



Proyecto etapa de diseño e implementación de prototipo para procesos de enseñanza-aprendizaje

Luis Alexander Jiménez Hernández¹

Resumen

Este escrito trata sobre los resultados de investigación del proyecto titulado Etapa de Implementación de Prototipo para Procesos de Enseñanza-Aprendizaje de la Electrónica Digital con Dispositivos Programables en la Especialidad Técnica Mecatrónica, desarrollado por el Grupo de Investigación Bitciencias en la convocatoria interna de proyectos de investigación del 2014 en la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. El propósito del proyecto es mejorar procesos de enseñanza-aprendizaje en los cursos de Electrónica Digital con estudiantes de Bachillerato Técnico. Se presenta la formulación metodológica investigativa, planteada mediante un estudio de caso cualitativo, junto con los resultados de investigación del proyecto correspondientes al diseño y construcción de la tarjeta electrónica del prototipo. El texto termina con el planteamiento de las conclusiones, reflexiones y sugerencias.

Palabras clave: *diseños electrónicos, tecnologías educativas, electrónica digital, dispositivos propios, especialidad técnica mecatrónica.*

Abstract

This paper discusses the results of a research project entitled Implementation Phase of a Prototype for Teaching and Learning Processes in Digital Electronics Courses of in Mechatronics Technical Specialty with Programmable Devices, developed by the Research Group Bitciencias in the internal call for research projects in 2014 at the Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. The purpose of the project is to improve the teaching and learning processes in Digital Electronics courses of Technical School students. This paper includes the research methodological formulation, raised by a qualitative case study, and the research results of the project for the design and construction of the PCB prototype. The text ends with the approach of the findings, comments and suggestions.

Key words: *electronic designs, educational technology, digital electronics, own devices, mechatronics technical specialty*

Este artículo emplea el formato de citación de la American Psychological Association (APA) sexta versión.

¹ Ingeniero electrónico, magíster en Educación y candidato a Doctor en Educación. Docente de planta del Instituto de Bachillerato Técnico Industrial de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Industrial. Correo electrónico: alexanderjimenez77@yahoo.com.

Introducción

El interés de este proyecto estuvo enfocado al mejoramiento de condiciones de los procesos de enseñanza-aprendizaje del tema de la electrónica digital en los cursos correspondientes a la Especialidad Técnica Mecatrónica [ETM], mediante la formulación de una propuesta didáctica que incluye el desarrollo de tecnologías y metodologías educativas. La ETM corresponde a una de las especialidades del Instituto de Bachillerato Técnico Industrial [IBTI], programa de educación secundaria técnica perteneciente a la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central [ETITC]. El Estado reglamentó la titulación de bachiller técnico industrial señalando que debe corresponder a una especialización determinada, según “las asignaturas técnicas y las prácticas de taller y laboratorio” correspondientes (Ministerio de Educación Nacional [MEN], 1966, artículo 4.º).

La ETM cuenta en la actualidad con la opción de homologación y convalidación de créditos académicos, en un proceso de articulación con la Educación Superior (ES). Por lo tanto, los planes curriculares de la ETM han sido actualizados según los lineamientos del programa de Ingeniería Mecatrónica de la ETITC, para que los estudiantes tengan una continuidad en su formación profesional y puedan culminarla en menor tiempo (Jiménez, 2013). Estos cambios han impuesto retos educativos tanto para los docentes como para los estudiantes de la ETM, puesto que implican el mejoramiento de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Entre las situaciones que se analizaron, a partir de la identificación de características y oportunidades en el contexto educativo de la ETM (Jiménez, 2014b), se estableció que una mejora importante podría conseguirse en los cursos de electrónica digital optimizando dos aspectos propios de las actividades académicas: el tiempo de realización de las tareas prácticas, así como la eficacia para conseguir resultados tangibles mediante los ejercicios y problemas

propuestos por el docente. Por ejemplo, se encontró que los estudiantes podían dominar con mayor velocidad los conocimientos teóricos de los cursos, en comparación con el desarrollo de habilidades prácticas. Por otra parte, se observó que algunos ejercicios prácticos no se culminaban debido a dificultades como falta de experiencia de los estudiantes en los montajes técnicos de mediana complejidad y a otros problemas de carácter logístico, como equipos de laboratorio averiados, componentes dañados que no eran reemplazados y falta de conectividad en los equipos de la sala de cómputo cuando era requerida para las actividades.

Estas dificultades mencionadas no solamente afectan el alcance de objetivos de formación en los cursos, al dejar a los estudiantes sin el desarrollo de conocimientos y habilidades prácticas, sino que inciden en otros aspectos psicopedagógicos relacionados con la motivación del aprendizaje, al encontrarse repetidamente en situaciones adversas a los propósitos de los cursos. Experiencias de frustración debidas a la incapacidad de los estudiantes para finalizar una meta propuesta en el laboratorio, como desarrollar un ejercicio o resolver un problema propuesto, pueden conducir a estados de ánimo negativos (Bower & Forgas, 2003) frente a las actividades de carácter técnico, lo que afecta el interés por participar e involucrarse en dichas actividades, porque no superan los obstáculos que se presentan o porque se pierde la coherencia entre el esfuerzo realizado y los resultados prácticos.

Con el propósito de superar los problemas señalados anteriormente, se formuló una propuesta de investigación orientada al desarrollo de una herramienta didáctica que facilitara a los estudiantes la realización de actividades de laboratorio mediante el diseño y construcción de un prototipo que pudiera ser empleado en los procesos de enseñanza-aprendizaje de los cursos

de electrónica digital. Esto condujo a la formulación del siguiente objetivo del proyecto: “Desarrollar un prototipo de herramienta tecnológica que facilite el aprendizaje práctico de la electrónica digital en estudiantes de la especialidad técnica mecatrónica del IBTI en la ETITC” (Bitciencias, 2014). La propuesta fue presentada por el grupo de investigación Bitciencias a partir de la línea investigativa Investigación, Desarrollo e Innovación en Tecnologías Aplicadas a la Educación, y obtuvo financiación mediante la convocatoria 01-2014 para proyectos de investigación de grupos institucionales (ETITC, 2014).

Como antecedentes de investigación se cuenta con las propuestas curriculares previas, desde las cuales se ha buscado el mejoramiento de procesos educativos en la ETM (Jiménez, 2011; Osorio & Rojas, 2008), así como con las ventajas y oportunidades que representa el desarrollo de cursos con dispositivos propios, con base en experiencias orientadas a la participación de los estudiantes en proyectos prácticos que ellos mismos diseñan y construyen bajo la orientación del docente (Jiménez, 2014a).

1. Metodología

La propuesta metodológica estuvo enmarcada en el paradigma cualitativo, pretendiendo encontrar las relaciones entre sujetos, como lo son los docentes y los estudiantes, y un objeto conformado por el desarrollo tecnológico establecido por el diseño y construcción de un prototipo electrónico, en la situación específica de los cursos de electrónica digital de la ETM en la ETITC. Se optó por trabajar con base en el método de estudio de casos, puesto que corresponde de mejor forma con los propósitos del estudio, buscando analizar las características adecuadas para el diseño del prototipo, a partir del análisis a profundidad de las situaciones del medio educativo (Marín, 2012) en que se han desarrollado los temas de electrónica digital en la ETM, como el contexto de trabajo en los talleres, las intencionalidades de formación de los estudiantes,

las observaciones y sugerencias de los docentes, y las dificultades propias de las actividades realizadas en los laboratorios de la ETITC.

Tomando en cuenta las consideraciones planteadas en la problemática de estudio, se establecieron parámetros pedagógicos que orientaron el diseño electrónico, tales como: a) con el uso del prototipo se pretende facilitar el acceso a las tecnologías digitales a los estudiantes de educación secundaria, contemplando sus potencialidades y circunstancias propias de su etapa de desarrollo cognitivo (Jiménez, 2014a); b) el diseño del prototipo debe ser acorde con los contenidos curriculares de los cursos de electrónica digital de la ETM, tomando el proceso de articulación con la ES, es decir, los procesos de homologación y convalidación de asignaturas; c) el prototipo debe ser suficientemente versátil para ser empleado en múltiples ejercicios para la formación básica en la electrónica digital, prácticas de laboratorio y proyectos de los estudiantes; d) el uso del prototipo debe permitir a los docentes orientar los cursos en la dinámica característica de la ETM basada en la resolución de problemas, acorde con los propósitos de formación técnica y de ingeniería (Jiménez, 2012b).

Además, fueron contemplados criterios técnicos como: a) para mantener la vigencia como herramienta tecnológica, debe contar con capacidad de ampliación e interconexión con otros dispositivos periféricos, de comunicaciones, o de procesamiento, así como un bajo costo de fabricación y de mantenimiento (Torrente, 2013); b) los recursos de *software* y *hardware* desarrollados en el proyecto deben ser de carácter abierto, de manera que los estudiantes puedan emplear dichos recursos para el desarrollo de dispositivos propios y adaptar el diseño a las necesidades de sus proyectos tecnológicos (Lajara & Pelegrí, 2014); c) que permitiera su uso en actividades de manera independiente como sistema embebido, es decir, que fuera posible ser empleado en ejercicios prácticos con una programación inicial sin necesidad de

una conexión o interacción permanente con el computador (Torrente, 2013).

De acuerdo con las consideraciones mencionadas para el diseño y la construcción del prototipo, se planteó una propuesta de cronograma correspondiente a la planificación de tareas que condujeran el proceso investigativo del proyecto (Bitciencias, 2014). Esta planeación incluyó actividades características de los proyectos de investigación según el modelo de Colciencias, buscando el fortalecimiento del sistema institucional de investigación de la ETITC a través del cumplimiento de requisitos del modelo actual de medición de grupos e investigación (Colciencias, 2014).

2. Resultados

Acorde con las actividades planeadas en el cronograma del proyecto (Bitciencias, 2014), los primeros resultados corresponden al proceso de análisis de necesidades, donde se identificaron aspectos relevantes para el diseño, como las características de los grupos de estudiantes para el desarrollo de los cursos (experiencias académicas y técnicas previas, etapas de desarrollo cognitivo), las condiciones del laboratorio para el trabajo práctico, los contenidos de las asignaturas de electrónica digital (buscando mantener la viabilidad de homologación en el proceso de articulación con educación superior), y los textos de guía y de referencia para la enseñanza de tecnologías digitales, tipificados como textos fundamentales de diseño digital (Mano & Ciletti, 2013), y de profundización en arquitecturas programables (Palacios, Remiro & López, 2009).

Para la selección del dispositivo programable del prototipo, se adoptó una tecnología muy difundida en el campo de la enseñanza de los sistemas programables, correspondiente a los microcontroladores del fabricante Microchip Technology Inc (figura 1). Por tanto, se determinó

realizar el diseño electrónico con base en esta arquitectura empleando la familia de microcontroladores PIC (Peripheral Interface Computer). Este tipo de dispositivos ha sido elegido de manera frecuente para los cursos básicos de sistemas programables, mientras en los cursos avanzados se trabajan otras tecnologías, como los DSP (Digital Signal Processor) y las FPGA (Field Programmable Field Array).

En el diseño electrónico se tomaron en cuenta los criterios pedagógicos y técnicos mencionados anteriormente. De manera consecuente y acorde con el cronograma de actividades propuesto, se llevó a cabo la etapa de montajes de prueba, simulación y ajustes, en la que se obtuvo como resultado un modelo funcional (figura 2). En dicha etapa se realizaron ensayos en el laboratorio, a través de los cuales se identificaron varios aspectos que se podían mejorar en el circuito impreso (ubicación de los componentes, dimensiones de la tarjeta y pistas de conducción, y correcciones en el enrutado), lo que permitió optimizar el diseño electrónico final (figura 3), correspondiente a la etapa de construcción del prototipo.



Figura 1. Ambiente de laboratorio usual para desarrollar aplicaciones con microcontroladores. Se observa al estudiante haciendo pruebas a un circuito con PIC. Foto: Luis Alexánder Jiménez Hernández (2014).

De los aspectos relacionados con la enseñanza de la programación de dispositivos digitales, se tomaron en cuenta tanto la secuencia lógica de los contenidos de las asignaturas como los tipos de ejercicios y problemas que se pueden plantear para las actividades prácticas a lo largo de los cursos, buscando garantizar la adecuada formación técnico-científica de los estudiantes en el campo de la electrónica digital programable, dando lugar a una propuesta didáctica como resultado de investigación. Bajo las premisas analizadas, se consideró conveniente que la programación del microcontrolador pudiera trabajarse en tres niveles de complejidad, descritos a continuación:

En primer lugar, se estableció que para los ejercicios prácticos relacionados con temas básicos de los cursos, correspondientes al manejo de bases numéricas empleadas en el diseño digital (binario, hexadecimal y octal), compuertas lógicas, tablas de verdad y funciones lógicas, etc., se trabajara con programas preestablecidos (archivos compilados tipo .HEX), de manera que el estudiante pueda copiarlos en la memoria de programa del microcontrolador y ejecutarlos inmediatamente en el prototipo.

En un segundo nivel de complejidad, se determinó que en los temas de diseños típicos basados en lógica combinatoria (decodificadores, multiplexores, sumadores, comparadores de magnitud, etc.) y circuitos temporizados y de almacenamiento de datos, los estudiantes puedan hacer modificaciones a códigos de programa elaborados previamente, a manera de ejercicio práctico para familiarizarse con el entorno de programación y los diferentes lenguajes. Según los propósitos de formación, se pueden seleccionar lenguajes de programación comunes como *Assembler*, *C* o *Basic* para microcontroladores PIC, tomando en cuenta que algunos de ellos pueden ser proporcionados por los fabricantes de manera gratuita, como el caso del software MPLAB IDE de Microchip.

En el tercer y último nivel propuesto, se abarcan los temas de aplicaciones industriales

(interconexión con dispositivos periféricos, interfaces de comunicaciones y de potencia, instrumentación, etc.) y proyectos, considerando que los estudiantes han adquirido un mayor dominio sobre las técnicas de programación y han desarrollado habilidades para resolver problemas de mediana complejidad, realizar sus propios programas para el microcontrolador y plantear conexiones alternativas con otros circuitos para extender el potencial de trabajo del prototipo.

Conclusiones

Finalmente, pueden plantearse las siguientes conclusiones con respecto al proceso y los resultados de la investigación:

Se logró el objetivo propuesto de la construcción de un prototipo planteado como herramienta didáctica para los cursos de electrónica digital de la ETM, orientado por requisitos de diseño de carácter pedagógico y técnico, formulados a partir de un análisis de necesidades. Se puede destacar la importancia que tuvo la construcción de un modelo funcional previo al diseño electrónico final, puesto que permitió identificar algunos inconvenientes prácticos, permitiendo optimizar el prototipo y no fueron observadas en los procesos de montaje de laboratorio y de simulación.

La propuesta metodológica de trabajar tres niveles de complejidad para la programación del microcontrolador representa un aporte de fundamento didáctico para los procesos de enseñanza-aprendizaje que involucran el uso del prototipo, puesto que facilita a los docentes establecer diferentes enfoques para la realización de las actividades prácticas.

Alcanzando el tercer nivel de formación propuesto, podría esperarse que los estudiantes estén en capacidad de adaptar el diseño original o plantear sus propios diseños, cambiando el modelo de microcontrolador o el de otro fabricante. Cabe resaltar que los productos del proyecto se trabajan bajo el principio de recursos abiertos,

permitiendo que los estudiantes se apropien del *software* y *hardware* desarrollando sus propias ideas y proyectos. Llegando a tal punto de dominio de los temas del curso, podría mencionarse que la propuesta didáctica planteada en este proyecto resultaría exitosa en la práctica educativa.

Dadas las características del diseño con respecto a la atención de necesidades de los cursos de electrónica digital en la ETM, con contenidos y metodologías compatibles con los cursos de ES a través del proceso de articulación entre programas académicos, queda abierta la posibilidad de poder utilizar la herramienta didáctica desarrollada en este proyecto en los procesos de enseñanza-aprendizaje en las asignaturas de electrónica digital en el programa de Ingeniería Mecatrónica.

Referencias

Bower, G. H., & Forgas, J. P. (2003). *Afecto, memoria y cognición social* (J. Aldekoa, Trad.). *Cognición y emoción* (pp. 82-169). Bilbao: Desclée de Brower.

Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) (2014). *Modelo de medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y de reconocimiento de investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, año 2014*. Colciencias, Bogotá. Recuperado de: http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/documents/documento_medicion_grupos_-_investigadores_version_final_15_10_2014.pdf.

Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central (ETITC). (2004, 31 de julio). *Acta de Reunión de Comité de Investigación e Innovación N.º 3*. Vicerrectoría de Investigación, ETITC, Bogotá.

Grupo de investigación Bitciencias (2014). *Propuesta de Proyecto de Investigación: Etapa de Implementación de Prototipo para Procesos de Enseñanza-Aprendizaje de la Electrónica Digital con Dispositivos Programables*

en la Especialidad Técnica Mecatrónica. Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, Bogotá.

Jiménez, L. A. (2014a, octubre). *Acceso a la electrónica digital mediante herramientas didácticas basadas en el desarrollo de dispositivos propios*. Ponencia presentada en la IX Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje, Manizales.

Jiménez, L. A. (2013, septiembre). *Articulación entre programas de especialidades técnicas de bachillerato con la educación superior en el área de ingeniería: pasos iniciales para la formación temprana de ingenieros en Colombia*. Sesión de pósters presentada en el World Engineering Education Forum (WEEF) 2013, Cartagena de Indias.

Jiménez, L. A. (2011). *Renovación curricular en robótica: Cursos y logros. Una experiencia del Instituto de Bachillerato Técnico Industrial - ETITC*. *Letras Conciencia Tecnológica*, 10, 17-23.

Jiménez, L. A. (2014b). *Procesos educativos de la especialidad técnica mecatrónica. Una asociación entre el aprendizaje significativo y la resolución de problemas* (comp. N. A. Murcia). *Sistematización de Experiencias Educativas en la Escuela Lasallista*, pp. 257-274. Bogotá: Oficina de Comunicaciones del Distrito Lasallista de Bogotá.

Mano, M. M., & Ciletti, M. D. (2013). *Digital design: with an introduction to the Verilog HDL* [Diseño digital: con una introducción al HDL Verilog] (5.ª ed). USA: Pearson.

Lajara, J. R. & Pelegrí, J. (2014). *Sistemas integrados con Arduino*. México: Alfaomega.

Marín, J. D. (2012). *La investigación en educación y pedagogía: sus fundamentos epistemológicos y metodológicos*. Bogotá: Ediciones Universidad Santo Tomás.

Ministerio de Educación Nacional (MEN) (1966, 21 de marzo). *Por el cual se reorganizará la educación industrial de nivel medio y se crean las carreras técnicas intermedias*. Recuperado de: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-104184_archivo_pdf.pdf.

Osorio, E. E. & Rojas, M. A. (2010). Currículo propuesto para el Bachillerato Técnico Industrial

en Mecatrónica. *Letras Conciencia Tecnológica*, 8, 27-37.

Palacios, E., Remiro, F. & López, L. J. (2009). *Microcontroladores PIC 16F84: desarrollo de proyectos* (3.ª ed) México: Alfaomega.

Torrente, O. (2013). *Arduino: curso práctico de formación*. México: Alfaomega.

