

Didáctica Para La Enseñanza De Microcontroladores A Estudiantes De Ingeniería Mecatrónica

Trabajo para optar por el título de especialista en Docencia Universitaria

ANDRÉS MAURICIO CIFUENTES BERNAL

Código 1500777

Asesor:

Ing. Jaime Duran García Ph. D.

Universidad Militar Nueva Granada
Departamento de Educación
Especialización en Docencia Universitaria
Bogotá, 2011

Resumen

Este ensayo presenta el resultado de una investigación de tipo descriptivo donde se realizó la identificación de las didácticas y enfoques pedagógicos que han sido empleados por los ingenieros docentes de las universidades Militar Nueva Granada y Nacional de Colombia para la enseñanza de Microcontroladores; se tuvo en cuenta que dicha área se constituye en un eje transversal de las estructuras curriculares de Ingeniería Mecatrónica y se encuentra la necesidad desarrollar una propuesta con el fin de potenciar la aprehensión de saberes básicos para el desarrollo del ejercicio profesional de los futuros ingenieros. 3 profesores de las universidades antes mencionadas fueron entrevistados a profundidad y fue aplicada una encuesta a 22 estudiantes pertenecientes a la Universidad Nacional y a 35 de la Universidad Militar para un total de 57; el estudio revela que en ambas materias los proyectos y su aplicación para la resolución de problemas son de gran importancia, que la enseñanza de la asignatura nace de la vocación, que las metodologías que se han empleado para dictarlas han sido heredadas de docentes anteriores y evolucionadas en el día a día y que el tiempo destinado a la materia percibida por docentes y estudiantes en ambas universidades es insuficientes.

Palabras Clave: Problemas, Proyectos, Didáctica, Ingeniería, Microcontrolador.

Abstract

This paper presents the results of an descriptive investigation that performed the identification of educational and pedagogical approaches have been used by engineers teachers at Nueva Granada Military University and National of Colombia University for Microcontrollers teaching, remembering that this area constitutes a transversal axis of Mechatronics Engineering's curricular structures and was found necessary develop a proposal to enhance the apprehension of knowledge for the development of future professional engineers' practice. 3 professors of universities above were deep interviewed and was applied a questionnaire to 22 students from National University and 35 Military University for a total of 57, the study reveals that in both subjects application projects for problem solving have great importance, that teaching Microcontrollers borns of vocation and methodologies to give the subject are inherited

from previous teachers and evolving day to day, so as a insufficiency in the time spent teaching the subject perceived and students at both universities.

Key words: Problems, Projects, Didactics, Engineering, Microcontroller.

Didáctica Para La Enseñanza De Microcontroladores A Estudiantes De Ingeniería

Mecatrónica

Introducción

La educación universitaria, en especial la relacionada con el mundo de la ingeniería debe entender que la tecnología tiene un gran impacto en el mundo actual y que las dinámicas sociales hoy en día cambian innegablemente por la aparición de desarrollos tecnológicos que impactan la sociedad. Colombia no es ajena a este fenómeno, por ende la formación en ingeniería colombiana ha de realizar esfuerzos para preparar ingenieros capaces de afrontar los retos de diseño y desarrollo a los que se verán enfrentados; en este camino corresponde a los ingenieros dedicados a la educación superior iniciar el camino de construcción de propuestas metodológicas y didácticas que orienten y mejoren el proceso de aprendizaje teniendo en cuenta que las didácticas se convierten en un catalizador académico que potencia el mismo. En el presente ensayo se tomara como modelo en la enseñanza en ingeniería un campo específico que da identidad en la formación ingenieril en ingeniería Mecatrónica, este es el tema de “microcontroladores”.

La aparición de la ingeniería Mecatrónica en Colombia lleva cerca de 10 años y desde entonces la versatilidad y pertinencia en el desarrollo de proyectos interdisciplinarios han hecho de los microcontroladores una de las piedras angulares más importantes en los desarrollos de los nuevos currículos de esta ingeniería, tal como se ha apreciado en la Universidad Autónoma de Barcelona (Oliver, Toledo, Pujol, Sorribes, & Valderrama, 2009) en el microcontrolador convergen diversos saberes de sistemas y electrónica, es por ello que esta materia es casi imprescindible en la formación de los ingenieros Mecatrónicos de nuestro país.

Se pretende con la investigación indagar sobre los diferentes conocimientos en temas de didácticas y pedagogía que poseen algunos docentes de Ingeniería en las carreras de Ingeniería Mecatrónica en las universidades Nacional y Militar Nueva Granada que dictan la materia de microcontroladores o su análoga en cada uno de sus respectivos currículos, además de establecer e identificar los modelos de enseñanza empleados en dicha materia.

En las universidades de nuestro país y en especial en sus facultades de ingeniería hasta hace algunos pocos años la enseñanza de microcontroladores era enfocada a la enseñanza de microcontroladores específicos de la marca Microchip® hoy en día esta tendencia ha evolucionado ampliando la gama de microcontroladores de esta marca que son enseñados e incluso enseñando microcontroladores de otras marcas.

Finalmente en este ensayo se contrastan las dinámicas existentes en los cursos de microcontroladores dictados en las universidades Militar Nueva Granada de Bogotá y Nacional de Colombia Sede Bogotá al momento de la investigación y se muestra como el aprendizaje basado en problemas (ABP o BPL de sus siglas en inglés) es una estrategia didáctica exitosa tanto en Colombia como en el mundo para el aprendizaje de saberes interdisciplinarios tal como lo es la enseñanza de microcontroladores.

Microcontroladores

Los microcontroladores son dispositivos programables que cuentan con las partes mínimas requeridas que necesita un computador tradicional para su funcionamiento, estas son una ALU (*Arithmetic Logic Unit*, Unidad lógico-aritmética), una memoria y unidades de entradas y salidas (periféricos) y son ampliamente empleados en *Control Embebido*¹ “Un microcontrolador es un dispositivo electrónico que cuenta con una arquitectura física interna pre-establecida pero de uso programable en forma secuencial” (Jiménez, 2010), algunos ejemplos del uso de microcontroladores son la programación de un microondas y algunos sistemas de alarma.

Al ser dispositivos *programables* la versatilidad del microcontrolador reside precisamente en que son pequeños computadores a los cuales se les puede asignar diferentes labores y las mismas pueden ser cambiadas con un simple cambio de programa, la programación de esta clase de dispositivos tiene dos grandes líneas o métodos (que si bien no son los únicos si son los más empleados) la programación en lenguaje *ASSEMBLY* y la programación en lenguaje *C*.

El primero, también conocido como lenguaje ensamblador, es un lenguaje de bajo nivel (denominado así porque su set de instrucciones es pequeño), eficiente con el microcontrolador, pero difícil en su interpretación por personas sin formación disciplinar, este lenguaje era

¹ Sistemas de control electrónicos que se encuentran inmersos en los dispositivos.

enseñado para la programación de microcontroladores hace no más de 10 años y aún es común su utilización en los escenarios educativos universitarios hoy en día.

El segundo lenguaje, el lenguaje C, es de amplio uso en la programación de computadores tradicionales, sin embargo no lo es tanto en la programación de microcontroladores, es un lenguaje de alto nivel (con un amplio set de instrucciones y una gramática más cercana a un idioma moderno) lo cual facilita la comprensión y desarrollo de programas escritos con él, razón por la cual su uso en los desarrollos con microcontroladores está volviéndose cada vez más popular, en adición los compiladores² funcionan cada vez de manera más eficiente y el hardware de las maquinas es cada vez más potente, haciendo del problema de la complejidad del código cada vez menos relevante.

Aprendizaje Basado en Problemas – Aprendizaje Basado en Proyectos:

El aprendizaje basado en problemas es una estrategia didáctica que enfoca los esfuerzos de los estudiantes en la resolución de problemas de forma que la superación de dichos problemas permita una mayor apropiación de los conceptos involucrados en el proceso.

Tal como se encuentra en “Aprendizaje Basado en Problemas – Problem - Based Learning” (Morales Bueno & Landa Fitzgerald, Aprendizaje Basado en Problemas Problem-Based Learning, 2004) fue en las décadas de los 60’s y 70’s en las que un grupo de docentes de medicina la universidad de McMaster en Canadá se percataron que la enseñanza de la medicina consistía en un gran número de horas de exposición magistral de las ciencias básicas para luego pasar a un ciclo de enseñanzas clínicas, esta forma de enseñar presenta una gran inercia que se opone a cambios rápidos en la base de conocimientos y puesto que las ciencias de la salud en general presentan cambios vertiginosos y una constante evolución este grupo de investigadores proponen una nueva manera de educar en medicina, con la base de fomentar en sus estudiantes la capacidad de enfrentarse a problemas y formular hipótesis, así como de hacer frente a situaciones diversas y cambiantes por medio de la recolección de información nueva que permita solucionar con éxito cualquier impase, a esta forma de pensar se le conoce como razonamiento hipotético deductivo.

² Programas que traducen de un lenguaje de computador de forma que pueda ser interpretado por el hardware de una máquina.

De esta forma la facultad de ciencias de la salud de la Universidad de McMaster estructura una nueva escuela de medicina con un currículo así mismo nuevo, la implementación de este currículo toma cerca de 3 años y su base metodológica se conoce actualmente a nivel mundial como *Aprendizaje Basado en Problemas*. Tomando la definición de Barrows en 1986 ABP es “un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos” (Barrows H. , 1986).

Ya para 1972 la primera cohorte de la escuela de medicina de McMaster se gradúa y para esa misma época en la Universidad de Michigan se implementa un curso de resolución de problemas en su especialidad de medicina humana y las universidades de Maastricht en Holanda y Newcastle en Australia inician facultades de medicina incluyendo en sus diseños curriculares aprendizaje basado en problemas, práctica que se extiende significativamente en los años 80. Gracias al liderazgo de la Universidad de New México en Estados Unidos planes curriculares paralelos basados en ABP son implementados junto a los planes de estudio tradicionales en varias de las facultades de medicina como las de Hawái, Harvard y Sherbrooke, tal como lo menciona Barrows en *Problem-Based learning in medicine and beyond: A brief overview* (Barrows H. , 1996).

Desde su nacimiento en Canadá el Aprendizaje Basado en Problemas ha evolucionado de forma que su utilización se ha amplificado abarcando campos disciplinares diferentes a la medicina, haciendo que cada ABP varíe de su forma original pero que a pesar de esto mantenga esencia y el espíritu del mismo.

“El aprendizaje está basado en el alumno ” (Morales Bueno & Landa Fitzgerald, *Aprendizaje Basado en Problemas*, 2004, pág. 147) así que el papel del docente no se limita a la transmisión de conocimiento sino que por el contrario se transforma en una guía puesto que son los alumnos quienes se responsabilizan de su propio aprendizaje, es deber del tutor asesorar a los estudiantes en lo relacionado con fuentes de consecución de información y delimitando parcialmente los temas que los alumnos deben conocer para la resolución del problema haciendo que cada estudiante se concentre en los temas necesarios para la finalización satisfactoria del proyecto.

El desarrollo del proyecto ocurre en grupos pequeños de estudiantes lograndose un trabajo intenso por parte de cada uno de los integrantes, adquiriendo de forma eficaz los saberes relacionados con sus áreas de interés.

Por otro lado el *Aprendizaje Basado en Proyectos*, cuyas siglas son también ABP y razón por la cual tiende a crearse confusión entre ambas, tal como se describe en “PBLE Project Based Learning in Engineering” (University of Nottingham, subject area: Engineering, 2003), es una estrategia pedagógica distinta al Aprendizaje basado en Problemas pero que en general se confunde con esta, la dificultad es en gran parte debida al amplio rango de formas que tanto el Aprendizaje Basado en Proyectos y el Aprendizaje Basado en Problemas pueden tomar. Este problema es mucho más evidente cuando hablamos de ingeniería ya que las similitudes entre ambas metodologías son más grandes que en otras disciplinas debido a que los proyectos de ingeniería normalmente apuntan a un problema del mundo real, cosa que no necesariamente debe pasar en proyectos de otra naturaleza. Un Aprendizaje Basado en Problemas puede usar proyectos, pero no es necesario que lo haga, de manera análoga un Aprendizaje Basado en Proyectos puede hacer uso de problemas pero no es necesario que lo haga. Ambos pueden llevarse a cabo de manera grupal pero ninguno tiene que emplear grupos para desarrollarse.

Las formas de los proyectos pueden ser variadas y pueden incluir:

- Diseño y construcción
- Diseño de portafolio
- Estimación de impacto ambiental
- Simulación de Gestión
- Producción de un documento de licitación
- Ingeniería Inversa o Análisis de producto
- Investigación pública simulada

Las principales características de los proyectos son:

- Centradas en el estudiante
- Desarrollan un amplio rango de habilidades
- Involucran aprendizaje activo

- Frecuentemente toman conocimiento de un rango de módulos
- Frecuentemente involucran trabajo en equipo

Al igual que los problemas, los proyectos cubren una amplia gama de saberes, hacen el aprendizaje más ameno para el estudiantado y permite desarrollar diversas habilidades en las personas que se involucran en su proceso.

Camille Esch, en “Project-based and problem-based: The same or different” (<http://pblmm.k12.ca.us/PBLGuide/PBL&PBL.htm>) muestra dos útiles continuos para diferenciar las dos estrategias pedagógicas que, específicamente en ingeniería, suelen tratarse indiferentemente.

Uno es la extensión para el cual el producto final es el centro organizativo del proyecto, en uno de los extremos de este continuo los productos finales son elaborados y dan forma al proceso de producción, tal como una pieza de animación por computadora requiere planeación y trabajo extenso. En el otro extremo, los productos finales son más simples y más sumativos, tal como ocurre en los hallazgos de la investigación de un grupo de reporteros. El primero describe mejor un Aprendizaje Basado en Proyectos en el cual el producto final maneja la planeación, producción y evaluación del proceso mientras que el último ejemplo donde la indagación y la investigación (más allá de un producto final) son el enfoque primario del proceso de aprendizaje es un mejor ejemplo de un Aprendizaje Basado en Problemas.

Una segunda continua variación es la extensión para la cual un problema es el centro organizativo del proyecto. En un extremo de este continuo están los proyectos en los cuales esta implícitamente asumido que cualquier número de problemas surgirán y los estudiantes requerirán habilidades para resolver problemas para conquistarlos. En el otro extremo de este continuo están los proyectos que comienzan con un problema claramente establecido o problemas y requieren un conjunto de conclusiones o una solución en respuesta directa, donde “la situación problemática es el centro organizativo del currículo”. Aquí de nuevo el ejemplo inicial tipifica Aprendizaje Basado en Proyectos, donde el ultimo es mejor descrito como Aprendizaje Basado en Problemas.

Puesto que las similitudes entre ambas estrategias pedagógicas son tan extensas y en el campo de la educación ingenieril la diferenciación tiende a hacerse tan sutil se hablara de ABP como proyectos/problemas, siendo respetuosos de la diferencia entre ellas me permito citar a quien es considerado por algunos como el padre del Aprendizaje Basado en Proyectos en California.

“¿Por qué deberíamos preocuparnos por como lo llamamos?, ¿son los dos lo mismo? Si podemos desarrollar una manera significativa para cualquiera, de cualquier edad, para ser retados y para aprender habilidades y conocimientos útiles para responder a ese reto, ¿Por qué deberíamos preocuparnos de si es llamado basado en proyectos, basado en problemas o basado en circos? Deberíamos estar gastando nuestra energía en preguntas más útiles” Joe Oakey -
http://pblmm.k12.ca.us/PBLGuide/Oakey_comments.htm (University of Nottingham, subject area: Engineering, 2003, pág. 3)

Metodología del ABP

Si bien la metodología no es única, el aprendizaje basado en problemas/proyectos debería basarse en el aprendizaje centrado en el estudiante de tal manera que el educando logre superar un problema planteado cumpliendo cabalmente unos objetivos planteados previamente a través del *trabajo autónomo*, sin esto indicar que el trabajo es realizado de manera individual, de hecho algunos autores como Morales y Landa (2004), Exley y Dennick (2007) y de Miguel (2005) recomiendan que se formen grupos cuyo número de integrantes varíe entre 5 y 8 en los cuales cada uno de los estudiantes se apropie del proyecto y luche en pro de su feliz finalización.

Esta forma de aprendizaje se potencializa en la conformación de grupos interdisciplinarios que aborden de manera transversal diferentes campos del conocimiento teniendo en cuenta los conceptos previos que tienen los alumnos que pueden ayudar a fortalecer la construcción de un nuevo conocimiento, como adicional debe priorizarse el entorno de modo que el contexto en el cual se desarrolla el ABP sea favorable para la evolución del mismo.

Es así como Morales y Landa proponen en 2004 ocho fases de desarrollo en el proceso de un ABP, siendo la primera “leer y analizar el escenario del problema” y la última “presentar

resultados”. La división por fases del ABP tampoco es única, Exley y Dennick (2007) subdividen al ABP en solo 7 fases pero que mantienen relación cercana con las descritas por Morales y Landa, la figura 1 en detalle las fases propuestas por Morales y Landa contrastándolas con las propuestas por Exley y Dennick.

Experiencias previas exitosas de ABP en Ingenierías

En la época de los noventas surgen varios esfuerzos para integrar la robótica a los procesos educativos en ciencias y tecnología, para 1994 *Karel the Robot: A Gentle Introduction to The Art of Programming* (Pattis R.E., 1995) presenta a Karel, un simulador diseñado para la enseñanza de la lógica de programación a través de un lenguaje de programación parecido al lenguaje *Pascal*, este se constituye en uno de los primeros intentos de acercar la robótica a los entornos educativos de manera amable.

A este esfuerzo se suman innumerables desarrollos adicionales como los realizados por las compañías *Legó* y *Sony* con *Legó Mindstorm* y *Aibo* respectivamente, en la actualidad el *Institute for Personal Robots in Education (IPRE)* (Copyright © 2007) han creado diversos recursos para la enseñanza de temas especializados por medio de aproximaciones a través de la robótica; con ayuda del mismo, Parallax y Microsoft han desarrollado un ambiente de desarrollo en torno al robot Scribbler (Parallax, 2011) el cual fue el escogido por la Universidad Autónoma de Barcelona y siguiendo el esquema de algunas universidades extranjeras propone un robot como alternativa ABP para la enseñanza de las materias de Hardware y Software en las titulaciones informáticas de dicha universidad. Este robot fue implementado en la Universidad Autónoma de Barcelona en los años previos a 2009, año en el cual nace de la propuesta de crear un ABP propio teniendo en mente que los robots educativos comerciales, si bien son eficientes en la enseñanza de programación de computadores, no lo son tanto para la enseñanza de Hardware por medio de ABP. (Oliver, Toledo, Pujol, Sorribes, & Valderrama, 2009)

Casos similares pueden ser enunciados alrededor del mundo; la implementación de técnicas de enseñanza basadas en problemas para ingeniería se ha llevado a cabo en la Universidad Monash de Australia (en donde el aprendizaje basado en problemas fue incluido en varias materias de ingeniería civil gracias a los esfuerzos de Roger Hadgraft quien también

incorporo aprendizaje basado en problemas en el segundo año de computación, en un curso del tercer año de ingeniería de Sistemas , en un curso del posgrado en Modelado de la Superficie de Agua y en un curso del cuarto año de Aplicaciones Computacionales en Ingeniería Civil), en la Universidad Estatal de Pensilvania en los programas de Ingeniería Hidráulica en los niveles junior y senior, en el curso de “Diseño” de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Curtin en Western Australia y en el curso de “Agua y Desperdicio del Agua” de cuarto año de ingeniería civil en la Universidad Griffith (Queensland), entre muchos otros. (Mills, Engineering Education – Is Problem Based Or Project-Based Learning The Answer?, 2003)

Sin embargo estos esfuerzos han provenido de una persona o de un grupo pequeño que se han interesado en el tema, han sido utilizados en cursos individuales que forman parte de currículos tradicionales de ingeniería en cada una de sus universidades y si bien en algunos casos han trascendido a más de una materia específica en la carrera para una completa y correcta apropiación de un ABP en Ingeniería es necesario la integración de cuando menos las facultades de Ingeniería, Matemáticas, Ciencias y Administración de Negocios de la Institución en la cual desea implementarse el ABP y es este uno de los más grandes obstáculos a superar en la puesta en marcha de un ABP para Ingeniería a gran escala. (Mills, 2003, págs. 5 - 7)

Metodología de la Investigación

La investigación desarrollada para la detección de las didácticas empleadas en la materia de microcontroladores que es tratada en este artículo es llevada a cabo entre los años de 2010 y 2011 y gracias a la colaboración de los programas de Mecatrónica de las universidades Militar Nueva Granada y Nacional de Colombia (ambas localizadas en Bogotá – Colombia), de los docentes que dictan y han dictado la materia en sus respectivas universidades y de los estudiantes que forman parte de ella para primer semestre de 2011, la información proporcionada fue recolectada por medio de entrevistas en profundidad realizadas a los docentes y de encuestas a los estudiantes con ayuda de la página web “www.surveymonkey.com” que cuenta con recursos en línea para el análisis estadístico de encuestas y es una herramienta eficaz en investigaciones de este tipo.

Los principales tópicos acerca de los cuales los Ingenieros Robinson Jiménez, Robín Blanco y Víctor Fernando Casas (quienes dictan la materia) hablaron en la entrevista fueron la experiencia con microcontroladores tanto dentro como fuera del ámbito académico, como ellos describen la asignatura que imparten, que estrategias didácticas y pedagógicas emplean en su clase, que experiencias exitosas y que experiencias fallidas han tenido en su materia y como realizan la evaluación del conocimiento. Puesto que fueron entrevistas a profundidad se dio libertad a cada uno de los entrevistados que narraran de manera coloquial su experiencia como docente de microcontroladores; en cuanto a las encuestas realizadas, estas constaron de 9 preguntas cuyos objetivos eran detectar las percepciones del estudiantado acerca de cómo la asignatura de microcontroladores les es impartida.

Las encuestas aplicadas a los estudiantes de las 2 universidades fueron idénticas, la cantidad de estudiantes que respondieron la encuesta fueron 35 para la universidad Militar Nueva Granada (UMNG) y 22 para la Universidad Nacional de Colombia (UNAL), la cantidad repitentes de la asignatura es bajo siendo del 22,9% en la UMNG y del 13,6 en la UNAL como se puede observar en la gráfica 2.

Hallazgos y comentarios

Se encontró que la evaluación, el micro currículo, las didácticas y las pedagogías empleadas en esta asignatura no son únicas y de hecho vienen determinadas en gran parte por las dinámicas propias de cada una de las carreras y su evolución en cada una de sus respectivas universidades, y aunque no hay unificación explícita de los contenidos que deben enseñarse en esta asignatura, se ha encontrado que las temáticas son similares. En la universidad Militar Nueva Granada por ejemplo el curso de dicta bajo el nombre “Micros y Laboratorio”, tiene una intensidad horaria de 6 horas a la semana y se encuentra localizado en el plan de estudios en el quinto semestre como materia posterior a “Digitales 1”, el Ingeniero Jiménez quien actualmente dicta la materia para Ingeniería Mecatrónica y la ha dictado por los últimos 3 años divide su curso en 2011 de duración de un semestre lectivo en tres grandes partes, una primera de arquitectura del microcontrolador³, una segunda parte en la cual se enseñan los diferentes módulos del microcontrolador “entradas análogas, entradas digitales, módulo PWM, módulo de

³ La arquitectura de un microcontrolador define como se organizan físicamente los espacios de memoria.

transmisión serial USART, I²C, modulo USB entre otros” dice el Ingeniero Robinson Jiménez y una tercera en donde se enseña el uso básico de DSPICS⁴

En la universidad Militar Nueva Granada el microcontrolador empleado para la enseñanza es el “PIC 18f4550” que cuenta con los módulos antes descritos. La evaluación del conocimiento se realiza en 2 formas distintas, una prueba escrita en donde se les pide programar en un lenguaje específico, los lenguaje de programación empleados son DHL, assembly y C (siendo este último el lenguaje principal de enseñanza a lo largo del curso) y una segunda parte a través de un proyecto en parejas en el cual se apliquen los conocimientos teóricos enseñados en la clase a un problema Mecatrónico. Se aprecia que la dinámica principal que surge a lo largo del curso de microcontroladores tal como es impartida en 2011-1 es en gran medida influenciada por la tendencia pedagógica de Aprendizaje Basado en Proyectos, los jóvenes inscritos en el curso deben realizar un total de 6 prácticas de laboratorio, cada una con una duración de 2 semanas distribuidas en una primera semana de indagación y recolección de tema acerca de la práctica y una semana para la presentación como tal de la misma, el aula virtual de la universidad juega aquí un papel importante, es en ella en donde los estudiantes tienen acceso a las guías de las 6 prácticas del curso. Debido a que la nota final es numérica y por disposiciones de la Universidad ha de dividirse en 3 cortes, las actividades son desarrolladas para sacar una calificación numérica en cada uno de los mismos, más un corte adicional que corresponde a laboratorio, “Como tal hablamos de tres cortes, más un corte de laboratorio, el corte de laboratorio es un 30%, pero en cada uno de los cortes parciales se divide entonces 50% el examen escrito y 50% la sustentación del proyecto” comenta Jiménez. En cuanto a la metodología propia en cada una de las clases se evidencia la importancia dada por el Ingeniero docente a la conexión entre los módulos del microcontrolador con su aplicabilidad para la solución de problemas reales en los cuales se tiene hardware tanto en el microcontrolador como externo a él, se espera que los alumnos identifiquen la configuración adecuada que permite al microcontrolador solucionar un problema específico de interacción entre el microcontrolador y el medio.

La evolución de las estrategias pedagógicas y del contenido programático de la materia han respondido a cambios curriculares del plan de estudios y la adquisición de nuevos elementos de laboratorio junto a necesidades detectadas en materias posteriores como procesamiento de

⁴ Dspic

señales, la inclusión del módulo USB y la enseñanza de DSPIC son las evoluciones más relevantes manteniendo casi constante la elección de microcontroladores de la marca Microchip® con una pequeña excepción en 2010 segundo semestre en el cual también se dictó un módulo de microcontroladores de la marca ATMEL® junto a la marca Microchip®

En la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá existe un cambio entre los semestres 2010-2 y 2011-1 debido al cambio de docente titular de la materia, en 2010 la materia fue dictada por el Ingeniero Robín Blanco quien la dictó por cerca de 3 años durante los cuales enseñó en su mayoría microcontroladores de la marca Motorola® aunque poco a poco migrando hacia microcontroladores de las marcas Atmel® (en menor medida) y Microchip®, luego de 2009 la materia de microcontroladores que estaba ubicada en el plan de estudios de Mecatrónica en sexto semestre pasa a ser una materia abierta a otras ingenierías como electrónica, sistemas y mecánica, siendo posible tomarla simultánea a trabajo de grado después de octavo semestre para algunas ingenierías así como electiva desde tercer semestre académico para otras aunque no es recomendable que jóvenes en semestres muy bajos tomen la asignatura “Bueno, son muchachos muy motivados que quieren aprender rápido a manejar pero les faltan muchas bases de electrónica, de manejo de equipos de laboratorio y también un poco de madurez, tienen muy buena iniciativa pero la van perdiendo muy rápido por el camino.” Dice Blanco.

Para 2011 la asignatura se llama “Microcontroladores” y está ubicada en séptimo semestre de ingeniería Mecatrónica, tiene una intensidad horaria de 4 horas a la semana las cuales se reparten tanto en 2010 como en 2011 en una sesión teórica y una sesión práctica. La forma de dictar la asignatura, en palabras del Ingeniero Blanco es:

Dos horas el día martes y dos horas el día jueves, entonces hay una sesión teórica y una sesión práctica, en la sesión teórica se hace una presentación de unas diapositivas con videobeam, se habla la teoría básica, se montan los diagramas, en el tablero, se van dictando conceptos importantes a la hora de manejar los módulos, la programación, algoritmos los cuales yo escribo para que ellos los tengan en cuenta, algoritmos que obviamente yo he probado inicialmente, que yo he diseñado, sé que funcionan, no un código que utilicen en internet que puede que funcionen pero no es fácil de entender, generalmente hago en las clases cosas que a ellos les sirvan tanto en C como en

Assembler y les dejo prácticas de laboratorio que las primeras sesiones prácticas son igual de teóricas solo que se hace practica libre, es una práctica dirigida que les va mostrando como manejar el computador, como manejar las herramientas, que les va ilustrando, como manejar ciertos módulos pero desde el punto de vista práctico termina siendo una práctica libre donde ellos desarrollan los laboratorios que se han visto en clase

La asignatura tiene para 2010 un matiz bastante práctico, y al igual que en la Universidad Militar son los proyectos los motores principales en la materia, aunque han sido reducidos en número con el fin de permitir mayor exploración por parte de los estudiantes de los módulos requeridos para la solución de los laboratorios planteados y simultáneamente aumentar su complejidad. Las que empezaron siendo 11 prácticas de laboratorio fueron reducidas a 5 y son las mismas para todos los estudiantes que tomen el curso, los componentes de evaluación de la asignatura fueron en 2010 básicamente 4: asistencia a clase, laboratorios que representan el porcentaje más alto de la nota final y como se explicó antes consta de 5 prácticas, un proyecto final que es libre y en donde se pide al estudiante que aplique de manera creativa las funcionalidades del microcontrolador para la realización de una tarea, he aquí una muestra significativa de ABP puesto que es el interés de los estudiantes los que motivan el nacimiento del proyecto final. Finalmente hay un examen escrito el cual pretende evaluar el conocimiento teórico de los módulos del microcontrolador y las técnicas básicas de diseño y análisis en los lenguajes C y Assembler teniendo en mente que el porcentaje aproximado que se dedica en las cátedras de la materia a dichos lenguajes son 70% y 30% respectivamente.

El éxito de la materia, según Blanco, radica en el cambio de los laboratorios y el énfasis de los mismos a la industria, nacen de un problema de la industria y se muestran a los jóvenes estudiantes con una introducción y unas preguntas con el fin de que ellos busquen la información adicional que necesitaran y desarrollen una metodología, cada proyecto toma un promedio de 3 semanas y es realizado en grupos de 3 personas, se evidencia en las practicas los pasos básicos descritos antes del Aprendizaje Basado por Proyectos, en especial intentando relacionar la academia con la industria. Incluso en las sesiones teóricas es evidente el uso de vocabulario técnico relacionado con la industria, que según Blanco es el nicho en el cual la mayoría de sus estudiantes encontraran estabilidad laboral.

“...por ejemplo ya no utilizar micro switches y foto resistencias sino sensores inductivos, sensores capacitivos, relevos que sorprendentemente hay muchachos que hasta ahora van a trabajar con relevos... Que ellos manejen motores de paso, no solo leds, los leds son visuales muy bonitos, se pueden hacer lucecitas de navidad que son muy vistosas pero nada practicas realmente, entonces que me ha servido que se han motivado al trabajar con cosas que se ven en la industria, tanto sensores como actuadores, termocuplas, módulos LCD, no solo mostrar números en los 7 segmentos.” Comenta Blanco.

El entregable de los laboratorios (con el cual se visualiza la última fase del ABP, presentación de resultados) consta del montaje práctico y un documento escrito en donde aparecen el esquemático del circuito, el diagrama de flujo del programa “es importante que ellos planteen el algoritmo antes de digitalarlo...” dice, y algunas conclusiones, en las que se evidencie él porque el estudiante siente que la práctica es útil.

Junto a las prácticas de laboratorio el proyecto final compone la parte práctica de la asignatura y comprende la mayoría de los saberes desarrollados en la materia, la evaluación de dicho proyecto consta de 3 partes, una primera de definición del proyecto en la que se realiza la planeación y justificación del mismo, una segunda el desarrollo del proyecto en sí, y la argumentación en la presentación final en tercer lugar, en donde no es tan importante si el proyecto funciona completamente, sino que tan bien son expuestas las fortalezas del mismo y la explicación y detección de fallos en caso de no funcionar, este es un ejemplo típico de Aprendizaje Basado por Problemas, en donde el proceso es evaluado y el artefacto surge como desarrollo acumulativo y evolutivo, aunque bien en ingeniería el resultado entregable tiene a la larga un gran peso.

En cuanto a la dedicación horaria que existe en la asignatura a diferentes actividades curriculares se detecta que la mayor parte del trabajo de la clase se concentra en las actividades practica libre y estudio autónomo, permitiendo al estudiante construir el conocimiento acerca de los temas que se imparten en la materia, esta tendencia es más marcada en la universidad Militar que en la Nacional, llegando al 60% la población estudiantil que dedica más de 6 horas a la semana para practica libre en la primera, sin embargo es evidente que la cantidad de trabajo

autónomo en la Nacional es alto puesto que el porcentaje de horas cátedra que se dicta en esta universidad es cercano a 2 horas por semana, cabe resaltar que la intensidad horaria de microcontroladores es menor en la Nacional que en la Militar y esto impacta directamente los valores numéricos que se muestran en las estadísticas, dejando a la Nacional con un menor número de horas total empleado al aprendizaje en espacios de laboratorios, la comparación estadística puede observarse con más detalle en la figura 3.

Al preguntarse a los estudiantes por la importancia de algunas actividades en el desarrollo de la clase de microcontroladores se ve que para la universidad Nacional el aspecto más relevante es, según sus alumnos las prácticas de laboratorio, llegando a un 86,4% la calificación de este ítem en “muy importante” y el restante en la categoría “importante” pero sin dejar de lado la explicación por parte del docente, al cual el 63,6% califica de “importante”, la gráfica 4 muestra los resultados estadísticos de la pregunta “¿Qué tanta relevancia para usted tienen los siguientes aspectos en su aprendizaje de microcontroladores?”.

Conclusiones

Los proyectos que solucionan problemas de la vida real son un excelente estímulo tanto para estudiantes como docentes al momento de generar aprendizaje significativo relacionado con el tema de microcontroladores, si bien no hay una formación estricta en pedagogía para la enseñanza de dicha asignatura, un aprendizaje más formal de las metodologías constructivistas de ABP por parte de los ingenieros docentes podría potenciar la construcción de los saberes ingenieriles relacionados con temas interdisciplinarios como lo es microcontroladores.

Si bien el curso tiene una gran acogida por parte de los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica se evidencian inconformidades tanto de docentes como de estudiantes, la principal de ellas la falta de tiempo, incluso el Ingeniero Robín Blanco propone un curso adicional de microcontroladores aplicado, uno que vaya más enfocado a los problemas que surgen en los montajes reales y la solución a los mismos así como a la integración de saberes y la aplicación de conocimientos adquiridos en otras materias de Ingeniería Mecatrónica por medio de microcontroladores.

Referencias

Barrows, H. (1986). A Taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education* 20/6, 481–486.

Bringing Problem-Based Learning to Higher, 3-12.

IPRE Intitute for Personal Robots in Education. (Copyright © 2007). Retrieved Febrero 17, 2011, from

<http://www.roboteducation.org/>

Jiménez, R. M. (2010). *Programación de Microcontroladores PIC : Lenguaje de alto nivel orientado a gama alta*. Bogota: Universidad Antonio Nariño, Fondo Editorial.

Mills, J. E. (2003). Engineering Education – Is Problem Based Or Project-Based Learning The Answer?

Australasian J. of Engng. Educ., online publication 2003-04,

http://www.aee.com.au/journal/2003/mills_treagust03.pdf.

Mills, J. E. (2003). ENGINEERING EDUCATION – IS PROBLEM BASED OR PROJECT-BASED LEARNING THE

ANSWER? *Australasian J. of Engng. Educ., online publication 2003-04,*

http://www.aee.com.au/journal/2003/mills_treagust03.pdf.

Morales Bueno, P., & Landa Fitzgerald, V. (2004). Aprendizaje Basado en Problemas. *Theoria Vol. 13*, 145-157.

Morales Bueno, P., & Landa Fitzgerald, V. (2004). APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS. *Theoria Vol. 13*, 145-157.

Morales Bueno, P., & Landa Fitzgerald, V. (2004). Aprendizaje Basado en Problemas Problem-Based Learning. *Theoria*, 13, 145-157.

Oliver, J., Toledo, R., Pujol, J., Sorribes, J., & Valderrama, E. (2009). Un ABP basado en la robótica para las ingenierías. *XV Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*. Barcelona:

<http://jenui2009.fib.upc.edu/>.

Parallax. (2011). *Scribbler Robot Information*. Retrieved Febrero 17, 2011, from

<http://www.parallax.com/tabid/455/Default.aspx>

Pattis R.E., R. J. (1995). *Karel the Robot: A Gentle Introduction to The Art of Programming*. John Wiley & Sons.

University of Nottingham, subject area: Engineering. (2003). *PBLE Project Based Learning in Engineering - A Guide to Learning Engineering Through Projects*. Fund for the development of teaching and learning.

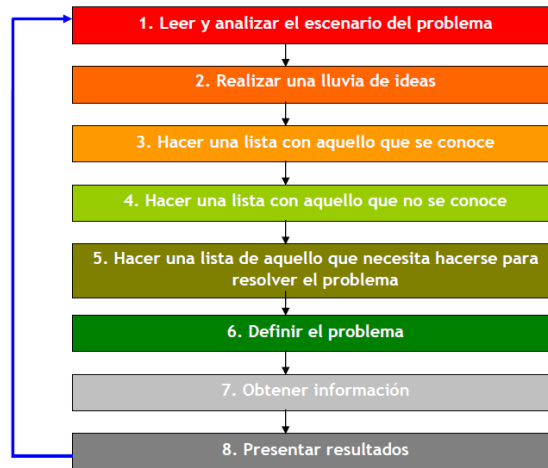


Figura 1: Fases del proceso ABP según Morales y Landa (arriba) y según Exley y Dennick (abajo). Las semejanzas entre ambos modelos incluyen la definición del problema, la realización de listas y la presentación de información nueva, estas son precisamente las 3 partes más relevantes de la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas.



Figura 2: estadística UMNG (superior) - UNAL (inferior) alumnos que toman por primera vez microcontroladores, es evidente el nivel bajo de perdida en la asignatura. Al preguntarse a los estudiantes quienes no ven por primera vez la asignatura cuales dificultades tuvieron al verla por primera vez se evidencia que los temas más complicados para ellos son los que necesitan un componente disciplinar previo mayor como calculo y señales.

3. Por favor indique la duración de las siguientes actividades en horas por semana:								
	1	2	3	4	5	6	mas de 6	Cantidad de respuestas
Clase teórica	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	100,0% (35)	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	35
Practica dirigida en el laboratorio	8,6% (3)	88,6% (31)	0,0% (0)	2,9% (1)	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	35
Practica libre	2,9% (1)	11,4% (4)	14,3% (5)	5,7% (2)	0,0% (0)	5,7% (2)	60,0% (21)	35
Estudio Autónomo	14,3% (5)	22,9% (8)	14,3% (5)	11,4% (4)	0,0% (0)	8,6% (3)	28,6% (10)	35
pregunta respondida								35
pregunta omitida								0
	1	2	3	4	5	6	mas de 6	Cantidad de respuestas
Clase teórica	52,4% (11)	23,8% (5)	14,3% (3)	9,5% (2)	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	21
Practica dirigida en el laboratorio	9,5% (2)	19,0% (4)	42,9% (9)	28,6% (6)	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	21
Practica libre	19,0% (4)	33,3% (7)	9,5% (2)	14,3% (3)	14,3% (3)	4,8% (1)	4,8% (1)	21
Estudio Autónomo	9,5% (2)	9,5% (2)	9,5% (2)	28,6% (6)	4,8% (1)	19,0% (4)	19,0% (4)	21
pregunta respondida								21
pregunta omitida								1

Figura 3: estadística UMNG (superior) - UNAL (inferior) intensidad en horas por semana de las actividades curriculares, se identifica en ambas universidades un enfoque práctico de la asignatura, los tiempos destinados a las horas cátedra son menores que los destinados a las prácticas y el estudio autónomo.

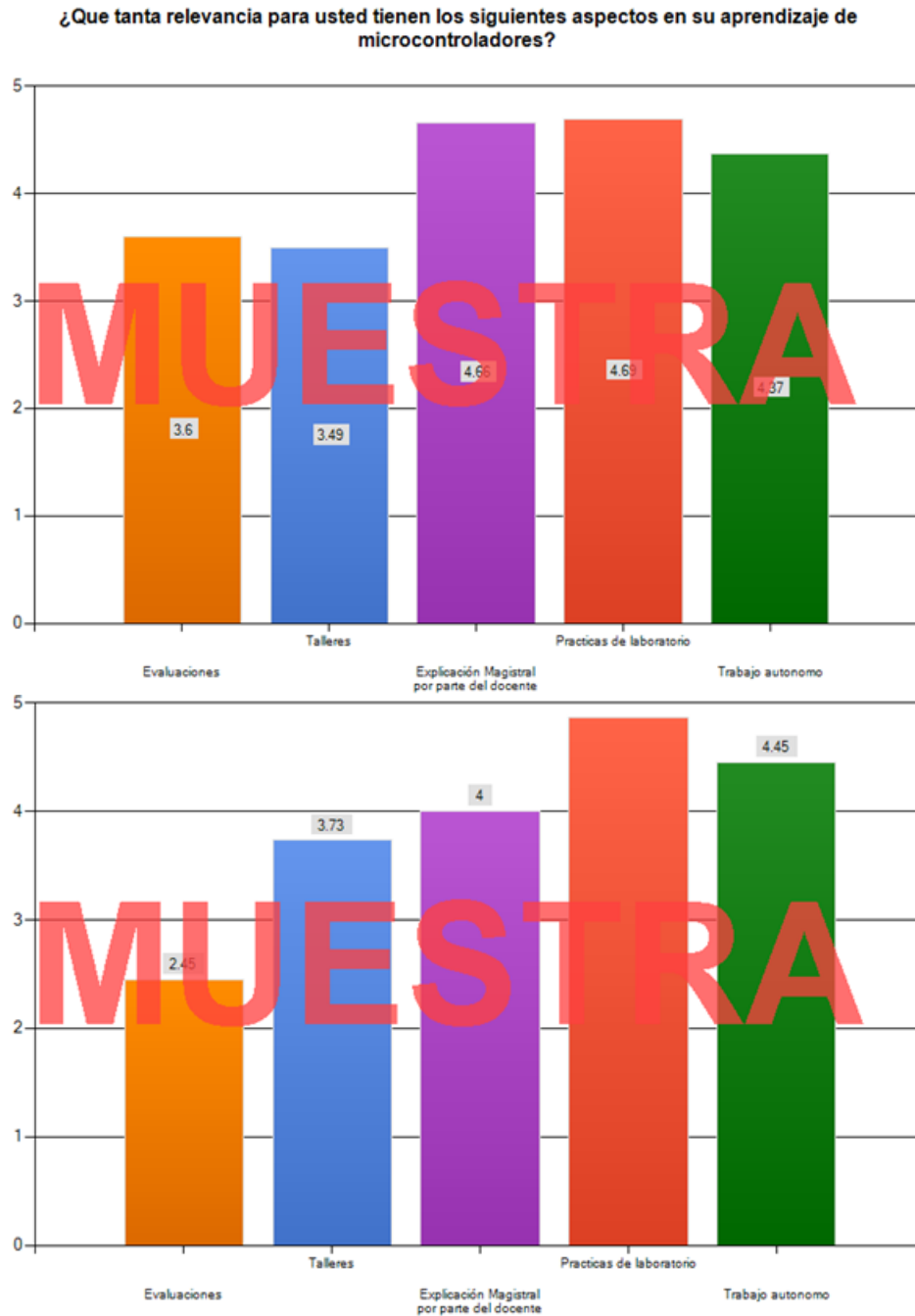


Figura 4: estadística UMNG (superior) - UNAL (inferior) Importancia dada por los estudiantes a algunas prácticas educativas, las prácticas de laboratorio son percibidas por el estudiantado como la estrategia más importante para el aprendizaje de microcontroladores, el trabajo autónomo y la explicación por el docente se ubican como las 2 estrategias más relevantes luego de los laboratorios.



Figura 5: estadística UMNG (superior) - UNAL (inferior) actividades realizadas en el curso de microcontroladores, con excepción de “asignar labores específicas a cada estudiante” se observa que los pasos de ABP por proyectos y por problemas son empleados a lo largo del curso de microcontroladores en ambas universidades.

Apéndice A: Entrevista realizada a los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica de las universidades Nacional de Bogotá y Militar Nueva Granada

microcontroladores Salir de esta encuesta

1.

* 1. Es la primera vez que toma el curso de Micro controladores?

Si

No

2. Si respondió "No" en la anterior pregunta, ¿Que dificultades tuvo la vez anterior y que tema o temas fueron los de mas difícil comprensión?

* 3. Por favor indique la duración de las siguientes actividades en horas por semana:

	1	2	3	4	5	6	mas de 6
Clase teórica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Practica dirigida en el laboratorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Practica libre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estudio Autónomo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

* 4. ¿Que tanta relevancia para usted tienen los siguientes aspectos en su aprendizaje de microcontroladores?

	podria omitirse	poco importante	indiferente	importante	muy importante
Evaluaciones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Talleres	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Explicación Magistral por parte del docente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Practicas de laboratorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Trabajo autonomo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Otro (especifique)	<input type="text"/>				

* 5. ¿Cuales temas relacionados con microcontroladores han sido para ud de facil comprensión y porque fueron sencillos de aprender?

* 6. ¿Cuales temas han sido de difícil comprensión en la materia de microcontroladores y porque fueron difíciles de entender?

* 7. Por favor indique la frecuencia con la que se realizan las siguientes practicas en la clase de microcontroladores

Evaluaciones	<input type="text"/>
Pruebas cortas	<input type="text"/>
Trabajo de laboratorio dirigido	<input type="text"/>
Trabajo autonomo de laboratorio	<input type="text"/>
Clase magistral	<input type="text"/>

8. Si en la asignatura de micro controladores existe algún tipo de entrega final por favor describa dicha entrega final indicando en que consiste y de que tiempo se dispone para desarrollarla

9. Por favor indique cuales de las siguientes actividades pueden apreciarse en el curso de Micro controladores:

	si	no
Establecer un problema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aclarar términos y conceptos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
generar hipótesis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hacer una lista con aquello que se conoce	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hacer una lista con aquello que no se conoce	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hacer una lista con lo necesario para resolver una situación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Obtener información adicional a lo dado en el aula	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Asignar labores especificas a cada estudiantes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Presentar resultados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>