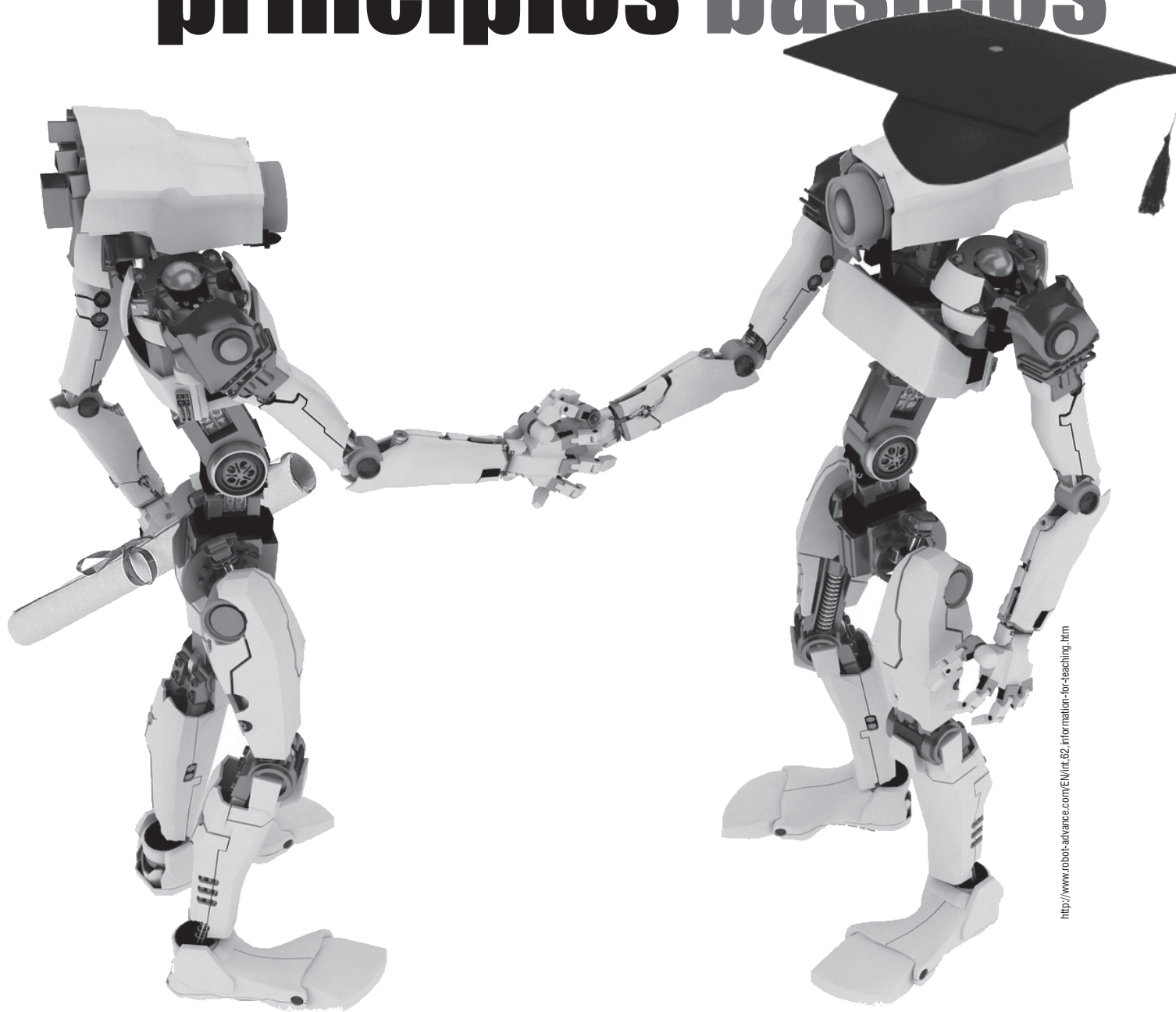


Ambiente de aprendizaje para principios básicos



la comprensión de los

JOHN PÁEZ

Corporación Universitaria Minuto de Dios-UNIMINUTO
johnpa@live.com

de robótica

ALEJANDRO PACHÓN

Universidad Pedagógica Nacional
alesabio77@hotmail.com

Resumen

El siguiente artículo presenta el desarrollo de un ambiente de aprendizaje basado en distintos módulos para la enseñanza de la robótica en estudiantes de educación básica secundaria. Se implementaron dos etapas: la primera provee nueva información a los estudiantes sobre los sistemas mecánicos, eléctricos y lógicos que posteriormente forman parte del robot. La segunda desarrolla una contextualización, en la que el estudiante diseña algoritmos para el comportamiento del robot. La siguiente figura presenta el robot construido.

Palabras clave: Ambiente de aprendizaje, Robótica, Educación

Abstract

The following paper presents the development of a learning environment based on different modules for teaching robotics in basic secondary education students. Implemented two stages: the first provides new information to students about the mechanical, electrical and software later part of the robot. The second develops a conceptualization, in which the student designs algorithms for the robot's behavior. The following figure shows the robot built.

Keywords: Learning environment, Robotics, Education

Para el desarrollo del proyecto, se ha hecho una revisión del estado del arte acerca de las estrategias educativas que utilizan los robots dentro del aula de clase. Además, se han consultado investigaciones de cómo se puede implementar el aprendizaje cooperativo para mejorar los resultados en el proceso de aprendizaje.

El desarrollo del artículo presenta inicialmente un estado del arte acerca del tema del uso de robots en la educación; en segundo lugar, ofrece un acercamiento teórico sobre el tema de robótica y cognición. En tercer lugar, se da cuenta del desarrollo del ambiente de aprendizaje para la enseñanza de la robótica y, finalmente, se presentan los resultados en los que se muestra cómo la robótica es una herramienta transversal que mejora los procesos de aprendizaje.

En el estado del arte encontramos inicialmente que la Pontificia Universidad Javeriana, en convenio con Maloka, desarrolló el proyecto QUEMES: *Technology Education Based on Cooperative Robots*¹, el cual se constituye en una propuesta de aprendizaje en educación en tecnología usando robots cooperativos. Aquí, los estudiantes aprenden a trabajar de forma cooperativa observando cómo interactúan los robots cuando son programados para la solución de un problema de la vida cotidiana, que los estudiantes han identificado previamente. El software para el control de los robots está desarrollado en un entorno gráfico que es muy fácil e intuitivo de utilizar, dado que los estudiantes sólo definen los comportamientos de los robots y al compilar el programa se generan de forma automática los códigos necesarios para el control de los robots por WiFi. Durante el desarrollo del proyecto, los estudiantes aprenden los principios básicos de mecánica, electrónica y programación que son necesarios para la comprensión del funcionamiento de los robots y que, además, sirven para explicar muchos de los fenómenos del entorno artificial del hombre; asimismo, los estudiantes reflexionan sobre la importancia del trabajo cooperativo.

Denis & Hurbet, en la investigación *Collaborative learning in a educational robotics environment*², plantean la importancia de aprender a trabajar de forma colaborativa. Para cumplir este propósito, desarrollan una estrategia de trabajo colaborativo basada en el aprendizaje por proyectos; por medio de esta, los estudiantes forman grupos de trabajo que oscilan entre 2 y 4 integrantes, quienes deben encontrar la solución a un problema. Para ello se recurre al uso de robots con fines educativos. La investigación plantea cuatro ventajas al usar robots: a) los robots concentran gran cantidad de información útil para la comprensión del mundo industrial; b) permiten la creación y exploración de micromundos basados en el aprendizaje por proyectos; c) facilitan la experimentación asistida por computador y d) permiten el desarrollo de los conceptos de programación. Desde otro punto de vista pedagógico, la investigación propone una arquitectura para el desarrollo de cuatro competencias: la dinámica, relacionada con la motivación en el aprendizaje; la estratégica que concierne a los procesos metacognitivos; la demultiplicativa, relacionada con los procesos de manejo y búsqueda de información; y la específica que, para este caso, se relaciona con el aprendizaje de conceptos de electrónica, mecánica y programación. De esta propuesta es importante resaltar el uso de los seis paradigmas de enseñanza-aprendizaje propuestos por (Leclercq & Denis, 1998): la creación, la exploración, la práctica, la imitación, la recepción y la experimentación. Finalmente, en el proceso de evaluación del aprendizaje también se proponen seis herramientas para la regulación: la identificación de la necesidad, el desarrollo del proyecto, el proceso de planeación, el desarrollo, el análisis y la toma de decisiones.

Petrovic & Balogh, en su artículo *Educational Robotics initiatives in Slovakia* [3], hacen un recuento sobre el uso de la robótica en contextos educativos y establecen estas ventajas: la interdisciplinariedad, la atracción que tiene en los niños, la cotidianidad de esta tecnología, que permite trabajarse fácilmente desde un entorno constructivista y prepara a los estudiantes para la

comprensión de los diferentes campos científicos. Según los autores, las actividades que se desarrollan principalmente son: RoboCup Junior, en donde se trabajan principalmente tres categorías: RoboDance, RoboRescue y RobotSoccer. Para estos proyectos se utiliza, en la mayoría de los casos, los Robots LEGO y un robot perteneciente al grupo de investigación llamado Robotnancka. La metodología propuesta para usar los módulos de robótica es: a) introducción a los principios básicos de la robótica, b) construcción de modelos sencillos con la implementación de un solo sensor, c) construcción de robots con dos o más sensores, d) clase teórica, e) laboratorio de un robot seguidor de línea, f) implementación de los robots en problemas de la vida cotidiana, como el rescate de víctimas, g) clase teórica, h) desarrollo de robots futbolistas y, finalmente, laboratorio de mediciones de los diferentes sistemas propioceptivos y exteroceptivos del robot.

Blank, Kumar, Marshall & Meeden [4], por su parte, señalan los beneficios del uso de la inteligencia artificial en los salones de clase. Para esta investigación se desarrolló una plataforma virtual en Python, que incluye varias herramientas para el trabajo de robots con inteligencia artificial como redes neuronales, aprendizaje de máquina, Q-Learning, entre otros.

Con esta herramienta, los estudiantes pueden hacer diferentes proyectos que se pueden reunir en cuatro tipos: emulaciones, replicas, extensiones y proyectos originales, todos relacionados con inteligencia de máquina. Según los autores, un elemento importante para el aprendizaje corresponde a la motivación intrínseca y extrínseca que genera en los estudiantes trabajar este tipo de proyectos. Se puede resumir la

metodología del curso en dos grandes etapas: la de aprestamiento, en la que los estudiantes conocen la herramienta y la final, en la que los estudiantes identifican un problema y emulan la solución con el uso de la plataforma. Un aspecto interesante de esta plataforma es que las soluciones a los diferentes problemas, planteados por los estudiantes, se pueden desarrollar usando las técnicas propuestas en la literatura para sistemas multi-agente. La investigación desarrollada por Feng Lui & Hung Lin, *Student satisfaction and self-efficacy in a cooperative robotics course* [5], presenta un estado del arte del desarrollo de la robótica con fines educativos en Taiwan. Aquí se presentan cinco áreas diferentes que potencian el uso de la robótica en la educación: *The World Robot Olympiad, First*

“EL SOFTWARE PARA EL CONTROL DE LOS ROBOTS ESTÁ DESARROLLADO EN UN ENTORNO GRÁFICO QUE ES MUY FÁCIL E INTUITIVO DE UTILIZAR, DADO QUE LOS ESTUDIANTES SÓLO DEFINEN LOS COMPORTAMIENTOS DE LOS ROBOTS Y AL COMPILAR EL PROGRAMA SE GENERAN DE FORMA AUTOMÁTICA LOS CÓDIGOS NECESARIOS PARA EL CONTROL DE LOS ROBOTS POR WIFI”

LEGO League, RoboCup Junior, StringBot y ExploroBot. Según los autores, la mayoría de las estrategias están basadas en la solución de problemas en entornos de aprendizaje cooperativo, en donde los estudiantes presentan índices de mayor motivación que se reflejan en factores como la atención durante el desarrollo de las actividades, la importancia que cobra el proyecto en la vida académica de los estudiantes y la satisfacción, que

relacionan con tres dimensiones: el ambiente de aprendizaje, los contenidos y el método de enseñanza. En cuanto al método de enseñanza, los resultados de la investigación demuestran que la estrategia de aprendizaje cooperativo aumenta de manera significativa la interacción entre estudiantes durante el desarrollo de las tareas, los acostumbra a intercambiar ideas con otros compañeros, a prestar atención, a

aprender en grupo y a identificar los roles de acuerdo con las habilidades que se requieren para desarrollar el proyecto.

El proyecto desarrollado por Mitnik, Recabarren, Nussbaum & Soto, *Collaborative robotic instruction: A graph teaching experience* [6], presenta una estrategia de aprendizaje con trabajo colaborativo para el desarrollo e interpretación de graficas en el área de física, con el uso de robots que son controlados por *PockedPC*. En este trabajo, los estudiantes desarrollan el aprendizaje de forma cooperativa cuando programan y evalúan de forma sincrónica los comportamientos cinemáticos de un robot que ellos previamente han programado. Por otro lado, la investigación *Robots Byte In: An exploration of computer Science education in Middle Schools*, desarrollada por Gupta, Muhammad & Prashad [7], presenta una propuesta para la integración en el currículo de robots educativos por medio de un software llamado *Myro*, desarrollado en *Python*, para usar robots como herramienta de aprendizaje. El curso está propuesto para ocho semanas, tiempo durante el cual los estudiantes aprenden con el robot *Scribbier* conceptos básicos de programación. Esta estrategia se divide en ocho momentos: a) *Hello Scribbie*, aquí se lleva a cabo una introducción sobre el robot y la metodología de control básica. b) *Left, Right, Scribbie*, en la que los estudiantes dibujan con el robot diferentes figuras geométricas. c) *Mission Variation* que permite conocer un poco más los métodos de control del robot, como los de reconocimiento de patrones de voz. d) *Finding Byteland*, que es una actividad para que los estudiantes controlen el robot en un entorno desconocido. e) *If, else & Again*, que corresponde a un momento para aprender los conceptos básicos de condicionales en programación y que se relacionan con el lenguaje de *Python*. Los últimos tres momentos hacen referencia al aprendizaje de ciclos en programación, métodos de realimentación que tiene el robot y, por último, un momento de realimentación. Como conclusiones se presentan las impresiones de los estudiantes en cuanto al desarrollo de la asignatura de programación, en estas manifiestan, entre otras

cosas, que la computación es divertida, que las niñas pueden trabajar en computación, reconocen la utilidad de la computación y presentan más interés durante el proceso de aprendizaje.

Robótica y cognición

Según Vivet (1989), la robótica pedagógica es la actividad de concepción, creación y puesta en funcionamiento, con fines pedagógicos, de objetos tecnológicos. Estos objetos son reproducciones reducidas, muy fieles y significativas, de los procesos y herramientas robóticas, empleados cotidianamente en el medio industrial.

En esta dirección, Vivet (1990) define la robótica pedagógica como la actividad de concepción, creación y puesta en práctica, con propósitos pedagógicos, de objetos tecnológicos que son reducciones bastante fiables y significativas de procedimientos y herramientas robóticas, utilizadas en la vida cotidiana, particularmente en el medio industrial.

Ruiz & Sánchez (2002) expresan que un objetivo primordial de la robótica pedagógica consiste en la generación de entornos tecnológicos ricos, que permitan a los estudiantes la integración de distintas áreas del conocimiento, para adquirir habilidades generales y de nociones científicas, potenciando con ello el proceso de solución de problemas, con el fin de desarrollar en los estudiantes un pensamiento sistémico, estructurado, lógico y formal.

Según Ruiz & Velasco (2002), los robots pedagógicos desarrollan en los estudiantes tres etapas características:

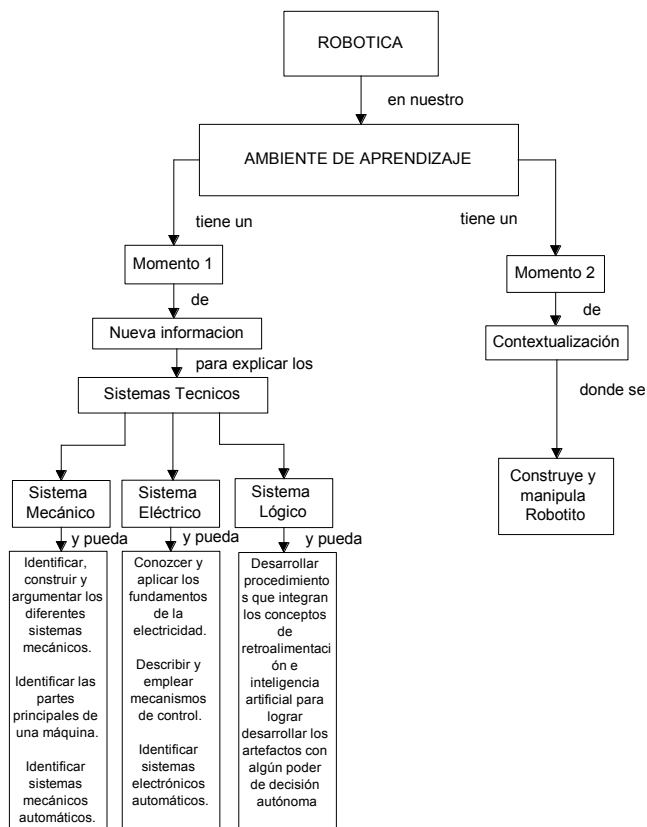
- Manipulación. El estudiante interactúa físicamente con el robot.
- Ingeniería Mental. Se da cuando el estudiante ha manipulado el robot y puede desarrollar mentalmente los pasos necesarios que un robot debe realizar para la solución de un problema específico.

- Simbólica. Aquí, el estudiante es capaz de diseñar los programas necesarios para la manipulación del robot.

La figura presenta la estructura general del ambiente de aprendizaje. Durante su desarrollo, el estudiante se enfrenta al estudio de tres áreas del conocimiento: el sistema mecánico, el eléctrico y el lógico. Cada uno de estos sistemas posee un momento uno (1), en el que se brinda nueva información, enfocada a desarrollar mecanismos robotizados simples y a que comprenda que *un robot es un sistema compuesto por varios sistemas*.

Para lograr esto, es necesario desarrollar el trabajo dentro de una jerarquía temática para que el estudiante, a la vez que adquiere nuevos conocimientos, los relacione con los que ya ha obtenido.

Diseño e implementación del ambiente de aprendizaje



Durante el momento uno, en el sistema mecánico, el estudiante comprende que el robot debe moverse físicamente o ejecutar alguna acción. Es necesario que el estudiante adquiera y refuerce información sobre los tres problemas básicos de los que se ocupa la mecánica:

- Cambio del plano de rotación.
- Modificación de velocidad / fuerza
- Cambio de movimiento giratorio a alternativo.

Para abordar estos problemas, es necesario que el estudiante tenga cierto dominio sobre aspectos tales como poleas, piñones, cadenas, ejes, estructuras, levas, correas, palancas; no solo en cuanto a dinámica, sino también en lo que respecta a la cinemática y a la estática.

Para el momento uno, en el sistema eléctrico se desarrollan las siguientes temáticas:

- Circuitos (en serie y paralelo).
- Sistemas de control automático.

Para el desarrollo de esta temática, se hace necesario el manejo de conceptos sobre elementos de circuitos eléctricos (resistencias, condensadores, diodos, voltaje, corriente, motores); elementos de sistemas de control mecánicos y electrónicos (finales de carrera, temporizadores). Las actividades están conformadas de la siguiente forma:

- Funciones de los elementos electrónicos.
- Identificación y empleo de elementos en sistemas robóticos.

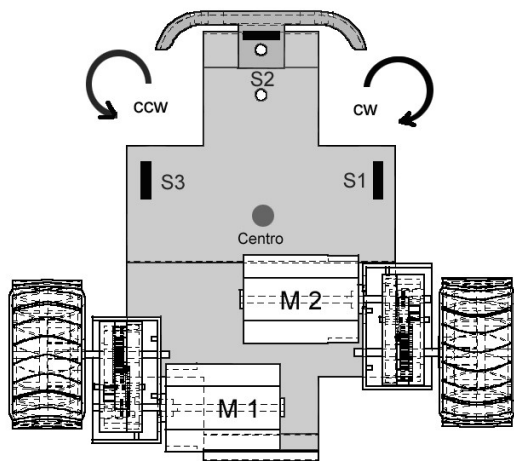
En cuanto al sistema lógico, en el momento uno, el estudiante aborda aspectos como la capacidad que debe poseer el robot para tomar decisiones autónomamente,

para lo cual requerirá de un método de inteligencia artificial que permite la toma de decisiones en función de variables de entrada y salida. Se desarrolla la siguiente temática:

- Sensores.
- Algoritmos y programación.

Durante la experiencia del ambiente de aprendizaje, el estudiante conoce los principios básicos de la robótica, por lo tanto, está en capacidad de resolver problemas de desplazamiento que impliquen el manejo de variables, toma de decisiones, uso de sensores infrarrojos y motores eléctricos.

La siguiente figura presenta el modelo cinemático del robot diferencial, los tres sensores infrarrojos y la ubicación de los dos motores.



Diseño experimental

Ahora bien, en términos metodológicos se trata de un estudio cuasi-experimental, que se adelanta con un “grupo natural” de estudiantes de educación básica secundaria. Con esto se busca identificar:

- a. La concepción de los estudiantes sobre robótica.

- b. El nivel de conocimiento técnico relacionado con robótica.

Para esto se realiza una prueba de entrada y una prueba de salida, se comparan los resultados para observar la validez del diseño del ambiente de aprendizaje.

Al realizar el estudio seguimos la siguiente secuencia:

Grupo experimental: Xe; M1; M2; Xs.

Donde: Xe es prueba de entrada, M1 y M2 son los momentos del ambiente, Xs es la prueba de salida, es decir, se da comienzo con la aplicación de la prueba de entrada a los estudiantes, para observar cómo se encuentran y tener una base para el posterior análisis; inmediatamente después, se inicia la aplicación del ambiente, comenzando por las actividades del momento uno (M1), seguido por el momento dos (M2) de contextualización. Al terminar la aplicación del ambiente se hace la prueba de salida, cuyos resultados se comparan con los obtenidos en la prueba de entrada, para determinar el cambio en la concepción de robótica que poseían los estudiantes y en el nivel de conocimiento técnico.

La prueba otorga un puntaje máximo de 18 y uno mínimo de 0. Formalmente, la prueba está compuesta por dieciocho preguntas, las cuales se dividen en nueve de concepción y nueve de conocimiento técnico. Cada pregunta concede un punto como máximo y cero como mínimo; el puntaje total de cada alumno se obtiene de la suma de la totalidad de los puntos obtenidos en la prueba. Los puntajes de concepción y conocimiento técnico son obtenidos de igual manera, con la diferencia de que sólo se suman las preguntas de cada sección para así conseguir su respectivo puntaje parcial.

Análisis de resultados

La prueba de entrada está dividida en dos partes, la primera comprende nueve (9) preguntas que hacen

referencia a la concepción de robot; la segunda, también con nueve (9) preguntas, gira en torno al conocimiento técnico relacionado con robótica. Los puntajes alcanzados por los estudiantes fueron muy bajos, tan solo un estudiante logró responder adecuadamente a poco más de la mitad de las preguntas de toda la prueba de entrada; con esto queda expuesto el bajo nivel de conocimiento relacionado con robótica que poseían los estudiantes antes pasar por nuestro ambiente de aprendizaje. Veamos con un poco más de detalle los resultados para poder apreciar mejor la magnitud de las falencias del grupo.

El grupo obtuvo un porcentaje bajo, 34.92, en lo que respecta a las respuestas acertadas, frente al porcentaje, 65.08, de respuestas no acertadas. A continuación haremos un análisis más específico. Como se señaló, la prueba de entrada se divide en dos partes, la de concepción del robot y otra sobre el conocimiento técnico inherente a la robótica; analicemos, entonces, estas partes por separado.

Apreciamos, en lo que corresponde a la primera esta parte de la prueba de entrada (concepción), que el nivel de acercamiento a la definición de robot ocupa prácticamente la mitad, las respuestas favorables sobrepasan al distanciamiento por un 3%. Podemos deducir que, a pesar de poseer falencias en este aspecto, los estudiantes tenían un indicio para acercarse a una concepción de robot algo más elaborada.

Podemos decir, en cuanto a la concepción de robot, que la mayoría de los estudiantes pensaban en un robot como una máquina que posee gran parecido físico al hombre, que debía hablar y / o moverse, pero no le dan importancia al hecho de la razón (inteligencia artificial); el parecido físico es una confusión bastante general y fundada en el hecho de que el robot reemplaza acciones funcionales del ser humano y en la influencia de la visión “fantástica” presentada por la televisión y el cine. Se evidencia, a partir de los resultados, la creencia que sostiene que durante el trabajo que desempeña un robot siempre debía estar presente un humano, de tal

forma que no se considera el robot como un sistema autónomo, capaz de actuar en un entorno por sí solo.

Asimismo, no son claras las características básicas de un robot como las de percibir, razonar y comunicar/actuar, teniendo en cuenta el comunicar no solo como el hecho de hablar, sino en las posibilidades que puede proporcionar un lenguaje gráfico, iconográfico, etc. Tampoco se evidencia claridad con respecto al fin de un sistema robot, de hecho la respuesta con mayor puntaje para los alumnos fue: “*un sistema actuante como humano*”; planteamiento que no tiene en cuenta que la mayoría de robots ni siquiera se mueven como humanos, lo que pone de manifiesto que no se asume que el robot es un *sistema actuante racionalmente*, partiendo de la premisa “Racional = Hacer lo correcto”; el actuar como humano implicaría el hecho de cometer errores y con el fin de no cometerlos o de, por lo menos, tener un menor porcentaje de ellos se implementaron los robots. En cuanto a cómo funciona la parte lógica del robot, un gran número de alumnos optó por responder que un humano siempre le indicaba al robot qué hacer, desconociendo que el robot debe ser autónomo en sus decisiones.

En cuanto al conocimiento técnico, apreciamos que los estudiantes no conocían muy bien los elementos técnicos necesarios para el funcionamiento de un sistema y los principios físicos que los hacen funcionar; ignoraban el empleo de sistemas, sistemas de sistemas y su relación para que un robot desarrolle determinadas tareas; desconocían también el empleo y el principio físico de los sensores y en particular el de infrarrojos. Asimismo, es pobre el conocimiento que poseen sobre la importancia de la programación y lenguajes para realizarla. Aunque distinguen un robot, no son claros al reconocer las funciones de un robot móvil. Es importante resaltar que el conocimiento técnico sobre electrónica y dibujo era aceptable. Sin embargo, esperábamos que tuvieran un mejor manejo de los conceptos sobre sistemas, ya que los estudiantes



poseen gran experiencia en el empleo de sistemas electrónicos. Respecto a los principios físicos que se aplican a las palancas o a los sensores, por ejemplo, no tenían una idea de cómo se podrían aplicar.

Dados los resultados de la prueba de entrada podemos decir que era de esperar que con toda la cantidad de información que reciben hoy en día los estudiantes, en películas, Internet y demás fuentes, tuvieran un concepto más claro de lo que es un robot; esto demuestra que la capacidad de análisis de un estudiante dentro de un ambiente tecnológico es mínimo, cuestión que queda más que confirmada en el análisis de la información, lo que demuestra que sólo aprenden características mínimas por la complejidad con que son presentados algunos elementos tecnológicos, fomentado esto en gran parte por la falta de estrategias educativas que intenten modificar esta situación.

Ahora bien, la prueba de salida está dividida, como la de entrada, en dos partes: la primera comprende nueve (9) preguntas que hacen referencia a la concepción de robot; la segunda, también con nueve (9) preguntas, sobre conocimiento técnico relacionado con robótica. Los puntajes varían entre 0 y 18, siendo cero el menor puntaje y dieciocho el mayor, cada pregunta otorga un punto si es correcta y cero en caso contrario; el puntaje final se determina por la suma obtenida de los puntos otorgados por cada respuesta.

Al revisar los datos arrojados por esta prueba, se evidencia un cambio drástico luego que los estudiantes pasaran por el ambiente de aprendizaje. Observamos un total del 81% de manejo de conocimientos acerca de robótica, contrasta esto con el 19% de fallos en la prueba

de salida. Podemos apreciar que la totalidad de los estudiantes respondieron favorablemente a más de la mitad de las preguntas de toda la prueba, a pesar que ningún estudiante logró un puntaje perfecto, si se acercaron muchísimo. Tal es el caso de los estudiantes 1, 4, 5 y 16 que obtuvieron puntajes de 16 y 17, teniendo en cuenta que el puntaje mayor sólo podía ser 18; puntajes muy buenos si se tiene en cuenta que en la prueba de entrada el mayor puntaje 11. Esto muestra la importancia del empleo de ambientes de aprendizaje como el propuesto.

La concepción de robot experimentó un cambio favorable, ahora los alumnos tienen una base de conocimientos bien fundada para reconocer un robot, sus funciones principales y su forma de interacción. Esto se ratifica si observamos que los estudiantes manejan un 79% del conocimiento relacionado con la concepción de robot. Observamos que el puntaje de cada estudiante y el promedio de respuestas frente al total de preguntas relacionadas con la concepción mejoró. Aquí, varios estudiantes estuvieron realmente cerca de una puntuación perfecta (estudiantes 4, 5, 7), puntuación que fue alcanzada por un estudiante (alumno 8).

En la prueba de salida, los estudiantes muestran mejores criterios para acercarse a una definición científica de robot. Ciertas afirmaciones equivocadas perdieron su valor para los estudiantes, ya que al manipular de cerca un sistema robótico pudieron contrastar lo que ellos consideraban “verdades” con una realidad tangible, lo que derivó en una redefinición de esas afirmaciones; algunas tomaron más fuerza, otras, en su mayoría, cambiaron.

“EL NIVEL DE CONOCIMIENTO QUE POSEEN LOS ESTUDIANTES ES BASTANTE SATISFACTORIO, TIENEN CLARA LA IDEA DE LO QUE ES UN SISTEMA Y QUE ÉSTE PUEDE ESTAR FORMADO POR OTROS DENTRO DE ÉL E INCLUYEN A LOS ROBOTS COMO SISTEMAS. MANEJAN LA INFORMACIÓN REFERENTE A SISTEMAS MECÁNICOS, SUS PRINCIPIOS FÍSICOS Y, LO MÁS IMPORTANTE, TIENEN CLARO SU EMPLEO Y LAS SITUACIONES MÁS FAVORABLES PARA SU USO”

Con respecto a la totalidad de preguntas de conocimiento técnico, se aprecia una muy alta puntuación en la mayoría de los estudiantes, tanto que dos de ellos obtuvieron un puntaje perfecto (1, 5). En cuanto al porcentaje grupal de conocimiento técnico, el resultado es gratificante, pues los estudiantes dan cuenta del dominio del 82% de la información que se ofreció. Este conocimiento se constituye en una herramienta muy importante para enfrentarse, en el futuro, a la construcción de sistemas robóticos.

El nivel de conocimiento que poseen los estudiantes es bastante satisfactorio, tienen clara la idea de lo que es un sistema y que éste puede estar formado por otros dentro de él e incluyen a los robots como sistemas. Manejan la información referente a sistemas mecánicos, sus principios físicos y, lo más importante, tienen claro su empleo y las situaciones más favorables para su uso.

De acuerdo con los datos de la prueba de salida, podemos plantear que los estudiantes tuvieron un incremento en los resultados de la prueba, dado el nivel de motivación que tenían y que la materia de robótica se les brindó como una electiva; a pesar de esto, no deja de ser sorpresa el cambio tan drástico que se presentó en el nivel de conocimiento.

En la prueba de entrada se observa que los alumnos poseían una manera equivocada de ver un robot, manejaban falsas afirmaciones y no les era muy claro como un robot se relaciona con el entorno, no concebían al robot como un sistema de sistemas y les era difícil verlo como un sistema autónomo con cierta inteligencia y capacidad de tomar decisiones.

Esta concepción cambió significativamente, puesto que en la prueba de entrada, un 47% de la información no era manejada por los alumnos; este porcentaje se disminuyó hasta llegar a un 21% después de realizar las actividades del ambiente de aprendizaje. Esto es de gran relevancia ya que les brinda una amplia

visión sobre lo que es un robot, lo cual genera una mayor claridad a la hora de implantar nuevos sistemas robóticos que podrían ser diseñados por ellos, ya que les ayuda a visualizar de mejor manera los entornos en los que se podría desenvolver un robot, las tareas que podría realizar y la manera cómo las llevaría a cabo; en otras palabras, el estudiante tiene ahora la capacidad de concebir mentalmente determinado robot que solucionaría una necesidad específica.

La razón de este cambio favorable puede estar relacionada con la etapa de contextualización (momento 2), en la que al construir el robot, se ponen en situación todos los conocimientos adquiridos en el momento 1. Contar con esta información, la integración de todos sistemas y la posibilidad de manipularlos y unirlos para que se vean funcionar en conjunto y cumplan con un fin, le brinda al alumno la oportunidad de tener otro punto de vista frente a lo que es un robot, esta visión magnifica su campo de percepción sobre lo que es realmente un robot, gracias a la oportunidad de manipular y construir un sistema robótico.

El cambio en el nivel de conocimiento técnico fue significativo. La prueba de entrada dio una visión sobre este nivel de conocimiento, veíamos con preocupación como un porcentaje tan bajo del 19%, nos indicaba el pobre nivel de conocimiento técnico que tenían los estudiantes, a pesar de tener buenas bases en conocimientos de electrónica y electricidad. La sorpresa se dio cuando al analizar los datos en la prueba de salida, se mostraba que los alumnos manejaban un 81% del conocimiento técnico, un aumento del 62% con respecto al nivel mostrado en la prueba de entrada. Esto se debe a la forma cómo está diseñado el ambiente, permitiendo la manipulación directa con material didáctico, el auto-cuestionamiento y las demás razones pedagógicas explicadas en capítulos anteriores.

Deducimos entonces que los alumnos poseen ahora herramientas como la programación, la mecánica y demás, que les serán de gran utilidad en otras áreas diferentes a la robótica, sin dejar de lado obviamente,

la utilidad que tendrán en un futuro, si los estudiantes se llegaran a enfrentar a la solución de problemas mediante sistemas robóticos.

El ambiente permite la adquisición de conceptos básicos de robótica. La robótica es posible dentro del área de tecnología, es un error pensar que la enseñanza de esta área es muy costosa, los alumnos con el aporte técnico de profesor pueden construir prototipos muy interesantes a bajo costo.

Los robots didácticos, por ejemplo, los tipo topo, los polilla, los tipo gato, perro, murciélago, el seguidor de línea, los hexápodos, los tipo cucaracha, tipo araña, los de exploración y en general los demás robots básicos se pueden generar, si se estudian profundamente las actividades del ambiente de aprendizaje, agregándole interés, creatividad y considerando la consulta bibliográfica.

Notas

- 1 A Method of Indoor Mobile Robot Navigation by Using Fuzzy Control Shigeki ISHIKAWA (Regular Member), IBM Research, Tokyo Research Laboratory, 5-19 Samban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 102, Japan.
- 2 Adaptive Neuro-Fuzzy-Expert Controller of a Robotic Gripper, Jorge Axel Domínguez-López, Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), Callejon de Jalisco s/n.

REFERENCIAS

- A Method of Indoor Mobile Robot Navigation by Using Fuzzy Control Shigeki ISHIKAWA (Regular Member), IBM Research, Tokyo Research Laboratory, 5-19 Samban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 102, Japan.
- Adaptive Neuro-Fuzzy-Expert Controller of a Robotic Gripper, Jorge Axel Domínguez-López, Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), Callejon de Jalisco s/n.
- Educational Robotics Initiatives in Slovakia, Pavel Petrovič, Richard Balogh, 1 Department of Applied Informatics, Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Comenius University, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava, Slovakia, 2 Institute of Control and Industrial Informatics, Faculty of Electrical Engineering and Informatics, Slovak Technical University. 2010.
- Advanced Robotics Projects for Undergraduate Students. Douglas Blank, Deepak Kummar, James Marshall, Lisa Meeden. Computer Science Program Bryn Mawr College. 2007.
- Student satisfaction and self-efficacy in a cooperative robotics course. Eric Zhi Feng Liu and Chun Hung Lin, National Central University, Chung-Li, Taiwan, ROC, Chiung Sui Chang, Tamkang University, Taipei, Taiwan, ROC.2010.
- Collaborative robotic instruction: A graph teaching experience. Rubén Mitnik *, Matías Recabarren, Miguel Nussbaum, Alvaro Soto. Department of Computer Science, School of Engineering, Pontificia Universidad Católica de Chile, Avda. Vicua Mackenna 4860, P.O. Box 306, Santiago 22, Chile. 2009.