, un código de ejemplo donde se lee un valor del puerto y luego se lo grafica en pantalla con texto y un círculo.

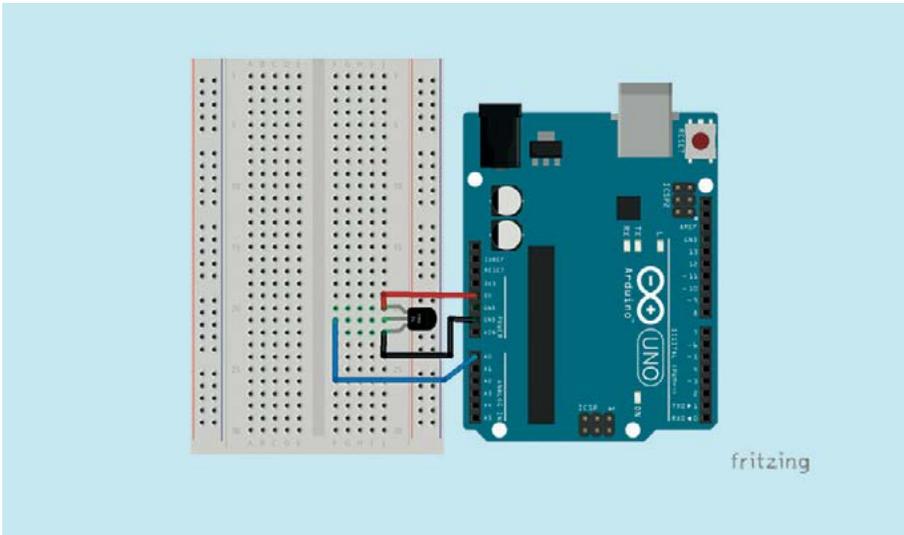
Código en Processing: leer un valor del puerto serie

```
import processing.serial.*; // Se asocia la librería serial al programa
Serial puerto; // Se crea el objeto que controla la conexión
int val; // Valor leído
void setup() {
  size(200, 200); // Se define una ventana de 200 x 200 píxeles
  puerto = new Serial(this, Serial.list()[0], 9600);
  // Se crea la conexión con el puerto de la serial de la PC, el primero de la lista,
  // a una velocidad de 9600 bps.
}
void draw() {
  if (puerto.available() > 0) { // Si hay un valor a leer,
    val = puerto.read(); // se lee este valor.
  }
  background(255); // Se redibuja el fondo en blanco
  fill(0); // Fondo negro
  ellipse(100,100,val,val); // Se dibuja un círculo con el radio del valor leído

  // Se dibuja el valor leído en pantalla
  text("Valor leído: " + val,16,16);
}
```



Ahora, en Arduino utilizaremos un sensor de temperatura para leer la temperatura de ambiente. A continuación, facilitamos el esquema de conexión y el código para Arduino:



Código Arduino: sensor de temperatura y envío de datos por serial

```
int sensorPin = 0; // Se define el pin del sensor
void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Se crea la conexión serial con la PC
}
void loop()
{
  int reading = analogRead(sensorPin); // Se lee el sensor
  float voltage = (reading * 5.0)/1024.0; // Se calcula el voltaje leído
  int temperaturaC = (voltage - 0.5) * 100; // y se lo convierte a grados centígrados.
  Serial.write(temperaturaC); // Por último, se escribe el valor como "número", no como texto.
  delay(100); // Espera de programa
}
```

El sensor TMP36 es un chip que permite medir las temperaturas en grados centígrados de -50°C a 125°C . Opera con 5v y produce una tensión de salida que aumenta dependiendo de la temperatura ambiente.

Dos cosas son importantes en este proyecto con Arduino:

- Si se conecta de manera incorrecta el sensor de temperatura (es decir, invertidos los pines GND y 5v), este puede generar mucho calor y quemar

al tacto. En caso de obtener malas lecturas, se debería desconectar el Arduino y recién al cabo de unos minutos comprobar si el sensor está correctamente conectado.

- La función utilizada para mostrar la temperatura es “Serial.write”, lo que quiere decir que no se transforma a texto el valor que se escribe sino que es de tipo “byte”. Más claramente: si utilizáramos la función “Serial.print(temperaturaC)”, como habíamos hecho en otros proyectos previos, el Arduino enviaría los caracteres “24”, que podríamos ver correctamente en el monitor serial. Sin embargo, esta función provoca que el Arduino envíe dos datos: el “2” y el “4”. Es necesario enviar la información sin que sea convertida a texto y para ello se usa la función “Serial.write(temperaturaC)”, que manda el 24 en número, ocupando solo un byte (recordar que un byte puede representar valores de 0 a 255).

Finalmente, luego de cargar el programa en el Arduino y de conectarlo a la PC, ejecutamos el programa Processing para ver los resultados graficados.

A partir de estos pequeños programas, que al ser tan simples invitan a realizar gran cantidad de experimentos y pruebas, se abre todo un abanico de posibilidades. Cuanto más dominen los estudiantes la programación, más complejos e interesantes resultarán sus proyectos.



MOMENTOS DE LA CLASE

Imaginar: cómo presentar un tema nuevo

En este caso se puede plantear el problema de cómo establecer una comunicación entre la placa Arduino y la computadora. Seguramente, algunos estudiantes recordarán la conexión serial utilizada para enviar los datos leídos de un sensor y comprobar su funcionamiento (era necesario utilizar el “monitor serial” del IDE); también puede darse el caso de que algún estudiante recuerde que al momento de subir los programas a la placa ya se produjo una comunicación con el Arduino (si no se da el caso, es posible dar indicios a los alumnos para que lleguen a ese momento eureka).

La idea es llegar al concepto de que la comunicación con la placa es algo que estuvieron haciendo desde el inicio y que ahora llega el momento de aprovechar esa conexión para intercambiar datos entre una computadora de escritorio y la placa Arduino. Se puede comentar brevemente el proyecto a desarrollar e indicar que vamos a utilizar Processing, un lenguaje de programación muy similar al que ya venimos utilizando pero que nos permitirá hacer programas para la PC y por lo tanto acceder a nuevas posibilidades para nuestros proyectos.

En particular, esta práctica propone construir un programa que grafique en la PC los datos leídos desde un Arduino. Para el tutorial de esta experiencia se sugiere utilizar un sensor de temperatura, aunque cualquier sensor que

genere una salida (que pueda ser reducida en un número de 0 a 255) resulta igual de útil.

Crear: un primer escenario de prueba

En el tutorial de esta práctica se les dará a los estudiantes una guía para introducirse rápidamente al mundo de Processing y pasar de un salto al experimento en cuestión. La ventaja que ofrece este lenguaje es su similaridad con el lenguaje Arduino, ya que permite utilizar la misma sintaxis y semántica. Así, en muy poco tiempo se pasa de construir programas para la placa a programar para la PC.

Desde el punto de vista de la electrónica, este proyecto no representa mayores dificultades. Las conexiones utilizadas son las mismas que se necesitaban para el sensor de temperatura, mientras que para la conexión serial se utiliza el más que conocido puerto USB.

Es poco probable que los programas conlleven mayores dificultades, si bien puede prestarse a confusión el hecho de tener dos programas al mismo tiempo. En caso de necesitar explicar mínimamente cómo funcionan y dialogan ambos programas, es recomendable utilizar un esquema como el mostrado en el paso 5 del tutorial que integra la sección “Elementos para el estudiante” de esta misma práctica.

Jugar: hackear el código

El proyecto es sencillo pero plantea algunas cuestiones a considerar cuando se da paso a la experimentación. La función “map”, en particular, puede resultar útil al momento de interpretar la salida de otros sensores. En cuanto a la experimentación, hay muchos caminos posibles a tomar:

- Cambiar la representación visual que se obtiene en Processing
- Utilizar un sensor diferente para enviar los datos al Arduino
- Construir un joystick con un potenciómetro para mover una figura en pantalla
- Enviar al Arduino un dato desde el programa en Processing, por ejemplo el estado del botón del mouse, para encender un led en Arduino (uno de los experimentos más complejos)

Compartir y reflexionar: los espacios de diálogo como catalizadores de aprendizajes más profundos

A la hora de compartir lo trabajado, seguro que los experimentos fueron en diferentes sentidos y llevaron a conclusiones diversas: algunos habrán

aprendido más sobre cómo graficar cosas complejas en pantalla, otros habrán experimentado con diferentes sensores y otros habrán avanzado más en la comunicación entre Arduino y la PC.

Los conocimientos compartidos verbalmente entre los estudiantes no tendrán la misma intensidad para todos: estarán los que trabajaron ese tema particular y aquellos que solo lo escucharon de sus compañeros. No obstante, el objetivo es indicar quién ha trabajado con qué para que luego sus compañeros los puedan considerar como una futura fuente de consulta en el tema (algo que se da, en general, de forma natural). Esto último sienta las bases del aprendizaje horizontal, que se verá reforzado al momento de jugar en las prácticas siguientes.

En el transcurso de las clases habrá grupos que se especializan en distintos temas (la parte de representación, comunicaciones, tal o cual componente, la parte electrónica, la programación, etc.), por lo que esta situación se verá reforzada y debe ser alentada, así como la consulta entre los estudiantes. Es inevitable que a un estudiante le interese más un tema en particular que otros. La tarea del docente es buscar que todos los estudiantes alcancen un equilibrio en el nivel de conocimiento mínimo. Para ello es necesario realizar un seguimiento de las experiencias creadas por ellos y motivarlos a documentar sus avances.

Imaginar nuevamente: crear a partir de desafíos más complejos e intereses propios

Se pueden hacer preguntas acerca de qué otros métodos resultan útiles para lograr la comunicación con la PC (*bluetooth*, wifi, infrarrojos, etc.) y proponer proyectos donde esta conexión de datos sea necesaria. Como siempre, se debería fomentar que los proyectos surjan de los intereses de los alumnos y que estos puedan resolver problemáticas de la comunidad educativa. En la siguiente y última práctica propuesta, se avanzará en nuevas formas de comunicación del Arduino, particularmente en la conexión por *bluetooth* con un celular.

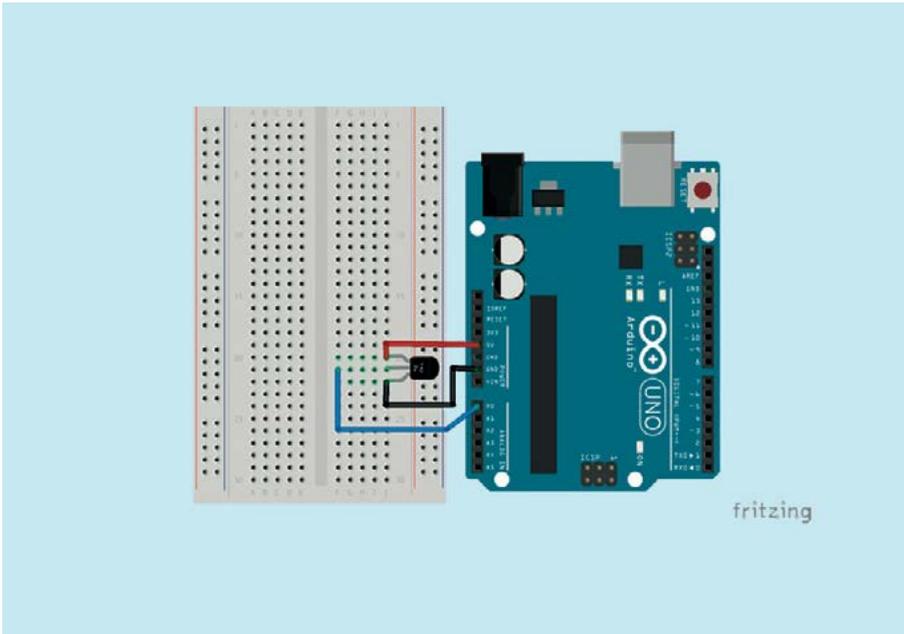


ELEMENTOS PARA EL ESTUDIANTE

Tutorial 5: Processing y Arduino

En este proyecto se van a crear dos programas: uno que se ejecuta en la computadora en el lenguaje Processing y otro que se ejecuta en la placa Arduino. Ambos programas se comunicarán a través del puerto USB con una conexión serial.

Paso 1: conectar los elementos



Paso 2: programar en Arduino

Copia este programa y cárgalo a tu placa Arduino:

Código en Arduino: leyendo temperatura y enviándola

```
int sensorPin = 0; // El pin asociado al sensor
void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Se crea la conexión serial con la PC
}
void loop()
{
  int reading = analogRead(sensorPin); // Se lee el valor del sensor
  float voltage = (reading * 5.0)/1024.0; // Se calcula el voltaje
  int temperatureC = (voltage - 0.5) * 100; // y se lo convierte a grados centígrados.
  Serial.write(temperatureC); // Por último, se escribe el valor como "numero", no como texto
  delay(100); // Espera un momento
}
```

Paso 3: copiar este programa en Processing

Copia este programa y cárgalo en el IDE Processing:

Código Processing: leyendo datos del Arduino

```
import processing.serial.*; // Importa la librería serial
Serial port; // Crea un objeto para manejar el puerto serial
int val; // Almacena un valor
void setup() {
  size(200, 200); // Crea la ventana
  port = new Serial(this,Serial.list()[0], 9600); // Crea la conexión Serial.list()[0], que
  // es el primer dispositivo serial que tiene la PC.
}
void draw() {
  if (0 < port.available()) { // Si hay datos en el puerto,
    val = port.read(); // se lee un valor.
  }
  background(204); // Se redibuja el fondo
  stroke(0,0,0); // Línea negra
  fill(255,255,255); // Relleno con blanco
  rect(16, 47.5, 100, 30); // Un cuadrado
  fill(255,0,0); // Relleno rojo
  rect(16, 50, val*2, 25); // Dibuja un cuadrado cuyo tamaño coincide con la temperatura leída
  fill(0,0,0); // Relleno negro
  text("Temperatura: " +val,16,32); // Texto con la temperatura
}
```

Paso 4: ejecutar

Teniendo el Arduino conectado y corriendo el programa del tutorial, haz clic en “Ejecutar” en Processing.

Paso 5: entender que pasó

Cuando ambos programas se estuvieron ejecutando al mismo tiempo, ocurrió lo que se puede ver en la siguiente imagen: Arduino leyó los datos del sensor y los envió, a través de la conexión serial, al programa en Processing, que leyó los datos del puerto y los dibujó en pantalla.; esto se repite una y otra vez.



ABC de Processing

Processing es un entorno de desarrollo basado en Wiring (como Arduino) que permite crear programas para computadoras personales y graficar cosas en la pantalla muy fácilmente.

Código en Arduino: leyendo temperatura y enviándola

```
void setup() {
  size(180,32);
}

void draw() {
  fill(255,0,0);
  ellipse(16,16,16,16);
  fill(0,255,0);
  rect(48,8,16,16);
  fill(0,0,255);
  text("Hola Mundo",82,20);
}
```



Las siguientes son las funciones más utilizadas:

setup se ejecuta una sola vez, al inicio del programa.

```
void setup() {
  // El código que vaya aquí
  // se ejecutará una sola vez, al inicio
}
```

draw se ejecuta una y otra vez hasta que finaliza el programa, se pueden utilizar funciones para graficar allí.

```
void draw() {
  // El código que vaya aquí
  // se ejecutará una y otra vez.
}
```

fill(rojo, verde, azul); define el color de las figuras.

```
fill(0,0,0); // color negro de fondo
fill(255,0,0); // color rojo de fondo
fill(255,255,0); // color amarillo
```

noFill(); indica que las figuras no tienen color de relleno

```
noFill();
rect(0,0,16,16); // Se dibuja un cuadrado sin relleno
```

text(texto,x,y); dibuja un texto en la posición *x* e *y*

```
text("Hola",0,0); // Se dibuja "hola" en la
// esquina superior izquierda
```

ellipse(x,y, ancho,alto); dibuja un elipse en la posición *x* e *y*. Si alto y ancho son iguales, entonces será un círculo.

```
ellipse(0,0,16,16); // Dibuja un círculo con
// diámetro de 16 píxeles
```

rect(x,y,ancho,alto); dibuja un rectángulo en la posición *x* e *y*.

```
rect(0,0,32,48); // se dibuja un rectángulo
// con 32 píxeles de ancho y 48 de alto
```

line(x1,y1,x2,y2); dibuja una línea desde el punto (x1,y1) hasta el punto (x2,y2);

```
line(0,0,32,32); // dibuja una línea diagonal
// que va desde la esquina superior izquierda,
// hacia abajo y a la derecha, 32 píxeles.
```

stroke(rojo,verde,azul); determina el color de las líneas

```
stroke(255,0,255); // dibujar las líneas
// en fucsia
```

noStroke(); cuando no se quiere usar contornos en las figuras

```
noStroke(); // sin borde
fill(0,0,255); // color azul
rect(0,0,16,16); // dibuja un cuadrado azul
```

strokeWeight(grosor); determina el grosor de las líneas

```
strokeWeight(1);
line(0,16,16,16); // dibuja una línea recta
// con grosor de un píxel
strokeWeight(8);
line(0,32,16,32); // dibuja una línea recta
// con grosor de 8 píxeles
```

background(rojo,verde,azul); redibuja toda la ventana con un color determinado

```
rect(0,0,100,100); // se dibuja un cuadrado
background(0,0,0) // se redibuja todo en negro,
// por lo que el cuadrado no se verá,
// al haberse dibujado antes
```

mouseX posición del mouse en el plano horizontal

mouseY posición del mouse en el plano vertical

```
line(0,0,mouseX,mouseY); // dibuja una línea
// que va desde el inicio hasta
// la posición actual del mouse
```

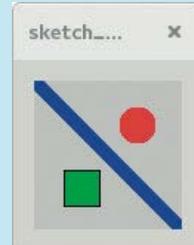
mousePressed devuelve verdadero si el botón izquierdo del mouse se presiona

```
if (mousePressed) { // si está presionado
  ellipse(mouseX,mouseY,16,16); // dibuja un
  // círculo en la posición del mouse
}
```

Ejemplos:

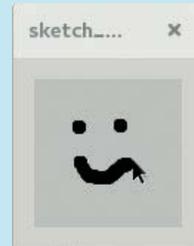
```
void setup() {
  size(100,100);
}

void draw() {
  stroke(0,0,255); // dibuja en negro
  strokeWeight(8); // línea gruesa
  line(0,0,100,100); // línea diagonal
  noStroke(); // sin línea
  fill(255,0,0); // dibujará en rojo
  ellipse(70,30,24,24); // círculo
  stroke(0,0,0); // borde negro
  strokeWeight(1); // línea fina
  fill(0,255,0); // relleno en verde
  rect(20,60,24,24); // cuadrado
}
```



```
void setup() {
  size(100,100);
}

void draw() {
  if (mousePressed) { // solo si se presiona el mouse
    fill(0,0,0); // se dibuja con fondo negro
    ellipse(mouseX,mouseY,8,8);
    // un círculo en la posición del mouse
  }
}
```



```
void setup() {
  size(100,100);
}

void draw() {
  background(255,255,255); // dibuja toda la
  // pantalla en blanco
  line(0,0,mouseX,mouseY); // dibuja una línea
  // hasta la posición del mouse
}
```



PARA SABER MÁS

Definiciones de los conceptos trabajados

PROCESSING: es un entorno de desarrollo basado en Wiring (al igual que Arduino) que permite crear programas para computadoras personales y graficar cosas en pantalla muy fácilmente.



Música, ciclos y *bluetooth*

En esta práctica se continúa trabajando con las posibilidades de establecer comunicación entre el Arduino y diferentes dispositivos. Las experiencias estarán centradas en la conexión por *bluetooth* entre la placa Arduino y un teléfono celular. Así mismo, se introducen de modo superficial dos conceptos nuevos de programación, el “array” y el ciclo “for”, preparando el camino para experiencias más profundas.

Conceptos y capacidades a desarrollar	
Conceptos teóricos	Saberes prácticos
Tecnología <i>bluetooth</i>	Usar el módulo HC-06
Estructuras de ciclo	Crear melodías
Arreglos de datos	Utilizar una aplicación en el celular para comunicarse con la placa Arduino
Comandos AT	
Tonos y frecuencias	



ELEMENTOS PARA EL DOCENTE

En esta práctica, al igual que en algunas de las anteriores, se propone avanzar con dos tutoriales que los estudiantes pueden combinar para crear proyectos más interesantes. A partir de los trabajos previos, se espera que en mayor o menor medida los jóvenes se hayan apropiado de esta metodología y quieran más libertad al momento de realizar sus experiencias.

El primero de los dos tutoriales de esta práctica, “Música y ciclos”, permite reproducir melodías precargadas y, gracias a ello, introduce por primera vez el concepto de array y el concepto de ciclo. Por el momento no se necesita

trabajar con profundidad con ellos, es simplemente una buena introducción a estos dos conceptos.

Una posibilidad es que el array se presente como una variable capaz contener más de un dato del mismo tipo. Por ejemplo: así como podemos tener una variable entera llamada “nota” que contenga una sola nota musical, podemos tener un array de enteros llamado “notas” que contenga muchas notas. Para acceder a ellas simplemente usamos el nombre de la variable y luego un número.

Por otra parte, el ciclo `for` se puede presentar como una forma de repetir acciones un determinado número de veces, llevando la cuenta de cada repetición.

Los experimentos con diferentes melodías explican un poco mejor el funcionamiento de estos dos elementos nuevos, ya que agregar notas al array impide extender la melodía si no se extiende también la cantidad de repeticiones del ciclo `for`.

El segundo tutorial de esta práctica se centra en crear la conexión con el aparato *bluetooth*. Allí se explica brevemente el funcionamiento del protocolo de comunicación y la configuración necesaria. También se adentra en cómo enviar (o recibir) mensajes entre el módulo y el Arduino, y cómo hacerlo con la aplicación del celular.

El módulo a utilizar se llama HC-06, se comunica con el Arduino a través de una conexión serial y permite tanto su configuración como su uso durante la conexión. Para que pueda existir la comunicación entre dos equipos *bluetooth* es necesario que estos se emparejen. Esto se logra definiendo un nombre y un pin para el módulo: para hacerlo se requiere utilizar los comandos AT, un grupo de comandos que se utiliza en diferentes dispositivos para configurar parámetros y opciones.

En el caso de este módulo, primero se debe crear una conexión serial y luego enviarle los siguientes comandos:

- **AT+NAMENOMBRE** donde NOMBRE es el nombre del dispositivo, que podría ser “ARDUINO”, quedando así: AT+NAMEARDUINO
- **AT+PINXXXX** donde XXXX es el pin que se le configura al módulo y el que se deberá utilizar desde el celular para emparejar los dispositivos

Para enviar estas configuraciones, se puede utilizar el siguiente programa Arduino:

Código: configuración automática del módulo bluetooth

```
#include <SoftwareSerial.h> // Se importa la librería
SoftwareSerial BT(4,3); // Pin 3 a RX del módulo HC-06, pin 4 a TX del módulo HC-06
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  BT.begin(9600);
```

continúa en la página siguiente...

...viene de la página anterior

```
delay(1000);
Serial.println("AT"); // Se envía comando para chequear la conexión
BT.write("AT"); // Se configura el nombre del módulo a "ARDUINO"
delay(1500);
while (BT.available()) Serial.write(BT.read()); // Muestra en el monitor serial la
// salida del módulo bluetooth.
Serial.println();
delay(500);

Serial.println("AT+NAMEARDUINO");// Se configura el nombre
BT.write("AT+NAMEARDUINO");
delay(1500);
while (BT.available()) Serial.write(BT.read()); // Muestra en el monitor serial la
// salida del módulo bluetooth
Serial.println();
delay(500);

Serial.println("AT+PIN"); // Se configura el PIN
BT.write("AT+PIN1234");
delay(1500);
while (BT.available()) Serial.write(BT.read()); // Muestra en el monitor serial
// la salida del módulo bluetooth
Serial.println();
Serial.println("El modulo quedo correctamente configurado");
}

void loop() {
  delay(100); // Una vez configurado, se esperan los datos de la conexión
  if (BT.available()) { // Si hay datos disponibles,
    Serial.println(BT.read()); // leer y mostrar en el monitor serial.
  }
}
```

Una vez ejecutado el siguiente código, se debe chequear que las configuraciones sean aceptadas mirando el monitor serial desde el IDE Arduino. La salida de dicho programa debería ser:

```
AT
OK
AT+NAMEARDUINO
OKsetname
AT+PIN
OKsetPIN
El modulo quedo correctamente configurado
```

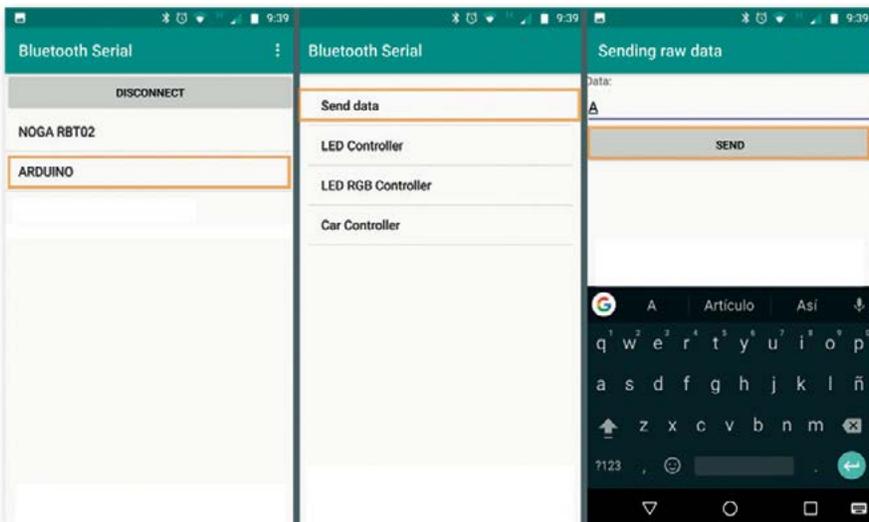
El módulo *bluetooth* guarda dichas configuraciones en su memoria ROM, por lo cual no es necesario volver a configurarlo. Se puede verificar desde un celular con conexión *bluetooth* que el dispositivo aparezca con el nombre configurado (“ARDUINO”) y que al intentar vincularlo acepte la clave prevista (1234).

Finalmente, toca instalar alguna aplicación que permita enviar datos desde el celular. Estos se podrán ver en el monitor serial, ya que el programa en el Arduino, en su función loop, simplemente muestra los datos que recibe el módulo HC-06.

Existen varias aplicaciones disponibles en el sitio Play Store de Google para Android. Una de ellas es la app “Arduino Serial”. Escaneando el siguiente código QR o visitando este link (https://play.google.com/store/apps/details?id=com.thebrownbox.bluetoothserial&hl=es_AR), se la puede instalar en el celular.



Una vez instalada, y con el programa corriendo en el Arduino, se puede conectar al módulo *bluetooth* “HC-06”. Siguiendo las capturas de pantalla que aparecen a continuación, podrán enviarle al Arduino un mensaje (un carácter, por ejemplo) por medio de la interfaz del celular para ver finalmente este mensaje a través del monitor serial.



En el monitor serial debería aparecer el número 65, que corresponde al código ASCII de la letra “A” mayúscula. El código ASCII es una convención en la cual a cada uno de los números posibles a representar por un byte (de 0 a 255) le corresponde un carácter diferente. Tal como se puede ver en la siguiente tabla, 97 es la “a” minúscula, 120 la “x” y 44 la coma “,”.

. ascii	
33	!
34	"
35	#
36	\$
37	%
38	&
39	'
40	(
41)
42	*
43	+
44	,
45	-
46	.
47	/
48	0
49	1
50	2
51	3
52	4
53	5
54	6
55	7
56	8
57	9
58	:
59	;
60	<
61	=
62	>
63	?
64	@
65	A
66	B
67	C
68	D
69	E
70	F
71	G
72	H
73	I
74	J
75	K
76	L
77	M
78	N
79	O
80	P
81	Q
82	R
83	S
84	T
85	U
86	V
87	W
88	X
89	Y
90	Z
91	[
92	\
93]
94	^
95	_
96	`
97	a
98	b
99	c
100	d
101	e
102	f
103	g
104	h
105	i
106	j
107	k
108	l
109	m
110	n
111	o
112	p
113	q
114	r
115	s
116	t
117	u
118	v
119	w
120	x
121	y
122	z
123	{
124	
125	}
126	~
127	
128	À
129	Á
130	Â
131	Ã
132	Ä
133	Å
134	Û
135	ä
136	å
137	ã
138	ä
139	å
140	â
141	ç
142	é
143	è
144	ê
145	ë
146	í
147	ì
148	ï
149	î
150	ñ
151	ó
152	ô
153	õ
154	ö
155	ü
156	ú
157	ù
158	û
159	ü
160	†
161	°
162	€
163	£
164	§
165	•
166	¶
167	ß
168	®
169	©
170	™
171	´
172	¨
173	≈
174	€
175	ø
176	∞
177	±
178	≤
179	≥
180	¥
181	μ
182	ð
183	Σ
184	Π
185	π
186	∫
187	ª
188	º
189	º
190	æ
191	ø
192	¿
193	¡
194	¬
195	√
196	ƒ
197	≈
198	Δ
199	«
200	»
201	…
202	
203	À
204	Á
205	Â
206	Ë
207	Ä
208	Å
209	–
210	–
211	“
212	”
213	’
214	+
215	◊
216	ÿ
217	ÿ
218	/
219	€
220	<
221	>
222	fi
223	fi
224	‡
225	·
226	„
227	„
228	‡
229	À
230	É
231	Á
232	Ê
233	Ë
234	Ï
235	Î
236	Ï
237	Ï
238	Ó
239	Ô
240	•
241	Ò
242	Ù
243	Û
244	Û
245	ı
246	ˆ
247	˜
248	˘
249	˙
250	˚
251	˛
252	˜
253	˘
254	˙
255	˚

A partir de aquí, utilizando el condicional if, es posible tomar acciones según el carácter que llega por el puerto. Esas acciones pueden ser reproducir una melodía (como en el caso del desafío propuesto), encender un led o mover algún motor. También es factible hacer la operación inversa y mandar información desde algún sensor conectado a la placa Arduino hasta el celular.



MOMENTOS DE LA CLASE

Imaginar: cómo presentar un tema nuevo

Esta práctica se puede empezar con el desafío de conectar el Arduino a nuestro celular para enviarle mensajes y realizar acciones. La idea es invitar a pensar cómo lograrlo y esperar las sugerencias, que pueden ser hacerlo mediante wifi o mediante *bluetooth*.

Luego se puede proponer el desafío de la práctica, que consiste en reproducir con el celular una melodía a través del Arduino. Para eso se debe guiar a los estudiantes a dividir el desafío en dos problemas: el primero es lograr la comunicación entre ambos dispositivos; el segundo, reproducir una melodía.

Finalmente, se deberían dedicar algunas palabras a los nuevos elementos que serán necesarios para resolver esta práctica (arrays, ciclos, *bluetooth*)

pero sin profundizar demasiado en los conceptos. Estos temas se retomarán en el momento de la reflexión y serán respaldados por el material de apoyo.

Crear: un primer escenario de prueba

Una opción es que los grupos se subdividan para atacar cada problema por separado y luego se reúnan para construir el proyecto del desafío; la otra, que cada grupo realice ambos problemas en el orden que les parezca oportuno y luego construyan el desafío. Lo importante es que cada grupo elija la forma en la que quiere trabajar y así fomentar la autodisciplina.

El esquema de conexiones es muy sencillo, no debería representar mayores problemas. Sin embargo, el código de ambos programas cuenta con cierta complejidad y requerirá de mayor atención tanto por parte del docente como de los estudiantes.

El tutorial de la melodía se presta para que los estudiantes creen sus propias variantes. Para ello hay que prestar atención a la definición del array y al ciclo que contiene la función loop, ya que no basta con agregar notas al mismo para que sean reproducidas. Esto constituye una oportunidad para explicar un poco más sobre cómo funciona el ciclo y cómo se lo puede modificar para que reproduzca más notas (modificando el ciclo for).

En cuanto al tutorial de la conexión con el módulo HC-06, hay que explicar que el módulo retiene la configuración y que, una vez realizada, no es necesario volver a cargarla. Por otro lado, quizás los estudiantes requieran ayuda para entender cómo aprovechar los mensajes que vienen desde el puerto serial. El trabajo de este proyecto se apoya también en el realizado en la práctica anterior, donde se utilizó la conexión serial del Arduino para comunicarse con la PC. Es oportuno que en este momento se explique un poco sobre el código ASCII para aquellos alumnos que aún tienen la duda de por qué al enviar una “A” con el celular, en el monitor serial se ve como un número.

Jugar: hackear el código

El momento “jugar” probablemente se centre en complejizar las melodías creadas con el Arduino (incluso copiando códigos de internet con melodías conocidas) y, también, en agregar leds, motores y otros módulos para realizar una acción distinta conforme llegan los mensajes del celular. Como siempre, se debe intentar dar a los estudiantes el mayor número de elementos y módulos distintos. Esto ayuda a que piensen y creen proyectos variados e interesantes.

Como ya se dijo, la programación será la protagonista de esta práctica. El material de apoyo tiene algunas pistas para que los estudiantes avancen de forma autónoma, pero deberían complementar esa información con la que consigan en distintos foros y páginas web.

Compartir y reflexionar: los espacios de diálogo como catalizadores de aprendizajes más profundos

El momento de la reflexión apunta a profundizar el compartir de los estudiantes, a que cuenten los experimentos creados, así como los problemas y soluciones que encontraron. Se debe intentar aprovechar estas narraciones para profundizar en los elementos trabajados en la práctica: arrays, ciclo for, el módulo *bluetooth* y sus posibilidades.

En particular, se debe destacar que un array permite almacenar varios elementos de un mismo tipo y que se puede acceder a ellos de forma ordenada por medio de un índice. Puede ser una buena oportunidad para explicar que los strings (texto que utilizan los estudiantes en sus códigos) no son más que un array de caracteres.

Por otro lado, también se puede aprovechar para mencionar la utilidad de los ciclos for a la hora de repetir acciones y evitar tener que escribirlas cada vez. Otro uso común de estas estructuras es (como en el caso de la práctica) utilizar la iteración para recorrer un array de datos.

Imaginar nuevamente: crear a partir de desafíos más complejos e intereses propios

Concluido el momento “jugar”, donde se construyeron experimentos sencillos en torno a los temas trabajados, se deben repensar estos elementos en pos de crear proyectos que se constituyan como una solución a problemas propios de los estudiantes. Así mismo, sería oportuno proponer nuevos proyectos y prácticas que involucren el trabajo con docentes de diferentes disciplinas. La posibilidad de comunicarse con un celular (elemento de uso predilecto por parte de los jóvenes) abre un abanico de proyectos que pueden permitir la interacción con estudiantes que están fuera del grupo de trabajo. Esto es una oportunidad para crear proyectos interactivos que expongan lo trabajado fuera del aula, darle valor al trabajo de los estudiantes y generar un ambiente propicio de intercambio con otros estudiantes o docentes.



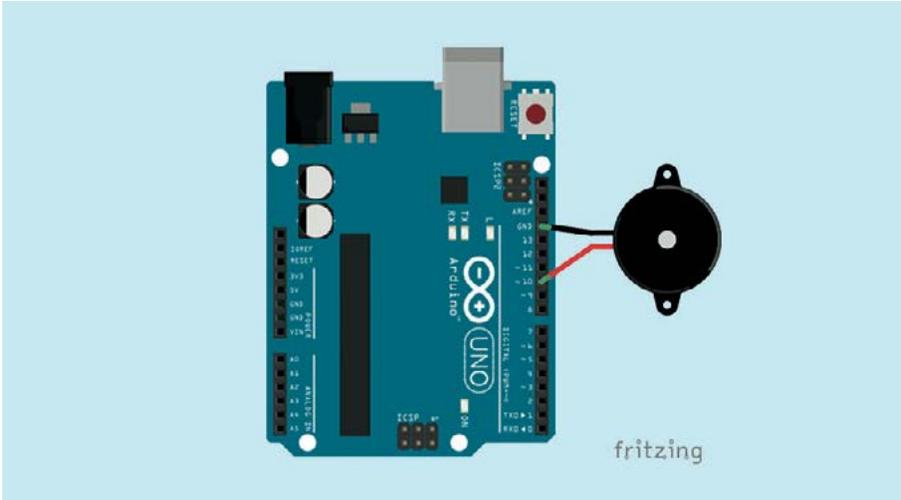
ELEMENTOS PARA EL ESTUDIANTE

Tutorial 6: música y ciclos

Para este miniproyecto musical vas a utilizar un nuevo elemento de programación conocido como ciclo for. Este tipo de estructura permite que un fragmento de código se repita cierta cantidad de veces. En este caso, por cada repetición el Arduino va a reproducir una nota musical distinta almacenada en un array. Un array es un tipo de variable en la que podemos guardar más

de un dato (para acceder a cada dato, contamos con un índice numérico). Hay más información al respecto en la sección “Para saber más”.

Paso 1: conectar los componentes



Paso 2: copiar este código en el Arduino

Código: Arduino y música

```
int notas[] = {440,400,440,300,440,200,440,440}; // Se crea un array
void setup() {
  pinMode(10,OUTPUT); // Se usa el pin 10 como salida
}
void loop() {
  for (int i = 0; i < 8; i++) { // Desde i = 0 hasta que llegue a 7
    tone(10,notas[i]); // Se busca la nota en el array y se la reproduce
    delay(50); // Espera
    noTone(10); // Fin de la nota
    delay(100); // Espera
  }
  delay(1000); // Espera
}
```

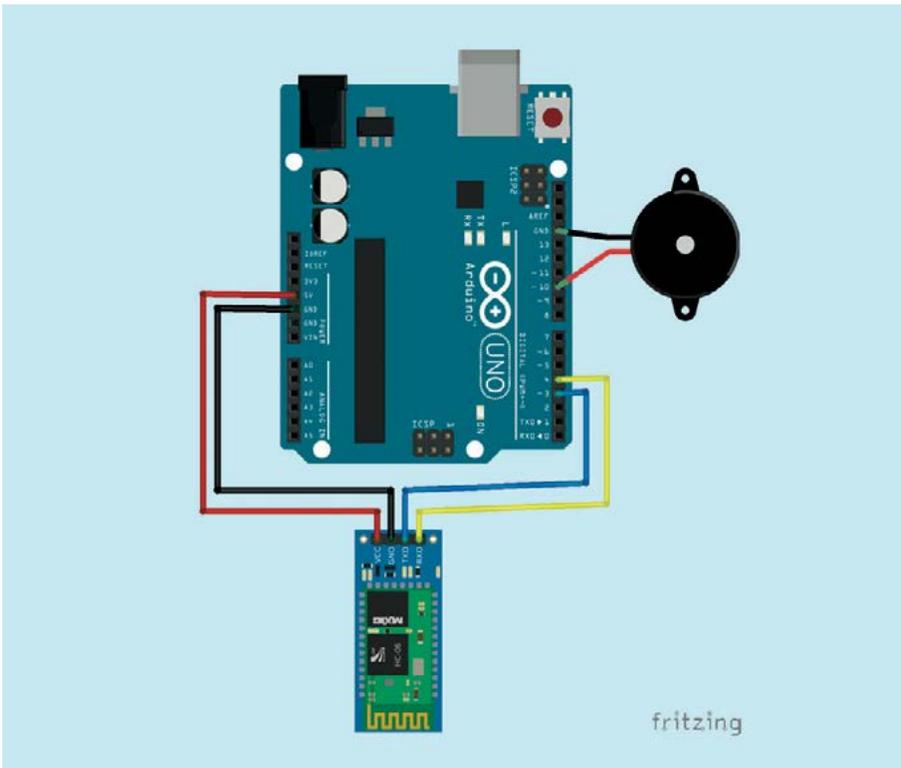
Paso 3: compilar y cargar

Compila y carga el código en la placa Arduino. Una vez que todo funcione, podrás crear tus propias melodías!

Tutorial 7: *bluetooth*

En este tutorial vamos a utilizar el módulo HC-06 para crear una conexión *bluetooth* con un celular. Para ello, primero se tiene que configurar el módulo, luego crear un programa para el Arduino que reciba y muestre los datos por el monitor serial en la PC y, finalmente, descargar e instalar una aplicación en el celular para poder mandarle datos al teléfono.

Paso 1: conectar



Paso 2: configurar el módulo HC-06

El módulo *bluetooth* necesita tener un nombre asociado y un número pin. Estos datos se utilizan para vincularlo con el celular. Para configurar estas opciones en el módulo es necesario comunicarse con él a través de una conexión serial y utilizar los comandos llamados AT. Cargando el siguiente código en el Arduino, se puede lograr configurar estos dos datos. Si no se modifican, el nombre va a ser “ARDUINO” y el pin “1234” (se recomienda cambiarlos para evitar confusiones). Para más información al respecto, consulta el apartado “Para saber más”.

Código Arduino: configuración bluetooth

```

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial BT(4,3);
void setup() {
Serial.begin(9600);
BT.begin(9600);
delay(1000);
Serial.println("AT"); // Se chequea la conexión
BT.write("AT");
delay(1500);
while (BT.available()) Serial.write(BT.read());
Serial.println();
delay(500);
Serial.println("AT+NAMEARDUINO"); // Se configura el nombre
BT.write("AT+NAMEARDUINO"); // Configura el nombre del módulo a ARDUINO
delay(1500);
while (BT.available()) Serial.write(BT.read());
Serial.println();
delay(500);
Serial.println("AT+PIN"); // Se configura la clave
BT.write("AT+PIN1234"); // Setea el pin a 1234
delay(1500);
while (BT.available()) Serial.write(BT.read());
Serial.println();
Serial.println("El modulo quedó correctamente configurado");
}

void loop() {
delay(1000);
Serial.println("El modulo quedó configurado ahora el siguiente programa")
}

```

Una vez cargado este programa en el Arduino, hay que verificar con el monitor serial la salida del programa. Para que todo se configure correctamente, debe ser similar a la siguiente:

Código: salida por el monitor serial del programa

```

AT
ATok
AT+NAMEARDUINO
AToksetname
AT+PIN1234
AToksetpin
El modulo quedó correctamente configurado
El modulo quedó configurado ahora el siguiente programa

```

En caso de que haya algún error, se puede probar apretando el botón reset del Arduino y verificar la salida completa.

Paso 3: copiar y cargar el programa de comunicación

Una vez configurado, se puede cargar el siguiente programa para que todos los datos que reciba el módulo *bluetooth* sean mostrados en el monitor serial del IDE Arduino.

Código Arduino: reenviar datos recibidos por el bluetooth

```
#include <SoftwareSerial.h> // Se importa la librería para crear conexiones seriales extras
SoftwareSerial BT(4,3); // Pin 3 a RX y pin 4 a TX del componente bluetooth

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Se crea la conexión serial con la PC
  BT.begin(9600); // Se crea la conexión serial con el módulo HC-06
  delay(1000); // Espera
}

void loop() {
  if (BT.available()) { // Si hay datos disponibles,
    byte dato = BT.read(); // lee datos.
    Serial.println(dato); // Se los envía al monitor serie
  }
  delay(100); // Espera
}
```

Paso 4

Por último, necesitamos descargar en el celular un programa que nos permita conectarnos al Arduino y enviarle mensajes. Hay muchos disponibles: busca en el Play Store de Google por las palabras “Arduino Serial Bluetooth”.



PARA SABER MÁS

Definiciones de los conceptos trabajados

ARRAY: es una estructura de datos que permite almacenar un número determinado de elementos de un mismo tipo y acceder a ellos a partir del nombre del array y de un índice.

Variables



CAJÓN MEDIA



VARIABLE ENTERA



CAJÓN REMERA



VARIABLE CARÁCTER

Arrays



CAJONERA DE MEDIAS



ARRAY ENTEROS



CAJONERA DE REMERAS



STRING

Para entender mejor el concepto, se puede pensar a las variables comunes como cajones donde guardamos un solo tipo de dato (por ejemplo, un cajón con una sola media o una sola remera) y a los arrays como una serie ordenada de varios cajones de este tipo (3 cajones para 3 remeras).

CICLOS: existen diferentes tipos de estructuras de control que permiten hacer que un código se repita cierta cantidad de veces. De esta manera nos evitamos escribir código que haga lo mismo (o muy parecido) muchas veces. Entre los ciclos más utilizados están loop y while.

COMANDOS AT: fueron desarrollados originalmente para configurar módems, pero hoy en día gran cantidad de aparatos los utilizan. Constan en general de las letras AT acompañadas de un signo “+” y, finalmente, el código de la operación. En general, para cada comando AT que se envía a un aparato se espera una respuesta: “ATOK” en caso de ser exitosa o “ATERROR” en caso de error.

TONOS Y FRECUENCIAS: los sonidos no son más que vibraciones que se producen en el aire (o sobre otros materiales) y que nuestro oído es capaz de detectar. En el aire, los cambios de vibraciones producen cambios en la presión, y estos cambios se producen con cierta frecuencia. Cuanta más alta la frecuencia, más agudo es el sonido; cuanto más baja, más grave.

BLUETOOTH: es un estándar de las comunicaciones de radiofrecuencia de 2.4GHz que permite la conexión de dispositivos a corto alcance y con un costo bajo en consumo de energía.

Elementos electrónicos nuevos



El MÓDULO HC-06 permite realizar una conexión por *bluetooth* para enviar y recibir datos. Utiliza los comandos AT para configurarse. El intercambio de datos se realiza a través de una comunicación serial.

Nuevos elementos de programación

ARRAYS: son una colección ordenada de elementos de un mismo tipo a los cuales podemos acceder por un índice entero. Los arrays pueden ser de cualquier tipo (int, float, char, etc.), pero su longitud debe ser siempre fija y declarada al momento de su creación.

Código: arrays

```
int misEnteros[6] = {12,14,16,18,20,22}; // Es un array de 6 enteros
misEnteros[0]; // Vale 12, porque el índice cero corresponde al primer elemento
misEnteros[2]; // Vale 16, es el tercer elemento
misEnteros[5]; // Vale 22, porque es el último elemento
misEnteros[5] = 100; // Ahora en el último lugar hay un 100

char texto[4] = "hola"; // Es un array de caracteres
texto[1]; // Vale "o", es el segundo elemento
texto[1] = '4'; // Ahora vale "4" el carácter, si imprimimos el contenido sería: "h4la"
```

Código: ciclo for

```
int misEnteros[6] = {12,14,16,18,20,22}; // Un array de enteros
for (int i=0; i<6; i++) { // La variable i va a ir de 0 a 5,
  Serial.println(misEnteros[i]); // y por ello va mostrar cada elemento del array.
} // En este caso la salida sería 12 14 16 18 20 22
int misNotas[4] = {220,200,220,240};
for (int i=0; i<4; i++) { // La variable i va a ir de 0 a 3
  tone(pinBuzzer, misNotas[i]);
  delay(100);
} // En este caso se reproducen cada una de las notas en el array,220,200,220,240
for (int i=0; i<6; i++) {
  tone(pinBuzzer, i*100);
} // Se van a reproducir notas cada vez más agudas
```

Tercera parte

Reflexiones sobre el hacer crítico en educación

El pedagogo Philippe Meirieu, en su obra *Frankenstein educador* (1998), indicaba que ninguna persona puede darse vida a sí misma, sino que nuestra identidad la construimos con la ayuda esencial de los adultos que nos educan. Según él, las personas poseen dos características distintivas: su capacidad de aprendizaje y su capacidad de elegir, es decir de ejercer su voluntad. Estos dos elementos actúan en su formación, dado que la persona necesita que la ayuden a desarrollar sus capacidades cognitivas mediante el proceso de la educación pero, al mismo tiempo, tal educación no lo determina, dado que esa persona en esencia es libre. El desafío de educar consiste en poder introducir a alguien en un espacio cultural concreto que a su vez es dinámico y varía de una generación a otra. Esta línea de pensamiento asume que la pedagogía no puede inscribirse en las prácticas de la investigación científica tradicional, ya que en ella es imposible conseguir la certeza que exigen tales trabajos. La libertad de las personas es un factor central que hace casi imposible toda predicción. En este sentido, la pedagogía se configura como un elemento de ayuda a la formación de las personas, para que puedan ser por sí mismas y a la vez como parte de una sociedad.

Una pedagogía debe analizar las experiencias culturales que ayudan a formar a las personas en pos de tener como objetivo un desarrollo social. De ahí surge su carácter humanista, dado que conjuga el desarrollo de la persona con el aporte que pueda realizar al bien común de la sociedad (Flórez, 1999). Además, la pedagogía es una teoría práctica cuya función es orientar la formación de las personas. Por este motivo, y en virtud de los cambios acontecidos en la sociedad, hoy se plantean algunos elementos que buscan la aparición de nuevas pedagogías:

- Hay que dejar atrás prácticas propias de la escuela fordista, más cercanas a una educación bancaria que a una educación que empodere individuos. Esto último se logra ofreciéndoles una formación que les permita leer de forma crítica su mundo y, a la vez, construir saberes que los habiliten a intervenirlos a partir de sus propias necesidades.
- Es necesario reforzar el aprendizaje entre pares como un elemento central de la formación, dejando atrás las costumbres de construcción de conocimientos en solitario y generando en su lugar verdaderas

comunidades de aprendizaje donde cada integrante pueda dar lo mejor de sí mismo y desarrollarse en comunidad.

- Integrar nuevos saberes, propios del momento histórico actual, ayuda a que los jóvenes tengan herramientas concretas para hacer una lectura crítica de su mundo y, a la vez, interactúen con él de manera plena.
- Hay que darle sentido a la mirada educativa, que la escuela no se cierre a trabajar solamente los temas descriptos en el currículum escolar, que pueda incorporar otras temáticas que son parte de las realidades diarias en que están inmersos los participantes. De esta manera, se promoverán aprendizajes situados en escenarios propios, que atienden los problemas que afectan a los estudiantes y, a la vez, promueven la construcción de saberes en línea con el currículum escolar.

Según Mario Kaplún (1998), existe una categoría educativa, denominada “endógena”, que pone el énfasis en el proceso educativo más que sobre los contenidos y los efectos. En nuestra idea de una pedagogía del hacer, entendemos a la transformación del individuo y de su comunidad como elementos centrales, mientras que los contenidos y las reglas de conducta humana son elementos secundarios. Así, el centro del proceso educativo se configura a partir de las interacciones dialécticas entre los educandos y la realidad de la cual son parte. En esta forma de trabajo, el grupo se posiciona por sobre todo lo demás. Bajo la premisa de “todos aprendemos de todos”, el maestro asume un rol que le permite guiar los aprendizajes a partir de acciones educativas como problematizar, estimular, valorar el error, dar andamiaje o escuchar antes de intervenir.

REFERENTES Y REFERENCIAS DEL HACER EDUCATIVO

A los efectos de aportar referentes y referencias de formas de hacer pedagógico (y para una mayor comprensión de sus elementos y efectos), a continuación se presentan dos ejemplos: el hacer pedagógico crítico de John Dewey y el hacer digital de Seymour Papert.

Desde principios del siglo XX, Dewey fue un gran innovador de las instituciones educativas. Lo logró a través de experiencias de aprendizaje que pudieran realizar los propios estudiantes y bajo la premisa de *hacer para saber*. Su propuesta era rica y superadora, no solo se caracterizaba por un hacer instrumental sino que incluía otros elementos esenciales tales como la cooperación, el compromiso con un fin y la solidaridad. De esta manera, también promovía valores propios de una sociedad justa. Por otra parte, este modo de aprender no se configuró como un trabajo basado en recetas, ya que recurrentemente se reflexionaba sobre lo hecho. En esencia, su propuesta era que los estudiantes pasaran a ser el centro del proceso de aprendizaje y que los intereses de ellos se convirtieran en el motor de la formación.

Dewey criticó el modelo educativo vigente en su época, cuyas principales características eran la pasividad de los estudiantes, la masificación mecánica

de las prácticas y la uniformidad del currículum. Su obra y pensamiento constituyeron una alternativa válida al modelo educativo tradicional propio de la revolución industrial, basado –en términos de Freire (1994)– en la reproducción o educación bancaria.

El pensamiento, para Dewey, era una herramienta que posibilita a los estudiantes operar sobre la realidad a la vez que se alimentan de ella. Así, el conocimiento es un producto logrado a partir de tener experiencias con el mundo. En otras palabras, para que se construya conocimiento deben existir acciones y experiencias con el hacer que lo induzcan. Según su visión sobre los niños, estos no llegan a la escuela como seres sin conocimiento alguno para que los maestros les den lecciones de civilización. Por el contrario, el niño “es intencionalmente activo y el cometido de la educación consiste en tomar a su cargo esta actividad y orientarla” (citado en Westbrook, 1993).

Para Dewey, el aprender se constituía mediante los principios de continuidad e interacción. La continuidad es un principio de orden temporal que indica que las personas aprenden a través de una secuencia continua en las que experiencias pasadas afectan, de manera positiva o negativa, los aprendizajes futuros. En cambio, la interacción indica la influencia del entorno o la situación particular en la construcción de una experiencia. De alguna manera, se le da relevancia a dónde ocurren las experiencias de aprendizaje y cómo inciden sobre estas. Con sus observaciones, Dewey señaló un camino a muchos educadores del siglo XXI.

Otro referente de las pedagogías basadas en el hacer fue Seymour Papert, quien logró vincularlas –de manera anticipada– con las posibilidades que ofrecen las computadoras. Su trabajo estuvo fuertemente influenciado por las teorías constructivistas de aprendizaje. En términos generales, en esta línea educativa hay acuerdo en que el aprendizaje es una construcción propia de cada individuo que se realiza desde la niñez y gracias a la ayuda recibida de otros pares. Esta construcción implica que al aprender, una persona aporta su interés, su disponibilidad, sus conocimientos previos y sus experiencias (Zavala Vidiella, 2000: 64). De esta manera, el maestro toma un rol fundamental en el aprendizaje: es quien ayuda a detectar un conflicto inicial, establecido por lo que se conoce y lo que se desea saber, y quien contribuye a que el aprendiz se involucre en la tarea de construir conocimiento. Desde la perspectiva del docente, se trata de un proceso en el que el estudiante no solo aprende contenidos propios de un currículum, también gana autonomía y aprende a aprender.

Papert desarrolló una teoría de aprendizaje, denominada *construccionismo*, donde tanto “el conocimiento como el mundo se construyen e interpretan a través de la acción, mediante el uso de herramientas y símbolos” (Ackermann, 2010: 2). Así, “el mejor aprendizaje no vendrá por haber encontrado el maestro mejores maneras de instruir, sino por proporcionar al aprendiz mejores oportunidades para construir” (ibíd.: 6). En palabras del propio Papert, el *construccionismo* se define así:

El *construccionismo* –la palabra que se escribe con N, en contraposición a la palabra que se escribe con V– comparte con el constructivismo la connotación del

aprendizaje como “construcción de estructuras de conocimiento”, independientemente de las circunstancias del aprendizaje. [...] esto ocurre en forma especialmente oportuna en un contexto donde el que aprende está conscientemente involucrado en construir una entidad pública, ya sea un castillo de arena en la playa o una teoría del universo (Papert, 1991: 1).

Papert vio en las computadoras, hace varias décadas, un valioso aliado para llevar adelante sus propuestas educativas. Desde su posición, defendió abiertamente el uso de programas específicos y lenguajes de programación por parte de los estudiantes. Consideraba que la informática habilitaba nuevas formas de hacer en beneficio de sus aprendizajes. Así, la computadora se configura como un recurso flexible que los estudiantes pueden articular con sus propias ideas y utilizar en profundidad para sus propios fines. Más allá de la propuesta teórica, Papert y su equipo de trabajo del MIT desarrollaron una serie de programas informáticos destinados a facilitar el aprendizaje de los estudiantes en distintas áreas del conocimiento. Tales recursos estaban en función de que los niños programen sus propias construcciones con el fin de desarrollar conocimientos en sus mentes. Como se dijo, se buscaba que los aprendices puedan programar las computadoras y no a la inversa. Entre los recursos de aprendizaje que se desarrollaron (Badilla y Chacón, 2004), figuran algunos como:

- **Objetos para pensar:** creados por un sujeto, se utilizan para pensar sobre otras cosas y así ampliar el horizonte cognitivo. El proceso de construcción es clave, dado que al crear artefactos, experimentar con ellos, probarlos y modificarlos, se desarrolla un entendimiento del propio mundo.
- **Entidades públicas:** el aprendizaje tiende a ser más robusto y fructífero cuando el estudiante está involucrado de manera consciente en una construcción pública, es decir algo que puede ser exhibido, examinado, discutido y probado. La entidad es de carácter público debido a que permite representar visual y/o auditivamente conceptos sobre los cuales se puede experimentar.
- **Micromundos:** son espacios particulares, de tamaño reducido, donde los estudiantes pueden explorar conceptos, probar una hipótesis y descubrir elementos que son verdad en relación con tal espacio. Un micromundo, a diferencia de una simulación, es un mundo real en sí mismo y no una réplica de otro mundo.

En resumen, tanto Dewey como Papert propusieron formas de enseñanza donde el estudiante toma un rol central en sus aprendizajes y se conecta con su entorno a partir de un hacer situado. Cada uno en su tiempo, y con las tecnologías de época disponibles, fueron referentes para el desarrollo de prácticas educativas que potencian la creatividad y la capacidad para resolver problemas. Estas ideas fueron concebidas en un contexto donde el paradigma informacional y la forma de estructura en red de la sociedad aún no estaban presentes.

La llegada de la red global internet afectó los modos de circulación del saber. El profesor Jesús Martín-Barbero (2003) indica que hubo una ruptura significativa con las formas tradicionales de comunicación y que las instituciones más afectadas fueron la familia y la escuela. Martín-Barbero organiza estos cambios a través de los conceptos de descentramiento, deslocalización, destemporalización y diseminación. El descentramiento se produce cuando las fuentes de información empiezan a circular por fuera de los lugares clásicos donde estuvieron protegidas durante siglos (en particular, dejan de tener por único soporte el libro gutemberiano). La escuela y la biblioteca no son los únicos espacios de referencia, debido a que los saberes fluyen por otros caminos exteriores que permiten el acceso instantáneo, independientemente de la ubicación física de los usuarios. Los conceptos de deslocalización y destemporalización están en relación con que ahora los saberes están por fuera de los espacios físicos y de los tiempos tradicionales asociados con su distribución y aprendizaje. Por último, la diseminación del saber se da en función de los procesos de descentramiento y deslocalización: tiene que ver con la caída de las barreras que separaban los conocimientos académicos del saber común.

En este contexto, el diseñar, el hacer y el construir también han expandido sus capacidades y límites. La computadora ha resignificado medios, herramientas y máquinas tradicionales. Hoy, en general, todo se controla por procesadores digitales. Las computadoras, visibles o invisibles, son parte central de la economía, el entretenimiento, la cultura, la salud, la seguridad y la educación, entre tantos ámbitos de uso. El software se puede pensar como una capa que recubre casi todas las áreas de la sociedad. Si bien Alan Turing definió la forma teórica de la computadora como una máquina con capacidad de simular a otras máquinas, fueron Alan Kay y otros de su generación quienes aplicaron la idea de simulación de Turing sobre los medios. Así, la computadora dejó de ser solo una metamáquina para constituirse también en un metamedio (Manovich, 2013).

A continuación presentamos una propuesta de pedagogía centrada en el hacer de un estudiante activo y comprometido con su contexto. Esta toma sustento de referentes como Dewey y Papert, pero a su vez se contextualiza en un estadio del mundo donde la escuela se halla inmersa en una sociedad altamente tecnologizada y mediatizada.

HACIA UNA PEDAGOGÍA DEL HACER DIGITAL CRÍTICO

El trabajo escolar se sitúa entre las dimensiones del decir y el hacer: el decir se relaciona con una práctica cercana a lo reflexivo, donde las personas sintetizan lo que las afecta y lo elaboran en el hacer. Así, se entiende al hacer como una práctica educativa esencial que debe acompañar en todo momento al proceso formativo.

El hacer crítico es una manera de desarrollar saberes basada en la producción colaborativa de elementos, tangibles o no, que surjan del interés y

el consenso de la propia comunidad de aprendizaje. Es *crítico* porque está situado en un contexto particular (respondiendo a características o necesidades propias del mismo) y a la vez se redefine, se proyecta, se construye y se prueba en medio de un ambiente de doble diálogo (*doble* porque se produce entre los componentes de la comunidad de aprendizaje y, a la vez, entre esta y el contexto donde el proyecto tiene razón de ser: la escuela, la comunidad, la región). De alguna manera, el hacer digital crítico es una posible vía de pasaje entre una escuela que solo transmite, en el sentido bancario del término, y una escuela que construye a partir de que los individuos se desarrollen en y para la comunidad.

Por otro lado, se asume que el hacer digital crítico es una práctica de construcción de saberes que no comparte ningún elemento con otros tipos comunes de hacer, por ejemplo:

- *No es un hacer vacío*, un hacer por el mero hecho de hacer y nada más, basado en la novedad y en la prueba constante de elementos de moda, sino un hacer con una intención sociopolítica.
- *No es un hacer prescriptivo o programado*, como el que suele encontrarse regularmente en las prácticas educativas de las escuelas técnicas tradicionales.
- *No es un hacer que solo está en función de lograr una formación laboral*, también incluye elementos que permiten cuestionar el rol de las personas en su mundo y hacer cosas en tal sentido.

Hoy existen varios elementos que dan sustento importante a las prácticas del hacer digital crítico, pues se entiende que en un mundo expandido, enriquecido y complejizado por la tecnología digital, el hacer puede tomar otra dimensión, más superadora y poderosa. Esto es así porque las personas disponen de una amplia gama de herramientas y servicios de comunicación y, además, cuentan con una serie de recursos digitales que asisten y facilitan la tarea de diseñar y crear.

En un contexto educativo, el hacer digital crítico debe integrar distintos recursos instrumentales que estén en función de ayudar a la construcción de conocimientos. Es decir que los instrumentos, en este caso las tecnologías digitales en sus distintas formas (computadoras, máquinas de diseño y fabricación), no son elementos centrales del aprendizaje sino coadyuvantes que facilitan a que el mismo se produzca.

Esta propuesta se enmarca en un contexto humanista. Los instrumentos y técnicas están en función del fin primario, que es el empoderamiento ciudadano a partir de una lectura crítica del mundo y de la capacidad para expresarse e intervenir ese mundo según los propios deseos y motivaciones.

Es necesario pensar una pedagogía en la que los estudiantes participen en calidad de personas con inquietudes, deseosas de aventurarse por los caminos del saber, con posiciones críticas e ideas propias. La pedagogía del hacer intenta romper la lógica de la reproducción conservadora de la tradición

escolar: son los propios estudiantes, en un consenso, los que colaboran definiendo sobre qué problemas trabajar y cómo abordarlos. El profesor Mario Kaplún nos recuerda que se “aprende de verdad lo que se vive, lo que se recrea, lo que se reinventa y no lo que simplemente se lee y se escucha. Solo hay un verdadero aprendizaje cuando hay proceso; cuando hay autogestión de los educandos” (Kaplún, 1998: 51).

La cita anterior habla de cómo una comunidad de aprendizaje con actitud *hacker* –en el sentido expresado por el filósofo Pekka Himanen (2002)– puede construir experiencias educativas enriquecedoras. En este mundo que hoy pasa por una etapa de aceleración en varias dimensiones, y en el que esto genera cierta incertidumbre sobre el futuro, la educación, más que transmitir contenidos, debe lograr que los estudiantes aprendan a aprender; que puedan interpretar su contexto, razonar por sí mismos, desarrollar sus capacidades de análisis y deducción en pos de construir un buen grado de conciencia crítica (Kaplún, 1998).

Se entiende que el sentido crítico de la pedagogía se vincula con una actitud de reflexión permanente por parte de los involucrados en el proceso de aprendizaje: es un elemento necesario para romper un *statu quo* o una zona de confort social regulada por la rutina. Al asociarla a las prácticas del hacer, la reflexión también puede considerarse como una manera de superar las prácticas educativas derivadas de la repetición, las que solo llevan a promover automatismos escolares que mantienen inmutables las situaciones de poder y otras asimetrías establecidas en la sociedad.

Nuestra pedagogía del hacer digital crítico se basa en cuatro ejes principales que orientan su sentido político-educativo y dan pautas acerca de cómo puede integrarse a los procesos regulares de enseñanza. Los ejes son:

- Determinación de un sentido político asociado al acto educativo: en consonancia con las pedagogías críticas, el currículum educativo deja de ser un objeto fuera de toda discusión, algo que debe tomarse al pie de la letra y acatarse en términos absolutos, como si la escuela fuese un engranaje de una cadena vertical de mando que emana desde el gobierno. Atendiendo a las enseñanzas del profesor Henry Giroux y de tantos otros pedagogos, la comunidad educativa debe implicarse en el currículum para adaptarlo a su propio contexto en un acto de empoderamiento y revalorización, ya que formar ciudadanos es ayudar a desarrollar sujetos políticos que puedan interpretar y actuar bajo las realidades de su tiempo. Consecuentemente, todas las acciones involucradas en los procesos de enseñanza y de aprendizaje deben tener una dimensión de sentido político en la que los integrantes de la comunidad educativa tengan una parte de injerencia.
- Orientación formativa en pos de un futuro a construir: como solía decir el reconocido informático Alan Kay, el mejor modo de predecir el futuro es tratar de inventarlo. Eso hacemos las personas todos los días, ya sea por acción o por omisión. Esto no se relaciona solo con el decir o las declaraciones

de principios vacías, sino que debe guiar a diario las acciones educativas. Entender que los estudiantes ya son parte real y activa de la sociedad también es una cuestión a tener en cuenta en el aula.

- Establecimiento de principios de orientación de las prácticas educativas: en consonancia con el primer eje, las prácticas educativas, como elementos articuladores del proceso de enseñanza, deben estar también relacionadas con el contexto particular de cada institución educativa y de cada comunidad de aprendizaje. De lo contrario, se volverá a caer en el modelo escolar de la reproducción. Todo hacer propuesto inicialmente por el profesor debe animar a los estudiantes a observar, explorar e intervenir el mundo real por su cuenta. Los docentes acompañan esos aprendizajes proponiendo actividades, apoyándolos cuando haga falta y estando presentes en la medida que lo necesiten. De esta forma, los estudiantes podrán pensar y tomar decisiones por sí mismos, en oposición a cualquier manera no dialógica de construcción de saberes. Para que esto empiece a suceder en las aulas, hace falta un cambio en el significado real del quehacer docente. En efecto, ser un mediador en los procesos de enseñanza y de aprendizaje significa reducir la división entre los mundos establecidos del emisor y del receptor; un mediador no es una autoridad sino otro aprendiz de la comunidad educativa (Aparici, 2009).
- Uso efectivo de las tecnologías digitales emergentes: es necesario desarrollar estrategias que permitan incentivar usos efectivos de las tecnologías (Gurstein, 2003). Estos usos están en concordancia con que los propios estudiantes participen de la definición de sus proyectos, lo cual garantiza –en parte– su motivación y sentido de pertenencia. Por otro lado, es sabido que las experiencias de aprendizaje donde se logran usos efectivos de las herramientas pueden habilitar un mayor grado de fluidez digital (Resnick, 2002), con lo cual se logra el objetivo de que los estudiantes dominen a las herramientas y no a la inversa.

Ahora, una vez definidos los ejes rectores de la pedagogía del hacer digital crítico, nos centraremos en el desarrollo de las características que definen a ese hacer digital crítico:

- a. *Es un hacer que promueve el desarrollo cognitivo centrándose en problemas propios del contexto de los estudiantes.* Ello implica que, a su vez, es un hacer con sentido político. En el proceso educativo, los temas que se proponen y se acuerda trabajar con los estudiantes están relacionados con situaciones que les suceden o los afectan en su vida diaria.
- b. *Es un hacer con otros y en beneficio de todos.* El hacer es colectivo, es decir colaborativo. Cada integrante de cada grupo de aprendizaje complementa intelectualmente y de manera práctica (a partir de sus habilidades) las necesidades emergentes.
- c. *Es un hacer basado en la experimentación y la generación de prototipos.* Es importante tener un espacio para experimentar, diseñar y

construir prototipos que permitan comunicar, reflexionar, argumentar y debatir ideas.

- d. *Es también un hacer artístico, en el que lo expresivo y lo emocional tienen lugar.* No todos los procesos de creación han de tener un fin utilitario, los estudiantes también podrían realizar proyectos artísticos.
- e. *Es un hacer dialógico, se basa en consensos entre quienes colaboran.* Los estudiantes forman en sí una comunidad de aprendizaje en la que el docente es un mediador y facilitador para que las prácticas puedan tomar rumbos enriquecedores en el camino de la construcción de conocimiento.
- f. *Es un hacer de autor que apela a la creatividad.* La meta es que los estudiantes puedan decir su palabra. En este sentido, la creatividad se promueve cuando los estudiantes se desarrollan en ambientes libres y tienen oportunidades para equivocarse.
- g. *Es un hacer espiralado, dado que va del pensamiento a la acción y vuelve repetitivamente en el proceso, pero aumentando la intensidad de las acciones y los resultados.*
- h. *Es un hacer fundamentado, inspirado en el pensamiento y las enseñanzas de grandes pedagogos (Piaget, Papert, Freire, Dewey), que hoy pueden ser puestas en valor gracias a nuevos recursos educativos.*
- i. *Es un hacer adaptativo.* Las prácticas educativas deben adaptarse de manera continua al entorno y a los recursos que ofrece. Esto permite incorporar nuevas herramientas o recursos, ya sea cognitivos o materiales, en función de enriquecer los procesos.
- j. *Es un hacer con límites no precisos y con cierto grado de incertidumbre.* Establecer de antemano guiones estrictos a las prácticas de enseñanza puede configurarse como una suerte de efecto negativo en los aprendizajes. La planificación de las actividades debe incluir una cuota de interrogantes que deben resolverse en el proceso.

Una vez definido qué es el hacer digital crítico y los elementos que constituyen su pedagogía, es momento de presentar algunos elementos orientadores en función de proyectar cuestiones relativas a su aplicación en instituciones educativas.

LA MEDIACIÓN DOCENTE Y EL HACER DIGITAL

El modelo del aprendizaje basado en la experiencia (o experiencial) propuesto por Dewey ha sido inspirador para pensar el rol del docente. La construcción de dicho rol se basa en la puesta en práctica de su idea de que “toda auténtica educación se efectúa mediante la experiencia” (Dewey, 2004: 22). Sin embargo, Dewey no se refiere a cualquier experiencia sino a aquellas que le son propias a la comunidad educativa. Es decir, a experiencias que permiten a los aprendices interactuar con su medio social y trabajar de modo activo a partir

de su sentido de pertenencia. En el contexto del aprender haciendo se espera que surja una capacidad reflexiva sobre el propio entorno, los vínculos pertinentes con las partes del currículum que correspondan y las habilidades que permitirán intervenir sobre el mundo. Nótese que el docente debe tener claros estos últimos tres elementos guía, ya que son fundamentales para preparar las actividades, llevar adelante las prácticas y evaluarlas.

La propuesta es salir del modelo de profesor tradicional que “deposita” conocimientos en la cabeza de los estudiantes y pasar al modelo de mediador de los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Este cambio implica una ardua reorganización de las prácticas y del sentido docente. Ser un mediador significa reducir la distancia entre dos mundos: el del emisor y el del receptor. Su rol no es el de autoridad sino el de otro aprendiz, solo que con algunas funciones importantes agregadas. El objetivo es aprender en compañía de otros, desde la propia acción y conciencia sobre el trabajo que se realiza. Suscribiendo a las ideas de Henry Giroux (2001), el rol del docente es el de un “facilitador del diálogo entre los participantes, el de guía de los aprendizajes y mediador en la construcción y reconstrucción del conocimiento, asumiendo un papel destacado como intelectual que propicia la transformación”.

Para desarrollar el hacer digital crítico es necesario que el docente comprenda los elementos que caracterizan a la sociedad actual y actúe en consonancia. Se trata de tener en cuenta ese espacio social donde sus estudiantes interactúan diariamente y donde en un futuro cercano se insertarán laboralmente, teniendo en cuenta realidades como las siguientes:

- *Hablar hoy de una distinción entre lo real y lo virtual es anacrónico*, el mundo tiene por cimientos a las tecnologías digitales. El ciberespacio es un territorio natural donde las personas desarrollan gran parte de su vida diaria. Pensar desde la escuela en la red y sus recursos como algo separado del mundo tangible es un camino equivocado. Hoy, ambos espacios están fundidos y son una misma cosa.
- *En la escuela se debe entender que el hacer no debe tener solo un fin tecnológico o utilitario herramental*, vacío de sentido. La innovación debe ser parte del desarrollo de la cultura, un terreno donde al hacer se busca sentido y valor de pertenecer. Ya no es necesario pedir permiso para trabajar en pos innovaciones, solamente hay que hacerlo.
- *Las herramientas digitales forman parte de la vida diaria de las personas*. La escuela debe ser un ámbito donde se potencien el diseño, la creación y la interacción en contraposición a los usos prescriptos o guionados de las tecnologías. Los estudiantes no pueden conformarse con ser usuarios pasivos de sus interfaces digitales, tienen que poder modificar configuraciones, alterar la forma de recibir información y la manera de comunicarse con otros. El objetivo es que ejerzan su autonomía y libertad para participar en la construcción de conocimientos. Esta forma de actuar redundará en un cambio en las relaciones de poder establecidas, donde el lugar natural del usuario es el de consumidor pasivo. El desafío

educativo actual es formar con estas herramientas a coautores de su propia cultura.

- *La red de internet es el recurso de aprendizaje que se encuentra más a mano de las personas.* Por su ubicuidad y facilidad de acceso, se ha convertido en la primera opción de información para casi cualquier situación. Por eso, saber utilizar sus herramientas, poder aplicar criterios de evaluación para determinar su credibilidad y ser capaces de expresarse de manera adecuada se han convertido en saberes a desarrollar esenciales para los estudiantes.
- *Hace solo unas décadas se pensaba que a la escuela se iba a aprender un conjunto bien determinado de saberes y habilidades que luego servirían a lo largo de toda la vida.* En la actualidad, el aprendizaje ya no está confinado a una etapa particular de la vida. Estamos en un mundo que cambia rápidamente y, por ello, se requiere una mayor capacidad de adaptación de las personas. Es necesario un estado de aprendizaje permanente, guiado por la capacidad de aprender a aprender, de adaptarse y adquirir nuevas habilidades de manera continua a lo largo de la vida.
- *Poder innovar, pensar distinto o de manera creativa son requerimientos para casi cualquier actividad humana.* Proponer puntos de vista o diseños de objetos alternativos es un modo de interactuar y expresarse ante la sociedad.
- *Las habilidades o saberes prácticos que los estudiantes desarrollan siempre han sido importantes en su formación, pero hoy también lo son las formas de pensar, que están en relación con el desarrollo positivo de actitudes.*
- *Los recursos de aprendizaje han cambiado en pocas décadas.* Hoy están accesibles de manera casi inmediata, en tiempo real y de forma gratuita. Además, pueden ser multimedia, de múltiples autores, presentados en distintas versiones, almacenados localmente o compartidos. Esta nueva disposición de materiales para ayudar a construir conocimientos necesariamente reconfigura la relación de las personas con el hacer y debe ser tomada en cuenta por las instituciones educativas como una aliada a los procesos de aprendizaje.
- *Las aulas ya no necesitan tener la dinámica ni la disposición que tenían hace unas décadas.* La nueva forma no está totalmente definida sino en construcción permanente, como el mundo mismo. Lo que sí se sabe es que los profesores deben cambiar su rol, acercarse al de un facilitador, tutor o guía de aprendizajes. El aprendizaje es más autoorganizado, la tendencia es que los estudiantes desarrollen la capacidad de aprender con autonomía, lo que implica primero asumir responsabilidades. En el aula, por sobre todo, se debe establecer una comunidad de aprendizaje con una estructura más horizontal y dialógica, que amplíe la participación y el compromiso de sus miembros. Finalmente, la escuela debe evitar ser un apéndice de la sociedad donde se moldean

personas a gusto y placer del sistema dominante. Más bien, debe ser un espacio donde se forman ciudadanos críticos y con capacidad de intervenir el mundo.

Desde la pedagogía del hacer digital crítico se entiende que los profesores y maestros ya no deben ser expertos en todos los temas que se abordan en el aula. El aprender juntos, cada uno con sus responsabilidades, es parte del reto educativo del presente. Enseñar solo lo que uno sabe íntegramente y de manera completa limita significativamente las prácticas docentes y el desarrollo del currículum, por lo que este nuevo enfoque resulta válido en varios puntos. La época en la que el método de enseñanza se basaba en discursos o conferencias debe quedar atrás, es anacrónica y pertenece a una concepción según la cual la comunicación educativa era asimétrica. Gracias a una nueva configuración del acceso a fuentes de información, y a la existencia de modelos nuevos de relación con pares en tiempo real, los docentes ya no tienen por qué creer que necesitan saber todas las respuestas. Por el contrario, averiguarlas junto a sus estudiantes es una oportunidad de aprender juntos.

Toda clase parte de una planificación por parte del docente. Muchas veces, cuando se evalúa lo enseñado, se notan diferencias entre lo pensado y lo que ocurrió realmente. En esas ocasiones, el docente puede sentirse frustrado. No obstante, en el aula de hoy, con la riqueza y abundancia de recursos que la asisten (los cuales están casi siempre presentes), muchas son las derivas que puede tomar la clase. El docente debe estar atento a manejar a su favor tales situaciones y no frustrarse por lo que pensó que debería haber sido. Si promovemos trayectos particulares de aprendizaje, ya sea de manera individual o grupal, hay que entender que en un mismo espacio van a convivir otros subespacios con sus dinámicas, diálogos y actividades de trabajo.

El error debe ser un aliado poderoso. Equivocarse y reflexionar sobre los orígenes y consecuencias de ese error es parte constitutiva de la creación de conocimientos. Esta nueva actitud llevará su tiempo debido a que los docentes han sido formados para asegurarse de que nunca cometerían errores frente a los estudiantes. Más allá de las instancias de evaluación del trabajo estudiantil que lleva adelante el docente, deben promoverse otras que enriquezcan el proceso de aprendizaje a partir de un involucramiento de los estudiantes. La autoevaluación, al igual que la evaluación por parte de pares estudiantes, puede jugar un papel importante.

En la pedagogía del hacer digital crítico, la estrategia de enseñanza del docente tiene que ser flexible y adaptativa, basarse en la retroalimentación obtenida como consecuencia del hacer y, a la vez, ser reflexiva, de modo que permita vincular las prácticas con el currículum y con el entorno al que pertenecen los estudiantes. El maestro debe constituirse en una suerte de andamiaje que permita, a partir de sus acciones de apoyo, que los estudiantes resuelvan problemas en función de lograr objetivos de aprendizaje. Atendiendo a las enseñanzas de Kaplún, el hacer en las aulas está definido por “la relación entre el educador y los educandos, mediatizados por el objeto que ha de descubrirse,

lo importante es el ejercicio de la actitud crítica frente al objeto y no el discurso del educador en torno al objeto” (Kaplún, 1998: 54).

Más allá de que los estudiantes necesiten informaciones adicionales para realizar sus actividades, de lo anterior se deduce que la formación no debe ser entregada de manera acrítica sino que debe ir acompañada de cierto grado de problematización.

En gran parte, hoy el hacer se basa en conectar elementos (materiales o no) para que se entrelacen, se potencien y generen cosas nuevas. La creatividad involucra esta capacidad de conexión y para ello los estudiantes deben tener un buen grado de apertura social. Por otro lado, el hacer genera que los estudiantes formulen preguntas complejas, superadoras de cualquier respuesta armada. Los docentes que promueven las preguntas antes que las respuestas a cuestiones no planteadas desarrollan de manera superadora su labor.

En este sentido, los estudiantes capaces de generar por sí mismos buenas preguntas tendrán la motivación necesaria para hallar –muchas veces– las respuestas por su cuenta. Por eso, la tarea del docente es generar en ellos las actitudes y aptitudes necesarias para que esto suceda. El hacer cosas y compartirlas con el mundo implica una ganancia en el compromiso de los estudiantes con su entorno y con su mundo propio. Así, tal vez en un futuro cercano puedan convertirse en agentes de cambio social. Justamente, parte de la tarea docente es poder traer al aula elementos que den cuenta de la complejidad actual del mundo para su estudio y comprensión. Esto es fundamental para actuar de manera situada, para transformar lo cotidiano en una fuente de ayuda a la formación y para explorar y analizar aspectos de la vida misma.

CONSIDERACIONES FINALES

Sin lugar a dudas, estamos viviendo un tiempo histórico de cambios acelerados que afectan la relación de las personas con su entorno, el desarrollo de su subjetividad y la manera en que aprenden y construyen conocimientos. Desde el sentido educativo, nuestro deber es ayudar a los jóvenes a desarrollar las herramientas necesarias para que puedan desenvolverse plenamente en este mundo.

En este libro se ha presentado un aporte centrado en el desarrollo de una pedagogía del hacer digital crítico. Esta contribución consta de dos dimensiones: un marco teórico que permite resignificar y revalorizar conceptos, y una propuesta metodológica, acompañada de criterios, que plantea un camino posible para introducir estas ideas al aula.

El aporte teórico posibilita pensar nuevas formas de enseñanza más cercanas a la vida diaria, que promuevan aprendizajes ricos por parte de los estudiantes y que traten de resolver problemas que les son propios. Este trabajo se puede lograr a través de un hacer práctico donde los recursos digitales son herramientas básicas para diseñar, crear y expresarse.

Por otro lado, la metodología propuesta plantea un hacer reflexivo, crítico y situado que esté en sintonía con las motivaciones de los estudiantes y habilite posibilidades de trabajo creativo, colaborativo y cooperativo. A partir de este enfoque se pueden generar espacios de diálogo donde las ideas y soluciones se comparten y, a la vez, se reelaboran en base a una mirada y a una participación efectiva más amplia. De esta manera, se refuerza el aprendizaje entre pares mientras que el docente, a su vez, toma un rol de acompañante crítico en el desarrollo de los saberes y habilidades de los estudiantes.

Sin embargo, la propuesta y el marco teórico por sí solos no aseguran aprendizajes significativos. Para que estos sucedan, se necesitan docentes comprometidos, reflexivos y críticos. Además, se requieren espacios de experimentación y reflexión compartida. Las estrategias que permiten articular nuestra propuesta con un perfeccionamiento docente pueden darse a partir de diferentes enfoques:

- Un enfoque autodidacta donde el docente, a partir de su necesidad de crecimiento profesional, se proponga poner a prueba las prácticas planteadas en el aula. En tal caso, recomendamos enfáticamente participar en redes con colegas que lleven adelante propuestas afines y puedan compartir experiencias y aprendizajes enriquecedores.
- Otra posibilidad es que este material forme parte de cursos de capacitación. En este sentido, recomendamos intentar llevar a cabo las ideas propuestas pero sin perder de vista la necesidad de experimentar en aula. De alguna manera, ese es el espíritu de estos materiales. Se trata de mantener una relación constante entre el hacer y la reflexión.
- Finalmente, esta propuesta puede darse como parte de un proyecto institucional de mejoramiento de las prácticas del espacio taller en las escuelas secundarias técnicas. En tal caso, recomendamos que la tarea no se lleve a cabo de forma aislada con los docentes sino que estos participen activamente en un grupo que reflexione sobre lo trabajado.

Cualquiera sea el motivo o la consecuencia por la cual el docente haya accedido a este material, se debe tener en cuenta que tampoco esta propuesta didáctica debe ser tomada como una receta. Por el contrario, se presenta como un posible punto de partida para adoptar críticamente nuevos elementos con el objetivo de mejorar la enseñanza y el aprendizaje de los jóvenes.

Cómo aprenden los niños

Enseñar y aprender son dos tareas complejas, para nada repetitivas ni mecánicas, que integran diversas áreas, principalmente de la psicología del desarrollo y de la educación. Aprendemos en sociedad, es decir de nuestro entorno, con nuestros padres, hermanos, amigos, compañeros y otros adultos. Somos personas activas que construimos conocimiento a lo largo de toda nuestra experiencia de vida. El objetivo central de la educación es formar ciudadanos libres y críticos que puedan intervenir su propio mundo. Así, la escuela tiene la misión doble de formar ciudadanos empoderados y libres pero, además, acompañarlos para que puedan vivir y desarrollarse plenamente en sociedad, construyendo el espacio común y su cultura.

En este contexto, se presenta aquí una compilación de principios que resumen resultados de investigaciones recientes y relevantes sobre el aprendizaje. La idea es solamente recordar cuáles son las bases del aprendizaje de nuestros niños y jóvenes. En tiempos donde la sociedad reclama cambios educativos urgentes, es necesario tomar distancia, reflexionar y volver a los referentes educativos para repensar las prácticas. También vale recordar que en educación, la “tecnología base” son las formas pedagógicas y su didáctica asociada. Luego, sobre ella, vendrán otros recursos que ayudarán a enriquecer las prácticas de nuestro currículo.

Los principios del aprendizaje que se presentan fueron compilados originalmente por la profesora Stella Vosniadou (2001). Su abordaje intenta centrarse más en el estudiante que en el profesor, tratando de relacionar la institución educativa con el entorno y con situaciones de la vida real.

1. *Participación activa: el aprendizaje requiere la participación activa y constructiva del estudiante*

El estudiante debe prestar atención, observar, reflexionar, comprender, memorizar, establecer metas y asumir responsabilidades en relación a su propio aprendizaje. En función de lograr aprendizajes significativos, las actividades cognitivas descritas requieren de su participación activa y de su compromiso. A su vez, los profesores tienen la responsabilidad de ayudar a los estudiantes a ser activos, a estar motivados y a orientar sus metas de aprendizaje. Sobre todo deben transmitir la pasión por explorar,

analizar críticamente situaciones, resolver problemas, entender e intervenir las cosas y ser creadores.

Para que las metas anteriores sucedan en el aula es necesario realizar una serie de intervenciones: a) crear un ambiente de aprendizaje interesante y desafiante para el estudiante; b) evitar aquellos momentos donde los estudiantes son oyentes pasivos durante un largo período de tiempo; c) promocionar actividades que generen espacios dinámicos de intercambio (experimentos, proyectos, debates); d) promover prácticas donde los estudiantes tomen parte del control sobre su propio aprendizaje, y que dichas prácticas incorporen sus intereses y motivaciones.

2. **Participación social:** *el aprendizaje es en esencia una actividad social y para que este ocurra es fundamental que el estudiante participe en la vida social de la escuela*

Hay consenso en relación a que la participación social es la principal actividad a través de la cual ocurre el aprendizaje. Vigotsky planteó que los niños aprenden haciendo suyas actividades, hábitos, vocabulario e ideas de los miembros de la comunidad en la que crecen.

En este sentido, el aula debe alentar la participación social en función de lograr aprendizajes ricos y significativos. Algunos elementos pueden ser: a) el trabajo en grupos, ya sea en modo colaborativo o cooperativo; b) aprender a compartir todo tipo de recursos (tangibles y no tangibles); c) diseñar clases que incluyan espacios de interacción en el grupo escolar; d) vincular de manera constante a la institución educativa con su contexto, con el espacio geográfico en el que está inserta. De esta manera, parte del comprender y del hacer se tornan críticos, es decir situados.

3. **Actividades significativas:** *las personas aprenden mejor cuando participan en actividades que perciben como útiles en la vida cotidiana y que culturalmente son relevantes*

El hacer crítico o situado es un recurso educativo de suma importancia. Por un lado, conecta a los estudiantes con situaciones o problemas conocidos. Por otro, canaliza la energía invertida en el aprendizaje para tratar de habitar esos problemas y aportar claridad en torno de ellos. Es una puesta en valor del concepto de Paulo Freire, “todos aprenden de todos”. Así, el aprendizaje se enriquece con lo diverso, lo heterogéneo.

Al estar situadas en un contexto real y conocido por los estudiantes, las actividades del aula se vuelven significativas, son tomadas como propias y generalmente están en línea con los intereses o preocupaciones de los estudiantes. Por otra parte, la escuela deja de serles ajena, está vinculada con su cultura y con su forma de ser. Se establece un puente permanente entre la institución y el territorio en el que está situada.

4. **Relacionar nueva información con conocimiento previo:** *el nuevo conocimiento es construido sobre las bases de lo que ya se entiende y se cree*

No es posible comprender o aprender algo que es completamente extraño. Aprendemos cosas a partir de la habilidad de relacionar nueva información con conocimiento previo. En toda actividad de aprendizaje se debe activar parte del conocimiento previo para comprender lo nuevo. Cuando enseña, el profesor tiene que tratar de que los estudiantes establezcan relaciones entre lo que se les presenta y lo que ya saben.

5. **Uso de estrategias:** *el empleo de estrategias efectivas y flexibles ayuda al estudiante a entender, razonar, memorizar y resolver problemas*

Las personas desarrollan estrategias de ayuda a sí mismas desde una edad temprana (un caso es generar cantos repetitivos para recordar cosas). En la escuela necesitan la ayuda de sus profesores para desarrollar nuevas estrategias de aprendizaje: por ejemplo, para comprender lo que leen, para entender y resolver problemas, o para verificar una determinada información.

Es necesario que los profesores apoyen a sus estudiantes aportando nuevas estrategias de aprendizaje, está demostrado que el resultado es muy bueno. Su enseñanza puede hacerse de forma directa o indirecta. Por ejemplo, a partir de brindarles procesos modelo o juegos de preguntas claves, aunque a menudo es mejor que las mismas surjan de su propia conciencia.

6. **Autorregulación y reflexión:** *los estudiantes deben saber cómo planificar y controlar su aprendizaje, determinar sus propias metas y corregir los errores*

La autorregulación del estudiante es una habilidad que contribuye a monitorear su propio aprendizaje y se basa en detectar y enmendar los propios errores. Su aplicación implica el desarrollo de estrategias que ayuden al estudiante a evaluar su aprendizaje, verificar su comprensión y corregir equivocaciones.

Se recomienda que los profesores colaboren con sus estudiantes en la autorregulación a partir de: planificar la resolución de problemas; la lectura comprensiva y el diseño de experiencias; brindar herramientas para que los estudiantes autoevalúen sus actividades. En este sentido, aportar el hábito de las preguntas (no simples) puede ser una estrategia sumamente valiosa.

7. **Reestructurar el conocimiento previo:** *algunas veces el conocimiento previo puede obstaculizar el aprendizaje nuevo; los estudiantes deben aprender a resolver las inconsistencias internas y, cuando es necesario, reestructurar los conceptos preexistentes*

En la planificación de la enseñanza, hay ocasiones en las que algún conocimiento previo se opone a la comprensión de nueva información. Ciertas costumbres y creencias suelen dificultar el aprendizaje.

Los profesores deben facilitar la comprensión de información válida frente a la mala información (desinformación), las creencias o intuiciones. En este sentido se recomienda estar atentos a las creencias previas, así se pueden anticipar conflictos en el aprendizaje; planificar actividades donde las creencias y explicaciones alternativas puedan ser visibilizadas y luego trabajadas; completar la exposición de ciertos temas con observaciones y experimentos que ayuden a que los estudiantes comprueben por sí mismos la realidad y así confronten sus creencias.

8. **Comprender, más que memorizar:** *se aprende mejor cuando el material está organizado alrededor de explicaciones de principios generales que cuando se basa en la memorización de procedimientos y hechos aislados*

Cuando la información es memorizada, se olvida con facilidad. La comprensión de las cosas es clave en la construcción de conocimientos, ya que estos se vuelven algo permanente y pueden ser transferidos a otras situaciones.

La reflexión y la problematización de situaciones ayudan a la comprensión, logrando que los estudiantes se impliquen en el trabajo. En ciertas ocasiones resulta útil que los estudiantes describan con sus propias palabras una situación o un concepto; también, solicitarles que vinculen diferentes conceptos y den ejemplos propios. Las actividades donde los estudiantes comparan, contrastan, perciben semejanzas y diferencias son de gran ayuda para la comprensión.

9. **Aprender a transferir:** *el aprendizaje se torna más significativo cuando las lecciones se aplican a situaciones de la vida cotidiana*

Una práctica de la enseñanza situada en el contexto real donde se desarrollan los estudiantes (su mundo) ayuda a hacer propios los aprendizajes y los enriquece. Esta situación permite tender puentes entre el aula y la vida diaria. Conectar lo que ven en la escuela con su cotidianeidad les da a los estudiantes nuevos y valiosos recursos para comprender.

En este sentido, es importante que los profesores ayuden a aplicar lo que se aprende; a abstraer principios generales a partir de ejemplos; en definitiva, como ya se dijo, a comprender más que a memorizar.

10. **Dar tiempo para la práctica:** *aprender es una tarea cognitiva compleja que no puede ser apresurada, requiere un tiempo considerable y períodos de práctica para comenzar a construir experiencia en el área*

Saber, conocer, hacer y actuar sobre algo específico no es algo instantáneo que salga de una lectura y un par de ejercicios. Se ha demostrado que las habilidades en lectura y escritura de los estudiantes están relacionadas con las horas que dedican a leer y escribir.

Ser fluido en el manejo de algo lleva tiempo, por eso se recomienda que los profesores incrementen los lapsos que los estudiantes dedican al aprendizaje en el salón de clases (menos exposición y más hacer personal y en grupo). Es necesario que las actividades nuevas tengan relación con lo que ya conocen; que los temas de una clase no sean demasiado amplios, es decir que se centren más que se dispersen; también es necesario contemplar mecanismos que faciliten la autorregulación del estudio y que promuevan la lectura comprensiva y la comunicación escrita.

11. Diferencias de desarrollo: *los niños aprenden mejor cuando sus diferencias individuales son tomadas en cuenta*

Se ha demostrado que existen diferencias importantes de desarrollo en el aprendizaje. A medida que el niño madura, va estructurando nuevas formas de representación del mundo y también transforma los procesos y estrategias que usa para manipular estas representaciones. Según teóricos como Howard Gardner (2003), existen múltiples dimensiones de la inteligencia que van más allá de las tradicionales, relacionadas con la lógica y la lingüística. La escuela debe tener en cuenta tales diferencias individuales en pos de mejorar las trayectorias de los estudiantes.

En el aula se pueden reconocer las capacidades individuales a partir de: a) conocer y valorar los conocimientos, estrategias y modos de aprendizaje de los estudiantes; b) brindar un amplio espectro de recursos didácticos y actividades que estén en función de desarrollar las distintas dimensiones de la inteligencia humana; c) planificar actividades que estimulen el pensamiento del estudiante a partir de la necesidad de habitar problemas (lo ideal es que tengan relación con parte de su vida, con su contexto) y ayudarlo a resolverlos.

12. Estudiantes motivados: *el aprendizaje está fuertemente influido por la motivación del estudiante, la conducta y las afirmaciones de los profesores pueden impulsarlos hacia el estudio*

Cuando un estudiante está motivado, se observa que tiene metas claras de aprendizaje y realiza esfuerzos notorios por realizarlas. Además demuestra persistencia y supera los errores que encuentra en el camino, los cuales también coadyuvan al aprendizaje. Desde el campo de la psicología se distinguen dos tipos de motivación: la extrínseca y la intrínseca. La primera está en función de recompensas para incrementar la frecuencia de la conducta deseada (felicitaciones, premios, notas nuevas, etc.). La segunda

se da cuando el estudiante participa activamente en las actividades sin requerir un reconocimiento externo

A los efectos de promover la motivación en clase, se presentan algunas ideas: a) reconocer logros y tratar de atribuirlos a factores internos; b) desarrollar la autovaloración de los estudiantes, que crean en sí mismos y en sus fuerzas; c) ayudar a que sus metas sean realistas, así se prevendrán posibles frustraciones; d) valorar la cooperación por sobre la competencia en las actividades planificadas; e) que los retos de las tareas sean graduales y acordes a las posibilidades, es decir que se mantenga un grado de dificultad que no haga imposible realizar los proyectos.

Bibliografía

Ackermann, Edith K.

2010 “Constructivismo(s): raíces compartidas, caminos cruzados, múltiples legados”. <http://wiki.laptop.org/images/3/39/Constructivism_PP_Ackermann_ESPANOL.pdf> [consulta: 9 de agosto de 2019]

Andreessen, Marc

2011 “Why Software Is Eating the World”, en *The Wall Street Journal*, 20 de agosto. <<https://goo.gl/qNHvU7>> [consulta: 11 de junio de 2016]

Aparici, Roberto

2009 “Pedagogía digital”, en *Educação & Linguagem*, vol. 12, nº 19, pp. 80-94.

Badilla, Eleonora y Chacón, Alejandra

2004 “Construccionismo: objetos para pensar, entidades públicas y micromundos”, en *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, vol. 4, nº 1, San Pedro Montes de Oca, Universidad de Costa Rica, enero-junio. <<http://www.redalyc.org/pdf/447/44740104.pdf>> [consulta: 2 de septiembre de 2019]

Baricco, Alessandro

2008 *Los bárbaros. Ensayo sobre la mutación*, Madrid, Anagrama.

Blikstein, Paulo

2013 “Digital Fabrication and ‘Making’ in Education: The Democratization of Invention”, en Walter-Herrmann, Julia y Büching, Corinne (eds.), *FabLab: Of Machines, Makers and Inventors*, Bielefeld, Transcript, pp. 203-221.

Borelli, Javier

2015 “La crisis de la escuela y el impacto de las tecnologías en la educación”, en *Tiempo Argentino*, 9 de marzo. <<http://www.infonews.com/nota/189169/la-tesis-de-la-escuela-el-y-impacto-de>> [consulta: 2 de septiembre de 2019]

Bullock, Shawn

2015 “What is Maker Pedagogy? Some Early Thoughts...”, en *Maker Pedagogy*, 11 de mayo. <<http://makerpedagogy.org/en/what-is-maker-pedagogy-some-early-thoughts/>> [consulta: 5 de septiembre de 2019]

Carpenter, Edmund y McLuhan, Marshall

1968 *El aula sin muros*, Barcelona, Cultura Popular.

Castells, Manuel

1998 *La era de la información: Economía, sociedad y cultura. Vol. 1. La sociedad red*, Madrid, Alianza Editorial.

Dewey, John

2004 *Experiencia y educación*, Madrid, Biblioteca Nueva.

Dougherty, Dale

2013 “The Maker Mindset”, en Honey, Margaret y Kanter, David E. (eds.), *Design, Make, Play: Growing the Next Generation of STEM Innovators*, Nueva York, Routledge, pp. 7-11.

Echeverría, Javier

2000 “Escuelas, tecnologías y tercer entorno”, en *Kikiriki. Cooperación educativa*, n° 58, pp. 43-47.

2001 “Educación y sociedad de la información”, en *Revista de Investigación Educativa*, vol. 19, n° 2, pp. 277-289.

Eco, Umberto

2007 “¿De qué sirve el profesor?”, en *La Nación*, 21 de mayo. <<https://www.lanacion.com.ar/opinion/de-que-sirve-el-profesor-nid910427>> [consulta: 27 de junio de 2019]

Eisenberg, Michael

2002 “Output Devices, Computation, and the Future of Mathematical Crafts”, en *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, vol. 7, n° 1, junio, pp. 1-43.

Eisenberg, Michael y Buechley, Leah

2008 “Pervasive Fabrication: Making Construction Ubiquitous in Education”, en *Journal of Software*, vol. 3, n° 4, pp. 62-68.

Flecha, Ramón

2009 “Cambio, inclusión y calidad en las comunidades de aprendizaje”, en *Cultura y Educación. Revista de teoría, investigación y práctica*, vol. 21, n° 2, pp. 157-170.

Flórez, Rafael

1999 *Evaluación pedagógica y cognición*, Bogotá, Mc Graw Hill.

Freinet, Célestin

1996 *Técnicas Freinet de la escuela moderna*, México, Siglo Veintiuno.

Freire, Paulo

1969 *La educación como práctica de la libertad*, Buenos Aires, Siglo Veintiuno.

1994 *Pedagogía del oprimido*, Buenos Aires, Siglo Veintiuno.

Gardner, Howard

2003 *Inteligencias múltiples. La teoría en la práctica*, Buenos Aires, Paidós.

Giroux, Henry A.

2001 *Cultura, política y práctica educativa*, Barcelona, Graó.

Gurstein, Michael

2003 “Effective Use: A Community Information Strategy Beyond the Digital Divide”, en *First Monday*, vol. 8, n° 12, diciembre. <<https://firstmonday.org/article/view/1107/1027>> [2 de julio de 2019]

Himanen, Pekka

2002 *La ética del hacker y el espíritu de la era de la información*, Barcelona, Destino.

Johnson, Larry et al.

2015 *NMC Horizon Report: 2015 K-12 Edition*, Austin, The New Media Consortium. <cdn.nmc.org/media/2015-nmc-horizon-report-k12-EN.pdf> [12 de agosto de 2018]

Kaplún, Mario

1998 *Una pedagogía de la comunicación*, Madrid, Ediciones de la Torre.

Lanier, Jaron

2012 *Contra el rebaño digital: un manifiesto*, Barcelona, Debate.

Libow Martínez, Sylvia y Stager, Gary

2013 *Invent to Learn. Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom*, Torrance, Constructing Modern Knowledge Press.

Manovich, Lev

2013 *El software toma el mando*, Barcelona, UOC Press.

Martín-Barbero, Jesús.

2003 “Saberes hoy: diseminaciones, competencias y transversalidades”, en *Revista Iberoamericana de Educación (OEI)*, n° 32, Madrid, mayo-agosto.

Meirieu, Philippe

1998 *Frankenstein educador*, Barcelona, Laertes.

2016 *Recuperar la pedagogía. De lugares comunes a conceptos claves*, Buenos Aires, Paidós.

Papert, Seymour

1980 *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*, Nueva York, Basic Books.

1991 “Preface: Situating Constructionism”, en *íd.*, *Constructionism: Research, Reports and Essays (1985-1990)*, Norwood, Ablex, pp. 1-11.

1996 *The Connected Family: Bridging the Digital Generation Gap*, Atlanta, Longstreet.

Papert, Seymour y Franz, George

1988 “Computer as Material: Messing About with Time”, en *Teachers College Record*, vol. 89, n° 3.

Papert, Seymour y Solomon, Cynthia

1971 “Twenty Things to do with a Computer Artificial Intelligence”, memo n° 248, Cambridge, Massachusetts Institute of Technology.

Project Zero (Harvard Graduate School of Education)

2015 “Maker-Centered Learning and the Development of the Self. Preliminary Findings of the Agency”. <http://www.pz.harvard.edu/sites/default/files/Maker-Centered-Learning-and-the-Development-of-Self_AbD_Jan-2015.pdf> [12 de agosto de 2019]

Resnick, Mitchel

2001 “Closing the Fluency Gap”, en *Communications of the ACM*, vol. 44, n° 3, marzo, pp. 144-145. <web.media.mit.edu/~mres/papers/closing-fluency-gap.pdf> [24 de enero de 2018]

2002 “Rethinking Learning in the Digital Age”, en Kirman, Geoffrey S. *et al.*, *The Global Information Technology Report 2001-2002. Readiness for the Networked World*, Nueva York, Oxford University Press, pp. 32-37.

2017 *Lifelong Kindergarten. Cultivating Creativity through Projects, Passion, Peers, and Play*, Cambridge, MIT Press.

Rheingold, Howard

2011 “Mitch Resnick: The Role of Making, Tinkering, Remixing in Next-Generation Learning”, en *Connected Learning*, 3 de septiembre. <<https://clalliance.org/blog/mitch-resnick-the-role-of-making-tinkering-remixing-in-next-generation-learning/>> [9 de agosto de 2019]

2014 *The Peeragogy Handbook. A Guide for Peer-Learning and Peer Production*, Arlington, Pierce Press.

Ricaurte, Paola

2013 “Pedagogía de pares”, en Aranda, Daniel; Creus, Amalia y Sánchez Navarro, Jordi (eds.), *Educación, medios digitales y cultura de la participación*, Barcelona, UOC Press, s/p.

Rincón, Reyes y Pérez-Lanzac, Carmen

2009 “Tu ‘extimidad’ contra mi intimidad”, en *El País*, Madrid, 24 de marzo. <http://elpais.com/diario/2009/03/24/sociedad/1237849201_850215.html> [2 de septiembre de 2019]

Rowe, Peter

1987 *Design thinking*, Cambridge, MIT Press.

Stager, Gary

2006 “An Investigation of Constructionism in the Maine Youth Center”, disertación de doctorado, University of Melbourne.

2014 “What’s the Maker Movement and Why Should I Care?”, en *Scholastic*. <<http://www.scholastic.com/browse/article.jsp?id=3758336>> [9 de agosto de 2019]

Veiga, Leonardo

2010 “Es el Plan Ceibal y el corporativismo en la educación”, en *Revista de Antiguos Alumnos del IEEM*, Montevideo, Universidad de Montevideo, febrero, pp. 43-48. <<https://digital.fundacionceibal.edu.uy/jspui/handle/123456789/152>> [9 de agosto de 2019]

Vosniadou, Stella

2001 *Cómo aprenden los niños*, México, Academia Internacional de Educación de la Unesco, Oficina Internacional de Educación.

Weller, Martin

2011 “A pedagogy of abundance”, en *Revista Española de Pedagogía*, año LXIX, nº 249, pp. 223-236.

2011b *The Digital Scholar: How Technology Is Transforming Scholarly Practice*, Basingstoke, Bloomsbury Academic.

Westbrook, Robert B.

1993 “John Dewey (1859-1952)”, en *Perspectivas. Revista trimestral de educación comparada*, vol. XXIII, nº 1-2, París, Unesco, pp. 289-305.

Wing, Jeannette

2006 “Computational thinking”, en *Communications of the ACM*, vol. 49, nº 3, pp. 33-35. <<https://www.cs.cmu.edu/~15110-s13/Wing06-ct.pdf>> [consulta: 27 de junio de 2019]

Zavala Vidiella, Antoni

2000 *La práctica educativa. Cómo enseñar*, Barcelona, Graó.

Créditos de imágenes

Capítulo 3

Modelo del "Espiral del aprendizaje creativo":

<http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/ScratchResnickCreatividad>

Práctica 1

Foto de un led:

<https://www.flickr.com/photos/snazzyguy/4149945837/>

Foto de una resistencia:

<https://www.flickr.com/photos/snazzyguy/9392280478/>

Foto de un protoboard:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Protoboard_Unitec.jpg

Práctica 2

Imagen de un fotorresistor:

<https://www.flickr.com/photos/snazzyguy/4149946483/>

Práctica 3

Sensor de ultrasonido hc-sr04:

<https://www.sparkfun.com/products/15569>

Práctica 4

Servomotor SG-90:

<http://www.towerpro.com.tw/>

Práctica 5

Sensor de temperatura:

<https://www.flickr.com/photos/snazzyguy/3752464496/in/photostream/>

Sobre los autores

FERNANDO RAÚL ALFREDO BORDIGNON es profesor asociado ordinario del departamento de Tecnología en la Universidad Pedagógica Nacional (UNIPE), donde también dirige el proyecto “Saberes Digitales”. Su formación inicial fue en Ciencias de la Computación, con especialización en redes de datos. Más tarde obtuvo un doctorado en Educación y Comunicación en entornos digitales. En la actualidad participa en proyectos de trabajo en el Observatorio Interuniversitario de Sociedad, Tecnología y Educación, donde investiga sobre los saberes tecnosociales de los adolescentes y de los jóvenes universitarios. También participa en investigaciones y diseño de materiales para el desarrollo del pensamiento computacional en la educación básica. Ha publicado, en esta misma colección, los libros *Diseño y construcción de objetos interactivos digitales* (2015) y *Diseño e impresión de objetos 3D: una guía de apoyo a escuelas* (2018).

ALEJANDRO ADRIÁN IGLESIAS es licenciado en Sistemas de Información por la Universidad Nacional de Luján (UNLu) y jefe de trabajos prácticos del departamento de Tecnología en la Universidad Pedagógica Nacional (UNIPE), donde también colabora con el proyecto “Saberes Digitales”. Actualmente trabaja en el diseño y la realización de materiales para el desarrollo del pensamiento computacional en la educación básica. Es autor de *iQuiero hacer un videojuego!* (2016) y coautor de *Diseño y construcción de objetos interactivos digitales* (2015) y *Diseño e impresión de objetos 3D: una guía de apoyo a escuelas* (2018).

ÁNGELA HAHN es analista de Sistemas egresada de la Universidad Nacional de Luján (UNLu). Se desempeña como docente del área de programación en escuelas secundarias técnicas de la Provincia de Buenos Aires. Dirige el Centro de Información e Investigación Educativa en el distrito bonaerense de Escobar y es referente pedagógico del postítulo de saberes digitales del Programa EnFoCo ETP del Instituto Nacional de Educación Técnica (INET) del Ministerio de Educación de la Nación. Es coautora de *Diseño e impresión de objetos 3D: una guía de apoyo a escuelas* (2018), publicado en esta misma colección.

Computación física. El trabajo con objetos digitales interactivos en el aula invita a experimentar en la escuela con la “arcilla tecnológica” que conforma los cimientos del mundo actual. Con ello, los autores se refieren a crear artefactos capaces de realizar acciones sobre su entorno gracias a un software, una configuración electrónica y un conjunto de partes mecánicas. Aunque el recorrido de este libro abarca ámbitos como la programación, la robótica o las telecomunicaciones, la propuesta es alentar un “hacer digital crítico” que atraviese diversas disciplinas. La tecnología, más que una finalidad, pasa a ser un medio para que los estudiantes logren autonomía y puedan cubrir las necesidades de sus comunidades.

Este libro no contiene recetas. Si bien trae guías de trabajo para los docentes que quieran incorporar estas herramientas, la idea es que cada uno experimente, se equivoque, intercambie experiencias con sus pares y “aprenda haciendo”. En el entorno escolar que proponen los autores, el profesor deja de tener todas las respuestas. Son los alumnos quienes eligen proyectos que los movilizan y buscan de forma colectiva las soluciones a cada reto. Un rasgo esencial de este libro es que se basa en experiencias de trabajo real en escuelas públicas argentinas. Por eso, contempla desafíos estructurales o de currícula y, además, ofrece un marco teórico en el que pensadores clásicos como Paulo Freire o John Dewey confluyen con las tecnologías del siglo XXI.

ISBN 978-987-3805-50-9

