

# Using Robot to Motivate Computational Thinking in High School Students

C. Enríquez, O. Aguilar and F. Domínguez

**Abstract**— The importance today is the development of computational thinking of technological professionals. This kind of thinking is useful for solving algorithms, analyzing, designing, coding and generating tests in a computer language. Today, obtaining knowledge and skills is related to the use of technology. In this paper, a robot is used as a teaching element to motivate the generation process of computational thinking in students of high school level. Measurement of variables, such as: advantages, interest, competition and operating time serve as indices to determine the degree of acceptance of this educational tool.

**Keywords**— Pensamiento Computacional, Robot Lego MindStorm NTX, Competencias.

## I. INTRODUCCIÓN

EL USO de robots en diversas aplicaciones industriales y en áreas del conocimiento ha aumentado exponencialmente en la última década en la mayoría de los países desarrollados [1-2]. De la misma forma, el mercado de la robótica educativa está creciendo rápidamente y la tendencia de crecimiento sigue en aumento para las próximas décadas. El uso de tecnología en las aulas como son: computadoras portátiles, sistemas robóticos y dispositivos móviles, representan una herramienta muy atractiva para mejorar la enseñanza de diferentes áreas del conocimiento en todos los niveles. Lo anterior porque los alumnos pueden manipular, experimentar, construir y programar en los diferentes dispositivos algoritmos para resolver diversos problemas [3-4]. Los robots en la educación tienen un amplio terreno de crecimiento y evolución, porque actualmente los elementos están diseñados para utilizarlos de manera intuitiva sin necesidad de tener conocimientos avanzados de electrónica o programación. El diseño simple y la facilidad de uso los convierte en una herramienta que permite experimentar, plantear y simular situaciones para proponer soluciones y desarrollar en el alumno diversas habilidades y conocimientos [5-6].

En este trabajo se presenta el aspecto de conocer el impacto de utilizar un robot para inculcar a los alumnos el interés por la ciencia, tecnología y mejorar sus habilidades que motiven el desarrollo de su pensamiento computacional mediante un

conjunto de variantes. El pensamiento computacional implica resolver problemas, diseñar sistemas y comprender el comportamiento humano, haciendo uso de los conceptos fundamentales de la informática. La esencia del pensamiento computacional es pensar como lo haría un científico informático cuando nos enfrentamos a un problema para resolver situaciones algorítmicas o proponer soluciones desde un punto de vista computacional [7-10]. En relación a la temática, en [7] se propone que el pensamiento computacional es una habilidad que todos deberíamos aprender de forma similar como es leer, escribir y realizar operaciones básicas de aritmética. Argumenta que esta competencia debe ser incluida en la formación de todas las personas desde temprana edad, ya que representa un ingrediente vital del aprendizaje de la ciencia, tecnología y las matemáticas.

En diversos trabajos se han reportado varias investigaciones donde diferentes tipos de robots se utilizan como una herramienta educativa para que los estudiantes desarrollen habilidades de pensamiento computacional [1,6]. En estos trabajos se hace un estudio en los diversos niveles educativos como son: primarias, secundarias y medio superior; donde están utilizando algunos tipos de robot como herramienta para crear ambientes de aprendizaje diferentes a los tradicionales para ayudar a los alumnos a resolver problemas complejos [1-3, 6, 9-10]. Dichos estudios revelan que los robots se pueden usar desde los primeros años de preescolar para trabajar la habilidad sensomotora, hasta el nivel universitario para el desarrollo de proyectos académicos de diferente complejidad. Además, en algunos trabajos se menciona que el uso de los robots ayuda a desarrollar el trabajo colaborativo, mejora el pensamiento crítico y promueve el gusto por la ciencia, tecnología y las matemáticas [6, 9, 11-13]. Ahora bien enfocándonos en la educación media superior en México, diferentes reportes muestran el desinterés de los alumnos mexicanos en seguir estudiando en licenciaturas o ingenierías relacionadas con ciencia y tecnología [14].

En este trabajo se describe la implementación de una estrategia para que alumnos de nivel medio superior desarrollen y/o mejoren sus habilidades de pensamiento computacional mediante actividades que involucren el uso de robots en clase, motivando su interés por aspectos tecnológicos relacionados a la programación de computadoras. El experimento consiste que un instructor con las habilidades y conocimientos suficientes elabore una estrategia para desarrollar el objetivo plasmado en el plan de clases insertando el manejo de un robot. El grupo se divide en equipos de diferentes tamaños donde los estudiantes trabajan de manera colaborativa para resolver diferentes problemas de

---

C. Enríquez, Cuerpo Académico de Desarrollo de Software Aplicado, División Ingenierías, Universidad Politécnica de Tulancingo, Hidalgo, México, carlos.enriquez@upt.edu.mx

O. Aguilar, Cuerpo Académico de Control e Instrumentación, División Ingenierías, Universidad Politécnica de Tulancingo, Hidalgo, México. omar.aguilar@upt.edu.mx

F. Domínguez, Colegio de Bachilleres del Estado de Hidalgo. Plantel Tulancingo, Hidalgo, México, flor.dominguez@yahoo.com.mx

programación utilizando un robot como una herramienta más de trabajo. Para conocer el nivel de habilidad de pensamiento computacional alcanzado por cada alumno, al finalizar el objetivo se realiza una evaluación de las actividades encargadas. Un objetivo del proyecto es enfatizar los aspectos claves para construir el pensamiento computacional en los alumnos como son: entender el problema, trazar un plan o algoritmo, ejecutar y/o implementar el plan y realizar pruebas [9, 13-15].

Otro objetivo del trabajo es conocer el resultado para definirse dentro de la disyuntiva, que existe entre los autores y teóricos de la educación, en relación a que si un robot ayuda o no a mejorar la enseñanza en el aula [1, 16-17]. Sin embargo, cabe mencionar que en diferentes países, muchas empresas en conjunto con especialistas y maestros de diversos niveles académicos están implementando otras ideas y desarrollando estrategias académicas para usar la robótica en la enseñanza de matemáticas, mecánica, computación, electrónica, entre otras áreas del conocimiento. Lo anterior sucede porque no existe evidencia clara y concisa para determinar que los alumnos presentan un mejor rendimiento académico y/o pensamiento computacional cuando se utiliza un robot para desarrollar actividades académicas [1, 6, 9, 13-15,18].

Un nicho de oportunidades que están explotando diferentes compañías en su división o rama de robots educativos, que crece exponencialmente año con año, es por el impacto de herramientas lúdicas en la enseñanza de diferentes asignaturas en todos los niveles académicos [3]. En diferentes trabajos mencionan que si se emplean de manera adecuada los dispositivos, los estudiantes encuentran una motivación extra para construirlos, modificarlos y programarlos en diferentes lenguajes de programación de forma autodidacta [3-6,11-12,15,17,18]. Cuando los alumnos interactúan con el robot, se cuenta con una herramienta flexible, que permite trabajar en equipo en la construcción de nuevos conocimientos, dejando de ser estudiantes puramente receptivos a ser capaces de desarrollar un pensamiento crítico para resolver problemas [17] y con habilidades para implementar algoritmos en un lenguaje de programación [18-19].

Diversos trabajos indican que desde temprana edad (4-6 años) los niños de preescolar en Estados Unidos de América, Israel, Australia, Taiwán, Japón, Chile, entre otros, pueden construir robots simples para familiarizarse con aspectos básicos de ingeniería, programación de computadoras, por lo cual iniciar a construir su pensamiento computacional a temprana edad [20-22]. En [23] se muestra que niños de primaria y secundaria que fueron integrados a un programa donde utilizan actividades de robótica en su plan de estudios presentan resultados positivos y alentadores en el desarrollo de habilidades del pensamiento computacional. Los resultados encontrados de estas investigaciones muestran que durante y al finalizar la participación en el programa los alumnos se comunican con un léxico relacionado al pensamiento computacional y lógica condicional. Pero los conceptos de abstracción, representación, análisis y diseño de algoritmos los utilizan de manera eventual. Otro estudio realizado con alumnos de 10 y 17 años indica que la robótica es una

herramienta muy útil en los jóvenes cuando se requiere enseñar conceptos abstractos en diferentes entornos de programación [24-25]. Asimismo, en varias universidades la implementación de diferentes prácticas con robots son utilizados para enseñar diversos conceptos de programación de computadoras entre los cuales se puede encontrar el análisis, diseño, codificación y pruebas. Los resultados indican que el robot es una excelente herramienta lúdica y cumple su tarea de ayudar como enlace para realizar actividades que estimulan el pensamiento computacional. Con este tipo de herramienta los alumnos de nivel superior tienen la capacidad de desarrollar pruebas a nivel más abstracto de computación [1, 9, 23,25-27].

Por otro lado, actualmente los tiempos de respuesta en la adquisición del conocimiento deben disminuir sin perder de vista los objetivos de la misma y un mecanismo para el aprendizaje de conceptos básicos como son las estructuras de control, se facilitan con la intervención de un robot como elemento didáctico para la enseñanza de la programación de computadoras. Otro inconveniente es que los autores difieren en la forma de dosificar o construir un plan de trabajo en el aula para impulsar o desarrollar las habilidades del pensamiento computacional en los diferentes cursos de los grados académicos [1, 9]. Aunque en diversos trabajos existen indicios de cómo poder implantar y desarrollar habilidades del pensamiento computacional en escuelas de educación básica, no se tiene definida la pedagogía o la forma de cómo enseñar a un niño o joven el desarrollo de sus habilidades de pensamiento computacional [28]. Pero además, no se cuenta con una metodología bien definida para evaluar el desarrollo del pensamiento computacional de los estudiantes según su edad [29]. Otro tópico que no está claro es a qué edad los niños o adolescentes (6-13 años) están listos para familiarizarse con conceptos avanzados de programación como la abstracción, algoritmos de programación, diseño y realización de pruebas [30].

En este contexto, el presente trabajo consiste en conocer los resultados del impacto de utilizar en tres grupos diferentes robots para realizar diversas prácticas de programación con la asesoría de un instructor capacitado; determinar si las actividades con el robot ayudan a desarrollar habilidades del pensamiento computacional en alumnos de diferentes edades de 15 a 17 años; y establecer si los jóvenes pueden desarrollar un gusto por la ciencia y tecnología cuando interactúan con un robot. Por lo cual, la pregunta a resolver es: ¿De qué forma los estudiantes de bachillerato de diferente edad y sexo pueden mejorar sus habilidades de pensamiento computacional cuando desarrollan prácticas utilizando un robot?

El artículo está organizado de la siguiente forma: en la Sección I se encuentra una revisión teórica de los puntos clave del desarrollo de la investigación; en la Sección II se detallan los recursos humanos, físicos y el desarrollo de la metodología desarrollada, la definición de las variables a inspeccionar; la Sección III muestra los resultados obtenidos; la discusión de los resultados se lleva a cabo en la Sección V. Finalmente, en la Sección VI se describen a detalle las conclusiones del trabajo y se sugieren algunos trabajos futuros.

## II. MATERIALES Y MÉTODO

La abstracción de conceptos como son las estructuras de control, secuencias, ciclos, decisiones en los alumnos que cuentan con un nivel en Educación Medio Superior no es aun comprensible debido a que su pensamiento formal al parecer no ha sido estimulado al 100% [31]. Con la finalidad de ayudar a tener un enfoque diferente al abstracto en el resultado de la programación de computadoras por parte del alumno, en este trabajo de investigación, se hace uso de un robot para hacer tangible el resultado del uso de las estructuras de control haciendo uso de su pensamiento computacional.

La capacidad de aplicar estructuras de control y su combinación es fundamental y crucial para la solución de problemas a través de la programación. Contar con un desarrollo en el pensamiento computacional es de importancia como una de las principales habilidades que los alumnos deben lograr en la educación informática. Este tipo de pensamiento es muy complejo y se compone de una amplia variedad de habilidades que se pueden entender en los diferentes niveles intelectuales [32], este aprendizaje se facilita empleando estrategias didácticas como las marca [33]. Sin embargo el desarrollo de este tipo de pensamiento es una de las dificultades con las que el alumno se enfrenta al iniciar su aprendizaje en el campo de la programación de computadoras. El pensamiento computacional en un porcentaje de alumnos de educación medio superior no es fácilmente comprensible, debido a los diversos estilos de aprendizaje, la conducción del desarrollo del mismo, es por ello que se debe de hacer tangible el resultado de esta actividad. Mediante la inclusión de un robot se puede captar la atención de los alumnos con características de aprendizaje diversas como son las visuales, auditivas y kinestésicas.

Para realizar este estudio se hace uso del robot Lego *Mindstorm* NTX debido a las características observadas en diversas investigaciones como lo son [34-36]. El lenguaje de programación de entrenamiento a los alumnos por dispuesto en los planes y programas de estudio es Java. Adicionalmente se utilizó como interfaz de programación, un conjunto de clases de Lejos que permite el acceso a cada módulo y componente del robot con la finalidad de verificar diferentes rutinas programadas en Java [37-39].

Los recursos humanos donde se aplicó el estudio fueron los alumnos que cursaron un área a fin a la programación de computadoras en el nivel Medio Superior. El estudio se desarrolló en escuelas del Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP) Plantel Cuauhtémoc y el Colegio de Bachilleres del Estado de Hidalgo (COBEH) Plantel Tulancingo ambos del Estado de Hidalgo. En la tabla 1 se describe el contexto donde se aplicó el estudio, el número de alumnos de cada grupo, género y plantel.

TABLA I  
DESCRIPCIÓN DE LOS GRUPOS DE ESTUDIO

Escuela	Grupo	Hombres	Mujeres	Total
COBAEH	Plantel G1	22	19	41
Cuauhtémoc	G2	11	22	33
CONALEP	G3	11	5	16
Tulancingo				
Total				90

Para el desarrollo del trabajo se llevó a cabo una estandarización de los planes de estudio en cada una de las instituciones participantes para incorporar al robot Lego *Mindstorm* como herramienta pedagógica y cumplir con las necesidades de los objetivos particulares de la planeación de clase de cada una de las instituciones que participaron.

Al término de la fase de implementación los alumnos contestaron un cuestionario donde ellos evaluaban los siguientes puntos: Utilidad, Conocimiento-Competencia, Interés y Tiempo de uso del robot; para medir el grado de pertinencia del uso del robot como herramienta pedagógica.

El estudio se encuadra en un proyecto experimental, descriptivo con grupos de control dirigidos, debido a que se observa y describe el comportamiento de los grupos sin tener una influencia en ellos. Las fases del estudio se resumen en el siguiente listado:

- Selección de los grupos identificando perfiles de aprendizaje.
- Planeación de las actividades para usar el robot en cada programa de estudios de los grupos de control.
- Incorporar el uso del robot en las actividades de enseñanza de las estructuras básicas de control de programación de computadoras.
- Evaluación de los conceptos y habilidades adquiridas en el desarrollo de las actividades.
- Aplicación de cuestionario para obtener el resultado de las variables.
- Tratamiento de los resultados para obtener respuestas.

### a) Definición de Variables de estudio

**Utilidad:** Esta variable se toma en cuenta para determinar la pertinencia del uso del robot como medio didáctico en la enseñanza de las estructuras de control. Tomando en cuenta aspectos como se muestran en el siguiente listado.

- Aplicación de la programación.
- Importancia del diseño.
- Proporcionar una solución con el uso de un robot.
- Identificar la facilidad del aprendizaje.
- Visualizar la acción y el efecto.

**Conocimiento-Competencia:** El uso de esta variable conjuga aspectos de importancia en la adquisición de las habilidades de la implementación de las estructuras de control. El propósito es cumplir los objetivos específicos incluidos en los planes y programas de estudio mediante la implementación de una variante en el proceso de enseñanza, como lo fue el robot; evaluándose los siguientes puntos:

- Entendimiento de las estructuras de control secuenciales.
- Entendimiento de las estructuras de control de decisión.
- Entendimiento de las estructuras de control cíclicas.
- Manejo de errores lógicos
- Logro de conocimientos requeridos en las competencias de la materia.

**Interés:** Esta variable mide el grado de aceptación en el cambio del paradigma de presentación del resultado de los algoritmos, es decir, se plasma la emoción, curiosidad por cursar una nueva experiencia en una materia de programación mediante el uso del robot. Para esta variable se evaluaron los

siguientes puntos:

- Aceptación del resultado de la codificación en el comportamiento del robot.
- Calidad en lo aprendido.
- Recomendación del robot como elemento de cambio en la programación de computadoras.

Tiempo de uso del robot: Esta variable se orienta principalmente en la cantidad de tiempo utilizado en el desarrollo del proceso de aprendizaje con la nueva herramienta, llevándose la medición mediante las siguientes variables:

- Tiempo de desarrollo de las prácticas.
- Replicación de las prácticas con el robot, es decir, tener más tiempo en la revisión y desarrollo de creatividad en ellas.

El diseño empleado en este trabajo fue cuasi-experimental. Tres grupos con un total de 90 estudiantes inscritos en el curso relacionado al tema de programación de computadoras. El experimento fue desarrollado durante 120 horas usando la técnica de conformación de equipos para el uso del robot. Todas las actividades fueron guiadas por el mismo profesor quien tenía conocimiento del uso del robot Lego, basándose en las siguiente planeación que se muestra en la Tabla II.

TABLA II  
MOMENTOS DE USO DEL ROBOT EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA

Momento	Etapas
1. Enseñanza tradicional	1. Fundamentos teóricos de programación
	2. Programación en lenguaje Java.
	3. Evaluación de conocimientos
	4. Introducción de los elementos de Lego <i>Mindstorms</i> NXT.
2. Uso del Robot como herramienta didáctica	5. Instrucciones básicas de programación en Lejos.
	6. Desarrollo de programas haciendo uso de Lejos.
	7. Evaluación integral.

Se realizó una adecuación al contenido de los programas de estudio de la materia donde se involucraría el uso del robot. De esta forma se le da entrada a los conceptos que involucran el uso de la robótica en el aula, como son: diseño, construcción y programación. En cada una de las etapas se cubrieron los conceptos indicados en los planes de estudio para no alterar el orden del logro de las competencias planeadas en el programa de estudios de cada una de las instituciones donde se habilitó el uso del robot.

El proceso de enseñanza-aprendizaje haciendo uso del robot se realizó explicando los mecanismos básicos como son la utilización de los sensores, servomotores y el ladrillo inteligente (microprocesador). Se propuso un diseño básico de armado del robot, con dos servomotores los cuales se manipularan mediante programación. Los alumnos adquirieron el conocimiento del concepto de interfaz de programación de aplicaciones (API), con la finalidad de que conocieran las clases y métodos que se utilizaron en el desarrollo de las prácticas. El esquema de enseñanza se dirigió mediante plan, actuar, controlar y evaluar.

*Plan.* Determinar la sesión, la estructura de control a lograr, las instrucciones nuevas de Lejos a enseñar y la forma de

dirigir el aprendizaje.

*Actuar.* Desarrollo de la actividad, incentivar el uso del robot mediante el conjunto de ejercicios seleccionados para que el alumno los desarrolle.

*Controlar,* el proceso de aprendizaje mediante la inspección del logro de las competencias del tema tratado, asesorando en el uso del robot o de la API de Lejos.

*Evaluar.* Como en todo proceso de aprendizaje se tiene que ver el grado de obtención del conocimiento, en este caso se llevó una evaluación de manera individual y grupal para determinar si se obtuvieron las competencias señaladas por el plan y programa de estudios. Para cubrir los tópicos de las unidades se hizo referencia al trabajo expuesto en [40], donde se detalla los conceptos del robot que pueden cubrir para cada una de las estructuras de control usada en la programación de computadoras.

### III. RESULTADOS

Para conocer los resultados de la investigación se levantó la información mediante un cuestionario en formato de escala de Likert. Con los datos que arroje la encuesta, se podrá determinar si un robot influye en el desarrollo del pensamiento computacional en los alumnos del nivel medio superior. La recolección de datos es detallada de manera descriptiva en las siguientes secciones los resultados obtenidos en la aplicación del experimento en los grupos de control.

TABLA III  
MEDIA GEOMÉTRICA DE LA VARIABLE UTILIDAD

Item	G1	G2	G3
Muy de acuerdo	0.5870	0.5989	0.6038
Algo de acuerdo	0.2658	0.3005	0.2894
Ni acuerdo,	0.0349	0.0528	0.0625
Ni en desacuerdo	0.0512	0.1212	0.0000
Algo de desacuerdo	0.0488	0.0606	0.0000

La Tabla III muestra los resultados de la media geométrica de la variable de utilidad. Los resultados de la variable indican que los tres grupos coinciden en la utilidad que tiene el robot como medio para hacer tangible el concepto de la programación. El uso de este recurso didáctico por parte de los alumnos les resultó novedoso, además de despertar la necesidad de aprender. Los alumnos muestran un mayor interés y además formularon las siguientes interrogantes: ¿Para qué más puede servir? ¿Dónde se puede aplicar? Los cuestionamientos se producen a partir de la adquisición de los nuevos conocimientos, como es el caso de habilitar movimiento a los motores del robot, controlar la dirección de los mismos desde un lenguaje de programación.

TABLA IV  
MEDIA GEOMÉTRICA DE LA VARIABLE CONOCIMIENTO

Item	G1	G2	G3
Muy Sencillo	0.2717	0.2614	0.4979
Sencillo	0.4034	0.5141	0.4021
Igual en ambos casos	0.1650	0.1027	0.1531
Un poco difícil	0.1062	0.0748	0.0000
Muy difícil	0.0000	0.0308	0.0000

En los resultados de la Tabla IV se observa que solamente

un grupo (G3) considera muy sencillo el uso del robot para el cumplimiento de los objetivos del plan de estudios. Los grupos (G1, G2) encuentran sencillo utilizar el robot para comprender diferentes estructuras de control, pero aun así la herramienta la consideran aceptable para el logro del aprendizaje.

En la variable de ánimo-interés como se refleja en los resultados de la Tabla V, los tres grupos se muestran receptivos a la idea del uso de un robot como variante en el proceso de la enseñanza de la programación.

TABLA V  
MEDIA GEOMÉTRICA DE LA VARIABLE ANIMO-INTERÉS

Item	G1	G2	G3
Muy de acuerdo	0.4404	0.4705	0.6412
Algo de acuerdo	0.4142	0.4356	0.3245
Ni acuerdo, Ni en desacuerdo	0.0922	0.0742	0.0625
Algo de acuerdo	0.0244	0.0303	0.0000
Muy en desacuerdo	0.0000	0.0303	0.0000

En los resultados de la tabla V, se observa que los tres grupos tienen una aceptación de “Muy de acuerdo” La Tabla VI indica los resultados de la variable de tiempos. Comentarios vertidos de alumnos que por segunda ocasión cursan la materia, hacen hincapié en los beneficios obtenidos en comparación con el esquema tradicional aplicado en la enseñanza de la programación. Además de tener una aceptación como una herramienta útil para el aprendizaje de la programación, debido a que perdieron el “pánico” infundado a la acción de programar, haciendo este proceso divertido, generando el interés, ya que inicialmente el número de prácticas planeadas, fue rebasada por la dinámica que los alumnos mostraron a lo largo del uso de esta herramienta, además de fomentar la colaboración y trabajo en equipo.

TABLA VI  
MEDIA GEOMÉTRICA DE LA VARIABLE TIEMPOS

Item	G1	G2	G3
Muy de acuerdo	0.1336	0.1485	0.1250
Algo de acuerdo	0.5604	0.4810	0.5303
Ni acuerdo, Ni en desacuerdo	0.0913	0.1714	0.0000
Algo de acuerdo	0.1035	0.1389	0.0000
Muy en desacuerdo	0.0000	0.0000	0.0000

Analizando los resultados de la variable tiempos, se puede notar que los alumnos manifiestan algo de inconformidad, debido principalmente a que la utilización del robot en el curso duro solamente en 120 horas. Para disminuir el grado de inconformidad de los jóvenes el instructor y alumnos se pusieron de acuerdo para crear y asistir a un club de robótica donde se dan asesorías y realizan otras prácticas en horario fuera de clases.

#### IV. DISCUSIÓN

El trabajo que se desarrolló se basa en utilizar un robot como medio didáctico tomando en cuenta las teorías constructivistas, dando énfasis en el desarrollo de las habilidades de creatividad y colaboración. Creemos que los

resultados del aprendizaje tanto de implementación como construcción de los algoritmos dieron resultados de manera positiva en los alumnos que participaron en el experimento. Un importante factor que se puede obtener es el uso de las estructuras de control para el desarrollo de programas y de esta manera obtener un nuevo conocimiento y desarrollo de competencias. Además de despertar otras habilidades durante el uso del robot como puede ser el diseño, construcción y programación dependiendo de la forma del robot. Durante el proceso los estudiantes representaron sus ideas, sus propia manera de entender los funcionamientos del robot y como representar su conocimiento mediante un programa.

La motivación del uso de robots en el proceso de enseñanza aprendizaje de la programación de computadoras se tornó positivo en el aula. El ejercicio originó un cambio de actitud de los alumnos ante el aprendizaje del lenguaje de programación propuesto, obteniendo como resultado mejores resultados en la evaluación curricular, obteniendo un mejor desempeño en el uso de las estructuras básicas de control de computadoras.

El tiempo de desarrollo del experimento se aduce que fue muy corto, debido a que se tenía que cubrir elementos que no fueron previstos para el uso del robot. Pero en experiencia propia de enseñanza y por la naturaleza de su reciente demanda de los robots, los planes de estudio no están diseñados aun para incorporar una variante de este tipo para la enseñanza de la programación de computadoras. La experiencia que arrojo el desarrollo del experimento, indica que la modificación de los planes y programas de estudio para incluir un robot como herramienta, es mínima. Por comentarios de los alumnos mencionan que el robot funciona como un mecanismo novedoso en la impartición de la materia que en ocasiones se torna aburrida y monótona.

#### REFERENCIAS

- [1]. F. B. V. Benitti, “Exploring the Educational Potential of Robotics in Schools: A Systematic Review”, *Computers & Education*, vol. 58, no. 3, pp. 978-988, Abril 2012.
- [2]. A. Eguchi, “RoboCupJunior for promoting STEM education, 21st century skills, and technological advancement through robotics competition”, *Robotics and Autonomous Systems*, vol.75, pp. 692-699, Enero 2016.
- [3]. C. Guerrero, A. Jaume, C. Juiz, I. Lera, “Use of Mobile Devices in the Classroom to Increase Motivation and Participation of Engineering University Students”, *Latin America Transactions, IEEE*, vol.13, no.1, pp.377-382, Enero 2016.
- [4]. G. Nugent, B. Barker, N. Grandgenett, G. Welcha, “Robotics camps, clubs, and competitions: Results from a US robotics Project”, *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 75, pp. 686-691, Enero 2016.
- [5]. M. Umaschi, L. Flannery, E. R. Kazakoff, A. Sullivan, “Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum”, *Computers & Education*, vol. 72, pp. 145-157, Marzo 2014.
- [6]. M. Kandlhofer, G. Steinbauer, “Evaluating the impact of educational robotics on pupils’ technical and social-skills and science related attitudes”, *Robotics and Autonomous Systems*, vol 75, pp. 679-685, Enero 2016.
- [7]. J. M. Wing, “Computational Thinking”, *CACM*, vol. 49, no. 3, Marzo 2006.
- [8]. J. M. Wing, “Computational Thinking and Thinking About Computing,” *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol. 366, pp. 3717-3725, Julio 2008.
- [9]. S. Atmatzidou, S., Demetriadis, “Advancing students’ computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender

- relevant differences", *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 75, pp. 661–670, Enero 2016.
- [10]. M. Israel, J. N. Pearson, T. Tapia, Q. M. Wherfel, G. Reese, Supporting all learners in school-wide computational thinking: A cross-case qualitative analysis, *Computers & Education*, vol. 82, pp. 263–279, Marzo 2015.
- [11]. M. Barak, Y. Zadok, "Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving", *International Journal of Technology and Design Education*, vol. 19, no. 3, pp. 289–307, Agosto 2009.
- [12]. R. Mitnik, M. Nussbaum, A. Soto, "An autonomous educational mobile robot mediator", *Autonomous Robots*, vol. 25, no. 4, pp. 367–382, Nov. 2018.
- [13]. F. Kalelioglu, "A new way of teaching programming skills to K-12 students: Code.org", *Computers in Human Behavior*, vol. 52 pp. 200–210, Nov. 2015.
- [14]. CONACYT-INEGI, Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología (ENPECYT) 2013. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/hogares/especiales/enpecyt/2013/default.aspx>
- [15]. M. Petre, B. A. Price, "Using robotics to motivate 'back door' learning" *Education and Information Technologies*, vol. 9, no. 2, pp. 147–158, Junio 2004.
- [16]. M. Berland, V. R. Lee, "Collaborative strategic board games as a site for distributed computational thinking", *Int. Journal Game-Based Learning*, vol. 1, no. 2, pp. 65–81, Abril 2011.
- [17]. S. Papert, *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*, 2<sup>da</sup> edición, New York, NY: Basic Books, 1993.
- [18]. D. Williams, Y. Ma, L. Prejean, G. Lai, M. Ford, "Acquisition of physics content knowledge and scientific inquiry skills in a robotics summer camp", *Journal of Research on Technology in Education*, vol. 40, no. 2, pp.201–216, Feb. 2007.
- [19]. I. R. Nourbakhsh, K. Crowley, A. Bhawe, E. Hamner, T. Hsiu, A. Perez-Bergquist, S. Richards, K. Wilkinson, "The Robotic Autonomy Mobile Robotics Course: Robot Design, Curriculum Design and Educational Assessment", *Auton. Robots*, vol. 18, no. 1, Enero 2005.
- [20]. D. P. Miller, I. R. Nourbakhsh, R. Siegwart, "Robots for education in handbook of robotics", *Springer Handbook Robotics*, Ed. Springer-Verlag, Berlin A1, 2008.
- [21]. M. U. Bers, L. Flannery, E. R. Kazakoff, A. Sullivan, "Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum", *Computers & Education*, vol. 72, pp. 145–157, Marzo 2014.
- [22]. K. Ramírez-Benavides, L. A. Guerrero, MODEBOTS: Environment for Programming Robots for Children Between the Ages of 4 and 6, *IEEE RITA*, vol. 10, no. 3, pp. 152–159, Julio 2015.
- [23]. M. C. Somanader, M. M. Saylor, D. T. Levin, "Remote control and children's understanding of robots", vol. 109, no. 2, pp. 239–247, Junio 2011.
- [24]. S. Grover, "Robotics and engineering for middle and high school students to develop computational thinking", *Annual Meeting of the American Educational Research Association*, New Orleans, LA, pp. 1–15, 2011.
- [25]. E. R. Kazakoff, A. Sullivan, M. U. Bers, "The effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood", *Early Childhood Educ Journal*, vol. 41, pp. 245–255, Oct. 2012.
- [26]. J. Lindh, T. Holgersson, "Does lego training stimulate pupils' ability to solve logical problems?", *Computers & Education*, vol. 49, pp.1097–1111, Dic. 2007.
- [27]. A. Cruz-Martín, J. A. Fernández-Madrigal, C. Galindo, J. González-Jiménez, C. Stockmans-Daou, J. L. Blanco-Claraco, "A LEGO Mindstorms NXT approach for teaching at Data Acquisition, Control Systems Engineering and Real-Time Systems undergraduate courses", vol. 59, no. 3, pp. 974–988, Nov. 2012.
- [28]. M. Berenguel, F. Rodríguez, J. C. Moreno, J. L. Guzmán, R. González, "Tools and methodologies for teaching robotics in computer science & engineering studies", *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 24, no. 2, pp. 202–214, Marzo 2016.
- [29]. A. Yadav, N. Zhou, C. Mayfield, S. Hambrusch, J. T. Korb, "Introducing computational thinking in education courses", *Proceedings 42nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, ACM Press, New York, pp. 465–470, Marzo 2011.
- [30]. C. Kazimoglu, M. Kiernan, L. Bacon, L. Mackinnon, "A serious game for developing computational thinking and learning introductory computer programming", *Procedia Social and Behavioral Sciences*, vol. 47, pp. 1991–1999, Febrero 2012.
- [31]. V. Barr, C. Stephenson, "Bringing Computational Thinking to K-12: What is Involved and What is the Role of the Computer Science Education Community?", *ACM Inroads*, vol. 2, no. 1, pp. 48–54, Marzo 2011.
- [32]. G. Futschek, "Algorithmic thinking: the key for understanding computer science", *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 1, pp. 159–168, 2006.
- [33]. G. Futschek, J. Moschitz, "Developing algorithmic thinking by inventing and playing algorithms", *Proceedings of the 2010 Constructionist Approaches to Creative Learning, Thinking and Education: Lessons for the 21st Century*, vol. 1, pp. 1–10, 2010.
- [34]. A. Álvarez, M. Larrañaga, "Experiences Incorporating Lego Mindstorms Robots in the Basic Programming Syllabus: Lessons Learned", *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, vol. 81, pp. 117–129, Enero 2016.
- [35]. R. Burbaitė, R. Damaševičius, V. Štūkys. "Using robots as learning objects for teaching computer science", *X world conference on computers in education*, pp. 101–111, Julio 2013.
- [36]. J. B. Weinberg, X. Yu. "Robotics in education: Low-cost platforms for teaching integrated systems", *Robotics & Automation Magazine*, Vol. 10, pp. 4–6, Junio 2003.
- [37]. M. W. Lew, T. B. Horton, M. S. Sherriff. "Using LEGO MINDSTORMS NXT and LEJOS in an advanced software engineering course." *2010 23rd IEEE Conference on Software Engineering Education and Training*. IEEE, pp. 121–128, Marzo 2010.
- [38]. D. C. Cliburn, "Experiences with the LEGO Mindstorms throughout the undergraduate computer science curriculum", *Frontiers in Education Conference*, 36th Annual. IEEE, Session T2F, 2006.
- [39]. B. Bagnall, *Maximum Lego NXT: Building Robots with Java Brains*, Variant Press, Third Edition, Julio 2012.
- [40]. W., Cheng-Chih, I. C. Tseng, H. Shih-Lung, "Visualization of program behaviors: Physical robots versus robot simulators", *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 53–62, 2008.



**Carlos Enríquez Ramírez** received the Master degree in Computer Science from Autonomous University of Hidalgo State - Pachuca, Hidalgo, México, in 2005, and a PhD in Software Engineering from the Popular Autonomous University of Puebla, in Puebla, México in 2013. Currently, he works as a teacher and researcher in the Polytechnic University of Tulancingo, in Hidalgo, Mexico. His current research interests are software process improvement and agile methodologies and technology applied to ASD.



**Omar Aguilar** received the Engineering degree in Electrical Engineering from Instituto Tecnológico de Pachuca, Hidalgo, México, in 1999; M.Sc. in Electrical Engineering from CINVESTAV Guadalajara, México in 2002; Ph. D. In Industrial Engineering from UAEH, Pachuca, México in 2014. Aguilar is currently Professor at the Engineering Department, of the Polytechnic University of Tulancingo, from 2002. His current research interests are in modeling and control of Wind energy systems and motor drives with computational intelligence techniques.



**Flor Dominguez Trejo** received the Master degree in engineering from Polytechnic University of Tulancingo-Tulancingo, Hidalgo State, México, in 2013, she works as a teacher and researcher in the COBAEH.