



HACIA LA MOTIVACIÓN DE LOS FUTUROS INGENIEROS MEDIANTE EL USO ADECUADO DE LA TECNOLOGÍA EN EL AULA ESCOLAR

Diego Méndez Chaves, Fredy Ruiz Palacios

Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia

Resumen

Este trabajo presenta un estudio cualitativo del estado actual de la educación en los colegios del distrito capital de Bogotá, en aspectos relacionados con el uso de tecnología en el aula. A través del proyecto C4, liderado por el Centro Ático y la Secretaría Distrital de Educación, se ha hecho un importante levantamiento de información y un seguimiento a los colegios con los proyectos más relevantes que hacen uso de tecnología en el aula. El artículo no solamente hace un análisis de estos proyectos, sino también presenta un conjunto detallado de recomendaciones hacia el uso adecuado de la tecnología, para llegar a motivar a los futuros ingenieros de manera temprana.

Palabras clave: tecnología; aula; electrónica

Abstract

This document presents a qualitative study of the current state of the elementary education in the capital district of Bogota, considering aspects associated to the usage of technology in the classroom. The C4 project, led by Centro Atico and the District Secretary for Education, has collected an important amount of information regarding schools with extracurricular technology-based projects. This paper not only analyzes these projects, but also proposes a set of recommendations towards the appropriate use of technology in the classroom, with the goal of motivating our future engineers during an early stage.

Keywords: technology; classroom; electronics

1. El Proyecto C4

Colombia ha hecho esfuerzos para superar el rezago en materia de tecnología y de conectividad y ha buscado la vinculación de las entidades públicas en el uso de herramientas tecnológicas. Reflejo de esta realidad son los programas de Internet Social de Compartel, iniciado en 2004; o el programa Vive Digital, que integró las iniciativas del gobierno Santos (2010-2014): *“El plan Vive Digital hará que Colombia dé un gran salto tecnológico mediante la masificación del uso de Internet. Con la revolución tecnológica, impulsaremos la Prosperidad Democrática”*. Es así como para el gobierno nacional resulta indispensable implementar el desarrollo tecnológico, incluida el uso masivo de internet, como estrategia para articular todo el plan de desarrollo identificado como “Prosperidad Democrática”. De la misma forma a nivel distrital también se han promovido iniciativas hacia el uso de tecnologías como parte de los procesos de enseñanza y aprendizaje

Sin embargo, se debe propender también por garantizar el acceso a los diferentes segmentos de la población. En los reportes al finalizar el gobierno Uribe (2010), el 80% de los usuarios conectados a la red en Colombia se encuentran fundamentalmente en Bogotá, Medellín y Cali; un 11% en el Eje Cafetero, y un 9% está disperso en el territorio nacional. Situaciones como esta pueden conducir a que la formación previa y el acceso a carreras de base tecnológica y científica estarían limitados a solo una parte de la población nacional.

Tal como sucede en Colombia y en gran parte del mundo, muchos de los contenidos que se deberán enseñar a las nuevas generaciones son los mismos de hace medio siglo, pero la forma en que estos contenidos se hacen realidad en la vida cotidiana de esos nuevos individuos requiere una aproximación que se reajusta en periodos muy cortos. Esta realidad es tan sólo una de las consecuencias del impacto del desarrollo tecnológico del hombre en la formación de las nuevas generaciones.

Este artículo pretende hacer un breve análisis del estado de la educación a nivel del distrito de Bogotá, utilizando información recolectada a través del proyecto C4, liderado por el Centro Ático de la Pontificia Universidad Javeriana y promovido por la Secretaría Distrital de Educación de Bogotá¹. El proyecto C4 (Ciencia y Tecnología para Crear, Colaborar y Compartir) ha fortalecido y visibilizado los proyectos, procesos, iniciativas, redes de información y experiencias en ciencia, tecnología y medios educativos, que se desarrollan actualmente por docentes, estudiantes y directivos en los colegios distritales de Bogotá. El análisis se enfocará en los colegios que lideren proyectos relacionados con el uso de tecnología, principalmente electrónica y robótica. Inicialmente presentaremos una visión actual y global del estado de estos proyectos, para luego generar un conjunto de recomendaciones a corto y mediano plazo.

1 Proyecto C4. Página web: <http://www.c4cienciaytecnologia.com.co/>

2. El Uso Actual de la Tecnología en el Aula

De toda la información recolectada de casi 400 colegios distritales, se seleccionaron alrededor de 10 proyectos que pretenden reforzar e incorporar conceptos asociados a la electrónica y la robótica. Este diagnóstico se ha generado utilizando información recolectada por talleristas del proyecto C4 quienes trabajaron directamente en estos proyectos de base tecnológica, como parte de un primer proceso de acompañamiento y asesoría. Adicionalmente se tuvieron sesiones magistrales donde docentes del distrito presentaban el estado de sus proyectos, incluyendo los logros alcanzados, así como las dificultades y limitaciones para continuar.

Considerando esta información, se clasifican los diferentes problemas en 4 grandes áreas: Infraestructura (hardware y software); Alfabetización Digital; Difusión de Resultados; y Estructura Organizacional. Cada uno de estas áreas se analiza con más detalle a continuación.

2.1 Infraestructura: Hardware y Software

En la mayor parte de las instituciones se hace evidente una gran limitación en la infraestructura disponible para llevar a cabo estos proyectos, muchos de los cuales se desarrollan gracias al liderazgo, esfuerzo y aporte de los mismos docentes y alumnos interesados. Estas limitaciones se presentan tanto a nivel hardware (plataformas, equipos, laboratorios, etc.) así como a nivel software (sistemas operativos, aplicaciones, entornos de programación, etc.).

A nivel hardware se cuenta con muy pocas plataformas de desarrollo para microcontroladores, dispositivos que son fundamentales si se desea desarrollar proyectos en electrónica y robótica. Aunque algunas instituciones han decidido desarrollar de ceros sus propias plataformas microcontroladas, este no necesariamente es el mejor camino. No obstante, también se requiere equipos de laboratorio, así como presupuesto para comprar dispositivos discretos electrónicos y materiales para la construcción mecánica de los prototipos. Es también cierto que en algunos casos puntuales existen plataformas disponibles, especialmente sistemas Lego Mindstorm o similares, que son subutilizadas por dos razones principales: los docentes deciden no usarlas ya que las reparaciones recaen en ellos y sus altos costos se hacen inmanejables; y por la larga curva de aprendizaje en el manejo de las mismas.

A nivel software también son evidentes las grandes limitaciones que se tienen en las instituciones distritales. El primer diagnóstico apunta en dos direcciones: Red P y el conocimiento propio de los docentes. Red P es la compañía que administra las plataformas computacionales de todas las instituciones educativas del distrito, y por lo tanto es quien decide que se puede o no instalar. Aunque en algunos casos controlan adecuadamente la instalación de programas sin licencias, es cierto que también limitan mucho el trabajo de los docentes al no permitir instalar software libre y/o el uso de plataformas de base web, como lo son Facebook y YouTube. Por otro lado, el conocimiento propio de los docentes no permite hacer una selección adecuada de las mejores herramientas software para el desarrollo de la electrónica y la robótica. El

poco conocimiento de herramientas abiertas y libres, que pueden ser usadas legalmente en el aula, condiciona fuertemente el desarrollo de estos proyectos.

2.2 Alfabetización Digital

Como es evidente, con la inclusión de nuevas tecnologías, asociadas a la electrónica y la robótica, se genera la necesidad de capacitar a los docentes que estarán a cargo de estos espacios. Dentro de lo encontrado, se reconoce que los docentes no tienen la formación adecuada en el uso de la tecnología (electrónica, robótica, sistemas, multimedia, etc.), por lo que se requiere una capacitación mínima al respecto. Aunque en algunos casos aislados existen alianzas con instituciones de formación superior para dirigir estas capacitaciones (la Pontificia Universidad Javeriana, como un caso puntual), no es un elemento generalizado ni formalizado dentro de estos programas extracurriculares. Resulta obvio que no exista en ninguna de estas instituciones un presupuesto asignado para posibles capacitaciones virtuales de los docentes (diplomados, workshops, etc.).

Aunque existe un caso puntual de una red de colegios (solo dos instituciones), no es una iniciativa generalizada. La creación de una red de colegios podría dar un gran impulso a estos proyectos, al menos a nivel distrital, incluso llegando a fomentar la auto-capacitación.

2.3 Difusión de los Proyectos

Aunque no necesariamente es un espacio formalizado dentro de las instituciones, muchas de éstas si están generando espacios de difusión de estos proyectos en tecnología. Anualmente, y en algunos casos semestralmente, se generan ferias tecnológicas donde los estudiantes tienen la oportunidad de presentar los resultados. Tanto los alumnos como los docentes tienen un espacio para socializar su trabajo y recibir el reconocimiento merecido por su trabajo. Los alumnos reconocen que estos espacios los motivan a continuar trabajando.

Estos espacios de difusión generan un gran impacto en la comunidad, ya que los mismos familiares pueden asistir, y ayudan a contextualizar los problemas de la comunidad. En algunos pocos casos, estos espacios de difusión se complementan con canales en Facebook y YouTube para ampliar la visibilidad. No obstante, esto último se hace difícil por los problemas antes mencionados con la administración de estas redes por parte de Red P.

2.4 Estructura Organizacional de los Colegios

Dentro de lo encontrado por el proyecto C4, se evidenció que la mayor parte de los colegios no tienen formalizados los espacios extracurriculares en electrónica y robótica. Aunque existen asignaturas en Tecnología, gran parte del trabajo hecho en estos proyectos se hace de manera informal y dirigida por los docentes sin seguir ninguna metodología específica. Normalmente se utiliza un Aprendizaje Basado en Proyectos

(ABP), pero no se tiene ninguna formalidad al respecto, en parte por la escasa formación docente en estos aspectos.

Actualmente, uno de los factores que no permite formalizar adecuadamente estos espacios, es que la métrica para dimensionar la carga de cada docente depende única y restrictivamente de la cantidad de estudiantes “atendidos”. Esto implica que el tiempo extra que se debe dedicar para poder planear, coordinar y liderar estos espacios, es parte del tiempo libre de los docentes, y por lo tanto no es reconocido dentro de la carga formal en la institución educativa. Por las mismas razones que estos espacios no están reconocidos formalmente, no existe un presupuesto asociado para estos proyectos en tecnología.

3. Recomendaciones para la incorporación de la tecnología en el aula

A continuación se presenta una serie de recomendaciones construidas a lo largo del proyecto C4 que buscan la integración de la tecnología en los procesos de enseñanza-aprendizaje buscando una mejora en los procesos educativos. Estas propuestas se enmarcan en una premisa, Educar *CON* tecnología, resaltando que el objetivo no es educar *EN* tecnología. Una aproximación “tecnocéntrica” como lo evidencia Harris et.al. (2009), limita la visión del proceso pedagógico, desligando la herramienta del contenido y del proceso pedagógico. La apropiación de las herramientas tecnológicas por parte de docentes y estudiantes es, sin embargo, un paso necesario para lograr una efectiva educación *CON* tecnología. Las recomendaciones parten del estado ideal al que se considera como meta alcanzable, y luego se desglosa en acciones puntuales.

3.1 Incorporación de la tecnología en el currículo

Aunque ya existe una componente curricular en tecnología, esta se enfoca en el instrumento (uso de la tecnología). Varios autores han propuestos modelos para incorporar la tecnología en el PCK (Pedagogical Content Knowledge) de los profesores (ver por ejemplo Niess (2005) o Mishra, Koehler (2006)), siempre con el objetivo de incorporar la tecnología como facilitador y potenciador del ejercicio formativo.

La capacitación de los docentes, la formulación y el desarrollo de proyectos basados en tecnología deben ser incorporados en la carga laboral del docente. Mientras estas iniciativas se desarrollen como actividades extracurriculares en un servicio de voluntariado del profesor, no es posible garantizar sostenibilidad. Es por esto que se debe: reconocer el tiempo para el diseño y desarrollo de proyectos apoyados en tecnología dentro del plan de trabajo del docente; garantizar una reducción en el número de horas cátedra del profesor; y permitir que los cursos de capacitación en tecnología que curse el docente cuenten en su carrera profesional.

Con respecto a “qué” enseñar, un aspecto fundamental es la formación en pensamiento algorítmico. Pero ¿Qué es pensamiento algorítmico? En general podemos definirlo como un conjunto de habilidades (skills) que incluyen (Knuth, D. E. (1985),

Futschek, G. (2006)): Analizar y definir un problema de forma precisa; Descomponer un problema en sub-tareas; Encontrar las acciones básicas que son adecuadas para realizar cada sub-tarea, entre ellas iteraciones, recursiones, organización de datos; Generalizar y considerar todos los posibles casos (normales y especiales) en la solución del problema; y resolver problemas mediante una aproximación Top-Down.

Es importante resaltar que el objetivo no es el lenguaje de programación sino el proceso, la metodología, la forma de enfrentar un problema, construir una solución y verificar su validez. Existe consenso en que el uso de pseudo-lenguajes es la mejor alternativa. Para abstraer la parte técnica de la implementación existen herramientas para la programación por bloques, programación gráfica, entre otros, siempre recordando que el lenguaje seleccionado es solo una herramienta. No obstante, no existe un consenso sobre el "cómo" enseñar pensamiento algorítmico. Algunos autores lo asocian con: el pensamiento creativo, aprendizaje basado en problemas o en proyectos, evaluación por pares, mejoramiento de soluciones existentes, entre muchas posibilidades probadas con algún éxito.

Por último, es importante recordar que el desarrollo de estas habilidades no es un proceso lineal, por lo que el proceso de evaluación se hace muy complicado siguiendo métodos tradicionales mediante exámenes escritos de tiempo limitado. Es necesario desligarse de estos métodos tradicionales y probar nuevas alternativas de evaluación, basadas en resultados de proyectos desarrollados durante semana o meses, siguiendo un proceso iterativo natural. Estos son algunos ejemplos de currículos y planes de trabajo sobre la enseñanza del pensamiento algorítmico: CS unplugged (http://csunplugged.org/sites/default/files/books/CS_Unplugged-es-12.2008.pdf), Berkeley Foundation for Opportunities in Information Technology <http://www.bfoit.org/itp/>, y IEEE Try Computing <http://trycomputing.org/inspire>.

Otra dimensión de la incorporación de la tecnología en el aula es su uso como facilitador en la enseñanza de las ciencias. Entre las iniciativas más exitosas se encuentran:

- Herramientas de simulación para la comprensión de fenómenos físicos. La simulación por computador permite que los estudiantes observen y experimenten con fenómenos naturales como vibraciones, reacciones químicas, propagación de ondas. Ejemplos de proyectos que ofrecen este tipo de simuladores son: The NSTA learning Center (<http://learningcenter.nsta.org/default.aspx>), PhET Interactive Simulations (<https://phet.colorado.edu/es/>), y WISE v4 (<https://wise.berkeley.edu/webapp/index.html>).
- Manipuladores virtuales para la comprensión de la matemática. El uso de computadores permite que conceptos abstractos como polinomios o fracciones numéricas puedan ser visualizados y manipulados por los estudiantes permitiéndoles afianzar los conceptos. Un ejemplo de este tipo de simuladores es la Biblioteca Nacional de Manipuladores Virtuales <http://nlvm.usu.edu/es/nav/vlibrary.html>
- Herramientas tipo hoja de cálculo en análisis de datos y experimentos. Las hojas de cálculo brindan la posibilidad de manejar grandes cantidades de datos, obtener estadísticos, realizar gráficas, entre otros. Estas utilidades pueden mediar en

procesos de aprendizaje en las áreas de matemáticas, estadística y ciencias. Un ejemplo es el caso de Costa Rica <http://www.reformamatematica.net/proyecto/>

3.2 apropiación de la tecnología

Aunque educar EN tecnología no debe ser el objetivo principal de la política, para incorporar la tecnología en las prácticas pedagógicas es necesario contar con un mínimo de dominio sobre esta. A esto se le llama *alfabetización digital*. Es fundamental que sean los docentes quienes se apropien de los recursos tecnológicos que pueden facilitar su trabajo docente. Herramientas computacionales como la ofimática (procesadores de texto, hojas de cálculo, bases de datos) brindan al docente herramientas en su quehacer más allá del uso instrumental. Por ejemplo la administración de notas, envío de correos masivos, análisis de evolución de notas de los estudiantes, entre muchas otras. Además, la única manera de que el docente sea capaz de dar sentido al uso de la herramienta en el aula cuando la enseña al estudiante, es que él mismo la tenga apropiada en su vida diaria.

Para lograr una capacitación mínima de los docentes es posible apoyar la iniciativa en proyecto sociales desde las Universidades. Este puede ser un recurso económico, sin embargo pueden acarrear desestímulo para los docentes dado que en ocasiones son procesos de baja continuidad y no ofrecen “certificaciones” que sirvan en el escalafón docente. Una oportunidad, apoyada en tecnología, es la capacitación virtual. Existen en la actualidad muchos recursos en línea que permiten al docente aprender y/o reforzar conocimientos y habilidades en herramientas tecnológicas. En el caso de pensamiento algorítmico se pueden utilizar recursos en línea como: Coursera (<https://www.coursera.org/course/pealgoritmico>) y Khan Academy (<https://es.khanacademy.org/computing/cs>).

Si los cursos disponibles no se adaptan a los requerimientos de los docentes el distrito puede financiar el desarrollo de nuevos cursos, diplomados, workshops, etc., que por la naturaleza de los temas, pueden ser tomados de forma virtual. Con todas las ventajas que ofrece este nuevo modelo formativo. Esta alternativa tiene el potencial de que el recurso digital (material, videos, plataformas) desarrollado puede ser usado para la capacitación de otros grupos sociales como empleados públicos, líderes comunitarios, etc.

Una política que puede ser implementada en el corto plazo es incluir el requerimiento de capacitación en las licitaciones destinadas a la adquisición de nuevas herramientas tecnológicas que se adquieran para apoyar el trabajo docente en aula. Al garantizar que un grupo importante de docentes conoce la herramienta es posible que este se convierta en “capacitador de capacitadores” potenciado mediante el uso de redes de conocimiento.

3.3 dotación y administración de recursos

Es imperativo que la entidad que administra los recursos informáticos de los colegios distritales flexibilice las políticas de gestión de software y restricciones de navegación. En particular: la accesibilidad, el software y el hardware.

Accesibilidad: Acceso a portales de redes sociales y repositorios de información multimedia. Existen actualmente repositorios que son fuente de tutoriales, demostraciones, ejemplos, clases., etc. (e.g., YouTube). Estos recursos posibilitan la incursión en temas novedosos, orientan al docente y a los estudiantes cuando se encuentran “extraviados” en el uso de tecnología y facilitan el intercambio de propuestas y soluciones en el desarrollo de proyectos. Si bien es cierto que este tipo de repositorios contiene material inapropiado para población infantil, sistemas como el control parental ofrecido por los mismos portales permite filtrar buena parte de la información inadecuada.

Software: Existe una amplia oferta de herramientas informáticas gratuitas. Liberar la instalación de programas conlleva un mensaje de confianza hacia los docentes quienes se sienten (en los casos conocidos en el proyecto C4) desestimulados a innovar en el aula a causa de este tipo de restricciones. Esta es una de las principales limitaciones para el desarrollo de iniciativas en programación y robótica².

Hardware: Los equipos son el elemento más costoso en los procesos de incorporación de tecnología en el aula. Más allá del uso de TICS (computadores y redes), el trabajo en robótica permite transmitir y afianzar conceptos como: tecnología como herramienta, solución de problemas, informática/algorithmia, electrónica, mecánica, entre otros. Existen dos aproximaciones a la dotación de elementos en estas áreas: la adquisición de kits fuertemente documentados y usados aunque de alto costo (caso Lego Mindstorms); o la construcción de equipos propios, lo cual permite desarrollar proyectos de muy bajo costo y estimula la creatividad al requerir al estudiante solucionar problemas con recursos limitados

Como punto intermedio, han surgido iniciativas *open hardware* que buscan ofrecer sistemas educativos a muy bajo costo que pueden incluso ser ensamblados por los usuarios en algunos casos. Las características principales de este tipo de solución son el ensamblaje por bloques, el uso de microcontroladores, y la programación de alto nivel. Ejemplos de sistemas que cumplen estas características son: eBlock (http://www.ece.arizona.edu/~uecs/eb_kits/index.html), Snap Circuits (<http://www.snapcircuits.net/>), Wiring (<http://wiring.org.co/hardware/>), y Arduino (<http://www.arduino.cc/>).

Otro tipo de herramientas que permiten la enseñanza de la electrónica, visualización de señales y análisis de fenómenos es el osciloscopio. Actualmente existen ofertas de bajo costo como los de Saleae (<https://www.saleae.com/>), y soluciones que no

2 <http://scratch.mit.edu/>, <http://turtleacademy.com/index/es>, <http://blog.ardublock.com/>, <http://snap.berkeley.edu/>, <http://www.modkit.com/>

requieren adquisición de equipos ya que usan la tarjeta de sonido del computador para visualizar señales de audio, como Soundcard Scope (<https://www.zeitnitz.eu/scms/scope>).

En general, los criterios al momento de seleccionar una solución, sea hardware o software, deben ser: Posibilidad de incorporarla en las prácticas pedagógicas; Flexibilidad en su uso (no vincularse con soluciones propietarias); Dimensionamiento acorde al nivel de formación (muchas soluciones gratuitas o de bajo costo son suficientes para las necesidades).

4. Conclusiones

Para alcanzar el estado ideal en el que la tecnología es parte integral de prácticas docentes es necesario cumplir una serie de etapas que van de lo instrumental a lo fundamental. En primer lugar ver los recursos tecnológicos como herramientas y entender la capacidad de los recursos disponibles. Al conocer las potencialidades de los recursos será posible articular su uso con otras áreas como las ciencias y matemáticas. Para que finalmente los estudiantes comprendan la utilidad de la tecnología como herramienta para la vida diaria logrando su apropiación.

Los recursos necesarios para alcanzar estos objetivos no son necesariamente los más costosos. Existe una amplia oferta de programas y sistemas gratuitos o de bajo costo que posibilitan la incorporación de la tecnología en el aula, siempre y cuando los docentes tengan espacios de capacitación (alfabetización digital) y se reconozca en su carga laboral el tiempo dedicado a la formulación y desarrollo de proyectos e iniciativas apoyadas en tecnología.

5. Referencias

- Futschek, G. (2006). Algorithmic thinking: the key for understanding computer science. In *Informatics education—the bridge between using and understanding computers* (pp. 159-168). Springer Berlin Heidelberg.
- Harris, J., Mishra, P., & Koehler, M. (2009). Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed. *Journal of Research on Technology in Education*, 41(4), 393-416.
- Hew, K. F., & Brush, T. (2007). Integrating technology into K-12 teaching and learning: Current knowledge gaps and recommendations for future research. *Educational Technology Research and Development*, 55(3), 223-252.
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Yahya, K. (2007). Tracing the development of teacher knowledge in a design seminar: Integrating content, pedagogy and technology. *Comp & Ed*, 49(3), 740-762.
- Knuth, D. E. (1985). Algorithmic thinking and mathematical thinking. *American Mathematical Monthly*, 170-181.

- Mishra, P., & Koehler, M. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *The Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21(5), 509-523.

Sobre los autores

- **Diego Méndez:** profesor asistente en el Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad Javeriana. Doctor y M.Sc. en Ciencias de la Computación, M.Eng. en Microelectrónica, y B.Eng. en Ingeniería Electrónica. E-mail: diego-mendez@javeriana.edu.co
- **Fredy Ruiz:** profesor asociado del departamento de ingeniería electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana. Doctor en ingeniería informática y de sistemas, Magíster en ingeniería electrónica e ingeniero electrónico. E-mail: ruizf@javeriana.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)