



Una formación de calidad
en ingeniería para el futuro

Centro de Convenciones Cartagena de Indias
15 al 18 de Septiembre de 2015

EXPERIENCIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE UTILIZANDO LEGO® MINDSTORMS PARA ESTUDIANTES DE PRIMER SEMESTRE EN EL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

Melissa Johanna Aldana, Jaime Alberto Buitrago

Universidad del Quindío
Armenia, Colombia

Resumen

Este artículo presenta las experiencias de enseñanza y aprendizaje del trabajo realizado con estudiantes de primer semestre del programa de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad del Quindío. El principal objetivo es generar espacios para el desarrollo de habilidades a través de la interacción con los sistemas LEGO® Mindstorms para contribuir a la motivación estudiantil y así contrarrestar la deserción. Además, se describen las etapas de desarrollo de la metodología, donde se evidencian las experiencias de los estudiantes en situaciones tangibles y reales. Así mismo, se identificó e implementó el modelo del construccionismo como modelo pedagógico para el desarrollo de las etapas.

Palabras clave: enseñanza; aprendizaje; construccionismo; LEGO® Mindstorms; robótica

Abstract

This paper presents the teaching and learning experiences of the work done by Computer Systems Engineering students from first semester at Universidad del Quindío. The main objective is to generate spaces for the development of skills through the interaction with the LEGO® Mindstorms systems to improve students' motivation and avoid desertion. Moreover, the steps of the methodology are described and give evidence of students' experiences in tangible real-life situations. In the same way, the

constructivist approach was identified and implemented as a pedagogical approach in the development of these stages.

Keywords: *teaching; learning; constructionism; LEGO® Mindstorms; robotics*

1. Introducción

Un alto porcentaje en las nuevas generaciones de jóvenes que ingresan a las universidades, presentan un comportamiento de desinterés en clase, lo cual impulsa a que los docentes generen estrategias didácticas y metodológicas diferentes a las tradicionales para poder enlazar o crear sinergia entre el estudiante y las asignaturas. Además, esta situación es alimentada por el bajo rendimiento académico que se presenta en los primeros semestres de ingeniería, debido a la falta de competencias cognitivas en áreas básicas como la matemática, el lenguaje, ciencias naturales y sociales, entre otras (Salcedo, 2010), que también genera la deserción estudiantil.

Motivados en ejecutar acciones para combatir la deserción estudiantil en el Programa de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad del Quindío, se han generado prácticas tecnológicas y vivenciales empleando los kits de robótica LEGO® Mindstorms, los cuales son sistemas que permiten construir diferentes modelos electromecánicos, donde los estudiantes descubren el conocimiento, participando y desarrollando a través del aprender a hacer. Este kit de robótica es utilizado para construir un modelo de sistema integrado con partes mecánicas y electrónicas operadas por un controlador, permitiendo a los estudiantes descubrir la programación mediante el control de los dispositivos de entrada y salida, como sensores y actuadores, respectivamente.

En este artículo se describen las experiencias de trabajo realizadas con estudiantes de primer semestre del programa de Ingeniería de Sistemas y Computación, donde ellos interactúan con los sistemas LEGO® Mindstorms para desarrollar habilidades de enseñanza y aprendizaje, tanto en los estudiantes como en el personal docente. Además, estas experiencias proporcionan información sobre el desempeño de los estudiantes en situaciones tangibles y reales, que permiten al ingeniero en formación trabajar en equipo, además de generar competencias comunicativas, el desarrollo de la creatividad, el pensamiento lógico deductivo como aporte al desarrollo de la lógica de programación, empleando como estrategia de aprendizaje el juego y retos competitivos. Así mismo se identificó e implementó el modelo del construccionismo como modelo pedagógico.

2. Construccionismo

El modelo pedagógico implementado es el construccionismo. En este modelo se destaca la importancia de la acción, en el cual el estudiante procede activamente en el proceso de aprendizaje y el conocimiento debe ser construido por sí mismo a través de la interacción (Obaya, 2003). Papert (1984) considera un enfoque propio acerca

del desarrollo intelectual que denomina construccionismo, según el cual el conocimiento es construido por el que aprende. El construccionismo de Papert (1984) parte de una concepción del aprendizaje según la cual la persona aprende por medio de su interacción dinámica con el mundo físico, social y cultural en el que está inmerso, así, el conocimiento sería el fruto del trabajo propio y el resultado del conjunto de vivencias del individuo, además no debe buscar solamente mejorar los métodos de enseñanza de los maestros, sino proponer al educando actividades realmente interesantes y que estimulen su capacidad de pensar, de buscar soluciones a los problemas planteados; de ser creativos en el sentido más amplio de la palabra.

Papert toma de Piaget el modelo del niño como constructor de sus propias estructuras intelectuales y postula que, como tal, necesita materiales para esa construcción y es la cultura circundante la que provee al niño de esos materiales. En este sentido, habría entonces diferencias culturales marcadas entre los niños que tienen acceso a ambientes más ricos e interesantes y los que están privados de ellos (Papert, 1984). Adicionalmente es pedagógicamente importante el énfasis que se le da a la motivación interna del estudiante en el momento de aprender. Hay una especie de intercambio que se establece entre el aprendiz y su construcción intelectual.

3. Sistemas LEGO® Mindstorms

Los sistemas robótico LEGO® Mindstorms (LEGO, 2015) han sido desarrollado por la compañía LEGO® con la colaboración del Laboratorio de Medios del MIT (*Massachusetts Institute of Technology, MIT Media Lab*) para ser usado en instituciones de educación como un sistema de apoyo a la enseñanza, con el objetivo que los estudiantes adquieran nuevos conceptos sobre tecnología, ingeniería, matemáticas y ciencia. A través de este sistema se pueden construir modelos integrados con partes electromecánicas controladas por un ladrillo basado en un microprocesador inteligente. Además, combina la versatilidad de los sistemas de construcción LEGO® Technic, con sensores y actuadores, que pueden ser programados y controlados a través del ladrillo.

Desde el 2005 hasta ahora, la Universidad del Quindío ha estado adquiriendo estos sistemas robóticos (versiones RCX, NXT y EV3), con el objetivo principal de implementar prácticas y laboratorios en diferentes espacios académicos de los programas de la Facultad de Ingeniería. En este trabajo se desarrollaron practicas con los sistemas LEGO® Mindstorms Education NXT, los cuales contienen más de 400 elementos, incluyendo el ladrillo NXT, tres servomotores interactivos, un sensor de luz, un sensor de sonido, un sensor ultrasónico, dos sensores de contacto, batería de litio recargable y cargador, cables de conexión, cientos de elementos de construcción TECHNIC y un depósito de almacenamiento (figura 1).



Figura 1. LEGO® Mindstorms Education NXT (Lego, 2015)

Existe una gran variedad de entornos y lenguajes de programación que permiten construir programas para construir aplicaciones sobre los sistemas LEGO® Mindstorms. Además, existen lenguajes de programación específicos que están basados en lenguajes de programación estándar que adicionan algunas características específicas facilitando su programación. Entre estos lenguajes de programación predominan los lenguajes textuales NQC, NXC y RobotC, basados en código C y, el NXT-G que es un lenguaje de programación gráfico. Para el actual trabajo se eligió el lenguaje de programación NXC (*Not eXactly C*), el cual es un lenguaje de alto nivel, sencillo y similar al C, además de contar con un IDE estándar y de uso libre (NXC, 2011). Otro aspecto importante en la elección de este lenguaje de programación, es que tiene un intérprete de código de bytes (proporcionado por LEGO®), que se puede utilizar para ejecutar programas. El compilador NXC traduce un programa fuente en bytewords NXT, que luego se puede ejecutar en el ladrillo NXT, sin necesidad de instalar un firmware.

4. Experiencias de enseñanza y aprendizaje

Las experiencias de enseñanza y aprendizaje de cada semestre se han planteado y construido por etapas para seguir un trabajo estándar donde el estudiante ejecuta paso por paso la metodología y se va sumergiendo en el mundo de la robótica de tal manera que comprende conceptos y desarrolla diversas competencias en lógica de programación sin estar ligado a una clase magistral. Estas etapas se describen a continuación, reportando los resultados de las experiencias.

4.1 Etapa 1: Conceptos básicos de robótica

En la etapa 1, se expone el contexto en el cual se desenvuelven los robots, se debe entonces enunciar un poco de historia de la robótica, esto con el fin de establecer e interiorizar las Leyes de la Robótica según Isaac Asimov (Asimov, 1950) visualizando las dimensiones que enmarcan el camino de lo correcto y lo incorrecto en el desarrollo de esta ciencia. Seguido se debe definir el concepto de Robótica como rama de la tecnología y como integrador de diversas disciplinas. El robot como sistema es el concepto a seguir, encontrando la interacción entre sensores, actuadores, controladores y sistemas de comunicación generando una analogía con el ser

humano como sistema, comprendiendo su amplia gama de clasificaciones y los resultados tangibles de sus aplicaciones.

En segunda instancia se conoce el sistema LEGO® Mindstorms desde su concepción hasta sus componentes, motivando al primer contacto físico y visual para el reconocimiento de las piezas y elementos que integran el kit.

4.2 Etapa 2: Construcción del robot

El objetivo de esta etapa es que el estudiante ensamble, mediante el uso del kit de robótica LEGO® Mindstorms NXT, un robot como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Robot LEGO® Mindstorms NXT.

Este Robot contiene diferentes componentes como lo son el Ladrillo NXT, servomotores (lado derecho e izquierdo), llantas (delanteras), cableado, rueda libre (trasera), sensor de distancia (sensor de ultrasonido) y múltiples piezas Technic de LEGO®. Estos componentes son entregados a cada grupo de trabajo, contabilizados e inventariados con el fin de que todos los equipos realicen el mismo robot y pueda controlarse la dinámica de la práctica.

En el desarrollo de esta etapa en la práctica se evidenciaron las siguientes situaciones

- Los tiempos de construcción se encuentran en un 90%, permitiendo un avance uniforme de los grupos de trabajo en la etapa de construcción.
- La habilidad de seguir instrucciones debe ser trabajada con más fuerza en cada uno de los espacios académicos, para obtener mejores resultados en el manejo de esta competencia.
- Los estudiantes que de una u otra forma ya habían tenido contacto con fichas de armado en su niñez, obtuvieron resultados más rápidos en la construcción del robot.
- En esta etapa inicial el trabajo en grupo va definiéndose poco a poco, generando liderazgo y comunicación asertiva entre los integrantes del grupo.
- La lateralidad es uno de los primeros inconvenientes a la hora de construir un robot que contiene simetría entre sus partes, se debe comprender la lógica del

diseño para no tener que repetir procesos de armado por problemas de piezas ensambladas inversamente.

4.3 Etapa 3: Comprensión de funcionamiento actuadores y sensores

Seguido del armado mecánico del robot, se trabaja el concepto de Servomotor y Sensor a través de la interacción del ladrillo NXT (figura 3), el cual desde su concepción tiene instalado una aplicación que permite programar directamente 5 funciones de acuerdo a una configuración interna preestablecida. A través de esta herramienta se puede validar funcionamiento de todas las interfaces del ladrillo NXT. Las funciones internas permiten poner en marcha en varios sentidos los servomotores al igual que detenerlos por tiempos predeterminados, así mismo, para los sensores se encuentran funciones internas para probar su funcionamiento.

Como ejemplo se les asigna una programación que el docente ha elegido previamente, seguido cada equipo de trabajo puede realizar múltiples configuraciones para poner en funcionamiento sus pruebas en el ladrillo.

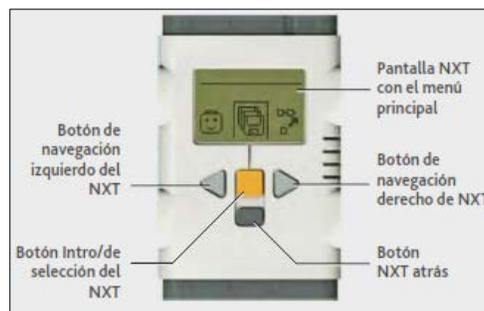


Figura 3. Funciones de la interfaz del Ladrillo NXT

En el desarrollo de esta etapa en la práctica se evidenciaron las siguientes situaciones:

- El tiempo de comprensión de la programación interna es corto, debido a que visualmente es muy amigable y entendible los menús del ladrillo.
- Los retos que surgen de las configuraciones libres de cada equipo de trabajo demuestran que los estudiantes se encuentran interiorizando los conceptos básicos de robótica.
- Los estudiantes en esta etapa generan competitividad debido a la motivación de construir y programar nuevas configuraciones en el robot.
- La lógica en las secuencias programables que se configuran requieren de un análisis previo para la debida programación del robot.

4.4 Etapa 4: Programación guiada

Después de conocer el funcionamiento de los componentes del kit, ya se encuentra disponible el estudiante para integrar el robot con la programación en el Lenguaje NXC. Inicialmente se instala el driver del ladrillo y se ejecuta el entorno de desarrollo en los computadores de trabajo destinados para la práctica.

Posteriormente se digitan algoritmos presentados por el docente sin explicación previa donde el estudiante debe transcribirlos en el entorno de desarrollo previamente instalado en los computadores de trabajo, se compilan, se descargan y se ejecutan para descubrir y comprender el funcionamiento de cada instrucción programada en el computador.

La figura 4 muestra el ejemplo de un algoritmo en NXC, donde cada estudiante al ver el funcionamiento del robot, después de descargado el programa encuentra conceptos como la función *OnFwd (OUT_B, 75)*; la cual permite mover el motor en sentido hacia adelante con un valor de 75 revoluciones durante el tiempo que la función *Wait(4000)*; establezca. A medida que se comprenden más funciones se aumenta la complejidad de los requerimientos que el docente va solicitando al estudiante para así comprender en un gran nivel el funcionamiento del lenguaje NXC.

```
1 task main()
2 {
3   OnFwd(OUT_B, 75);
4   OnFwd(OUT_C, 75);
5   Wait(4000);
6   OnRev(OUT_BC, 75);
7   Wait(4000);
8   Off(OUT_BC);
9 }
10
```

Figura 4. Algoritmo NXC

En el desarrollo de esta etapa en la práctica se evidenciaron las siguientes situaciones

- El tiempo que se requirió para la ejecución de esta etapa dependió de dos factores, el primero fue la comprensión de los comandos empleados en el IDE de programación y el segundo la lógica de la programación de los robots.
- La complejidad de los retos iba avanzando de acuerdo con los conocimientos interiorizados por los equipos de trabajo, como ejemplo inicialmente se propone el desarrollo de un programa que le permita al robot caminar trazando un cuadrado perfecto, luego trazar un hexágono así diversas figuras y formas que permiten mediante la práctica aumentar el entendimiento de los conceptos de robótica.
- Los programas deben ser digitados en su totalidad y así trabajar conceptos de sintáctica y semántica de la programación mejorando la destreza de compilación y ejecución de programas.
- Un alto porcentaje de los equipos de trabajo solicitan asesoría del docente para la comprensión de la lógica de programación.
- Los equipos de trabajo descubrieron que la habilidad de colaboración entre los integrantes era una estrategia para lograr el éxito de la etapa actual.

Es así como el estudiante mediante las pruebas de funcionamiento y programación descubre conceptos de programación e ingeniería mediante el aprender haciendo.

4.5 Etapa 5: Prueba final

Se plantea una competencia usando todos los conocimientos aprendidos hasta esta etapa utilizando el robot construido inicialmente; el reto es lograr que el Robot evite obstáculos y atravesase un terreno en el menor tiempo posible. El terreno es un campo de obstáculos de diferentes formas y alturas que se proporcionará en el laboratorio.

Entendiendo que el hombre es competitivo por naturaleza, permitió que cada programa desarrollado tuviera el componente de la presión de la competencia y la necesidad de poder resolver la pista de obstáculos propuesta, construyendo así algoritmos más complejos y mejor estructurados de acuerdo a lo descubierto en el campo de trabajo. Finalmente empleando como estrategia de aprendizaje el juego y retos competitivos se obtiene resultados tangibles y reales basados en la robótica.

La figura 5, muestra un grupo de estudiantes realizando una de las etapas en un espacio acondicionado para este tipo de prácticas.



Figura 5. Estudiantes realizando una de las etapas.

El aprender mejor no vendrá de ofrecer las mejores herramientas para que el profesor instruya, sino de dar las mejores oportunidades a los estudiantes para construir - Seymour Papert.

5. Conclusiones

La metodología usada en cada una de las etapas de desarrollo permitió proporcionar al estudiante una nueva forma de concebir un nuevo aprendizaje y conocimientos propios de la ingeniería. Además, las experiencias generaron en los estudiantes una motivación de querer aprender conceptos de mayor complejidad a través de la lúdica y la competencia.

El consolidado de las experiencias vividas generó la creación de una temática nueva en el espacio académico Introducción a la Ingeniería del Programa de Ingeniería de Sistemas y Computación, permitiendo que más profesores y estudiantes interactúen con estas nuevas tecnologías para la educación en ingeniería.

Finalmente, con este trabajo se logran desarrollar las habilidades de un ingeniero tales como, el trabajo en equipo, las competencias comunicativas, el desarrollo de la creatividad, el pensamiento lógico deductivo como aporte al desarrollo de la lógica de programación. Estas habilidades no siempre se logran desarrollar en el desarrollo de un espacio académico.

6. Referencias

- Asimov I. (1950). I, Robot. Editorial Gnome Press. USA.
- LEGO Education (2015). The LEGO Group: LEGO, the LEGO logo, DUPLO and MINDSTORMS. Consultado en Junio 2014, Disponible en: <https://education.lego.com/en-us/lesi/>
- NXC API (2011). Application Programming Interface for LEGO NXT, Consultado en Junio de 2014. Disponible en <http://bricxcc.sourceforge.net/nbc/>
- Obaya A. (2003). El construccionismo y sus repercusiones en el aprendizaje asistido por computadora. FES - Cuautitlán UNAM. Revista ContactoS Vol. 48, pp 61-64.
- Papert S. (1984). New Theories for New Learnings: a transcript from the National Association of School Psychologists Conference. School Psychology Review, 13(4), pp 422-428.
- Salcedo A. (2010), Deserción universitaria en Colombia. Revista Academia y Virtualidad. Universidad Militar Nueva Granada. Vol.3 No 1, pp 50-60.

Sobre los autores

- **Melissa Johanna Aldana:** Ingeniero de Sistemas y Computación de la Universidad del Quindío. Profesor Auxiliar. mjaldana@uniquindio.edu.co
- **Jaime Alberto Buitrago:** Ingeniero Electrónico de la Universidad del Quindío, Magíster en Ingeniería Electrónica de la Universidad del Valle. Profesor Asistente. jalbertob@uniquindio.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)