

Aprendizaje Basado en Retos, aplicado a la motivación y enseñanza de la robótica. Caso brazos robóticos en el laboratorio SIRO de la Facultad de Ciencias de la Computación

Challenge-Based Learning, applied to the motivation and teaching of robotics. Robotic arms case in the SIRO laboratory of the Faculty of Computer Science

José L. Hernández¹, Guillermina Sanchez¹, Luis E. Colmenares¹, Cinthya K. Saldaña¹

¹ Facultad de Ciencias de la computación,
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Ciudad Universitaria,
Edif. CC03- Laboratorio de Sistemas Robóticos "SIRO",
14 sur y Avenida San Claudio, fraccionamiento Jardines de San Manuel,
C.P. 72570, Puebla, Pue. México

¹{joseluis.hdzameca, guille.sroman, enrique.colmenares}@correo.buap.mx, cinthya.saldanae@alumno.buap.mx

Fecha de recepción: 8 de enero de 2021

Fecha de aceptación: 23 de abril de 2021

Resumen. En este trabajo se presentan los resultados de la investigación realizada en el laboratorio de Sistemas Robóticos (SIRO) de la Facultad de Ciencias de la Computación; sobre la implementación de la metodología de Aprendizaje Basada en Retos (ABR) para la asimilación de conceptos básicos del diseño de brazos robóticos. El objetivo del estudio es evaluar el aprendizaje y la motivación en los alumnos, mediante un examen pretest y un examen posttest. El análisis de resultados mostró los pros y los contras de aplicar ABR. Se concluyen los retos, los alcances logrados y las áreas de oportunidad para el mejoramiento de la implementación de dicha metodología.

Palabras Clave: robótica, Aprendizaje Basado en Retos, cinemática, brazo robótico, motivación.

Summary. This paper presents the results of the research carried out in the Laboratory of Robotic Systems (SIRO) of the Faculty of Computer Science; on the implementation of the Challenge-Based Learning (ABR) methodology for the assimilation of basic concepts of robotic arm design. The objective of the study is to evaluate the learning and motivation in the students, by means of a pretest exam and a posttest exam. The analysis of results showed the pros and cons of applying ABR. The challenges, the achievements achieved and the areas of opportunity for the improvement of the implementation of said methodology are concluded.

Keywords: robotics, Challenge Based Learning, kinematics, robotic arm, motivation.

1 Introducción

El desarrollo de robots no solo requiere de conceptos matemáticos, físicos, electrónicos y computacionales, para diseñar robots se deben saber utilizar diversas fuentes de información, realizar reportes y presentaciones con la información obtenida durante la investigación. Materias como Redacción y Aprendizaje autónomo ayudan a desarrollar dichas habilidades. Los principales problemas a los que se enfrentan los alumnos son el desánimo, el bajo aprendizaje y el abandono del proyecto al no comprender los conceptos de la cinemática, debido a que no se percibe como algo tangible o aplicable.

El término Challenge Based Learning (Aprendizaje basado en retos en español) se atribuye a la empresa Apple®. Este acercamiento se presentó al mundo como un enfoque práctico, en el que los estudiantes trabajan en equipo con otros estudiantes, docentes y expertos locales e internacionales. Esta iniciativa de colaboración educativa tiene como propósito promover un conocimiento más profundo de los contenidos que se están estudiando, identificar y resolver desafíos en sus comunidades, así como compartir los resultados con el mundo [1].

El aprendizaje basado en retos es una experiencia en donde los participantes deben desarrollar soluciones que requieren un abordaje interdisciplinario y creativo para desarrollar competencias transversales, por lo que es muy usado sobretodo en el ámbito tecnológico, puesto que se requiere desarrollar soluciones a problemas del mundo real que no solamente necesitan de la tecnología para ser desarrolladas.

En 2015 el programa de máster The Energy for Smart Cities del IET InnoEnergy [2] utilizó ABR para introducir retos de la vida real por parte de empresas, startups y municipios en la enseñanza de la ingeniería. Esta

metodología fue aplicada a lo largo de tres cursos de una semana, cada uno con un objetivo diferente, que abarcó: la innovación, el caso de negocio y la propuesta de emprendimiento.

En 2017 la escuela de Medicina y Ciencias de la Salud del Tecnológico de Monterrey [3] aplicó el ABR como una experiencia de innovación para enfrentar problemas de salud pública, su objetivo fue evaluar las competencias de pensamiento crítico y creativo al finalizar el programa. Esta investigación incorporó un abordaje cuantitativo, mediante un estudio descriptivo y transeccional.

Así mismo en 2018 el Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca [4] aplicó el ABR como una estrategia de innovación para mejorar el rendimiento académico de sus estudiantes en la carrera de Ingeniería Industrial en donde se concluyó que se debe generar un sistema de innovación que involucre a las instituciones educativas, sector industrial y al gobierno de una manera activa en busca de políticas que fomenten la creatividad y la invención para el beneficio de la sociedad y crecimiento de la nación.

El incremento de la complejidad de los problemas de la vida real es más perceptible en la educación superior debido al cambio de las estructuras sociales, todo esto como un claro ejemplo de la globalización. Por lo que en la formación de los estudiantes es necesario que todo proceso de “conocer” se traduzca en un saber: saber pensar, saber desempeñar, saber interpretar, saber actuar en diferentes escenarios, desde sí y para los demás [5].

La educación superior debe contar con una visión renovada desde su planeación, debe ser congruente con la sociedad actual y solventar sus problemas. Por ejemplo, se debe desarrollar nuevas tecnologías que amplíen y transfiguren las fronteras del proceso enseñanza-aprendizaje.

En este caso particular de la enseñanza de la robótica, los alumnos pierden interés cuando los temas vistos en clase no se llevan a la vida real. El ABR se ha implementado en estas áreas como una opción para fortalecer la conexión entre lo aprendido por los estudiantes dentro y fuera del aula además de aprovechar su capacidad de investigación [6]. La mayor parte de las experiencias obtenidas de ABR se encuentran en la periferia del plan de estudios, por tanto, es difícil asociarlo a una asignatura concreta [7]. La participación de personas con distintos roles, además del profesorado, permite que el alumnado se adapte a los diferentes enfoques [8].

El reto más grande de ABR está en poder aplicar dicha metodología a una asignatura concreta, cuya aplicación lleve un tiempo y esfuerzo razonable, que aporte resultados útiles percibidos por el propio alumnado y que permita disponer de un método bien definido que pueda medir la participación individual y cooperativa del alumnado [9].

Con la aplicación de esta metodología se busca incrementar la motivación por aprender, desarrollar competencias y habilidades para la comprensión profunda de la cinemática, desarrollar su capacidad de diagnóstico de problemas y su capacidad para encontrar y proponer una solución. Actualmente muchas empresas que figuran en el área de la robótica utilizan ABR para el desarrollo de proyectos [10] por lo cual es otro factor importante a tomar en cuenta para el planteamiento de los planes de estudio actuales, se debe preparar a los alumnos además de proveerles herramientas que les sean funcionales para la vida laboral.

2 Metodología

El ABR es un recurso didáctico para el diseño de experiencias y actividades que aporten valor a las clases, conecta a los alumnos con su exterior, los acerca al mundo real y hace que contribuyan a su comunidad mediante la búsqueda de soluciones a problemas reales.

En este trabajo la metodología se aplicó a un grupo de 10 alumnos del laboratorio SIRO, a los que se les propuso el reto de controlar los movimientos de un brazo robótico.

El rol del profesor y colaboradores fue el de facilitador de información y cumplir los roles de: experto, colaborador de aprendizaje, y proporcionar nuevos modelos de pensamiento. Los colaboradores del laboratorio que han participado cuentan con los perfiles adecuados.

El Profesor es quien plantea un tema que despierte interés y que afecte el entorno de los estudiantes, para resolver el reto, cuestiona a los estudiantes acerca de sus conocimientos previos. Guía las propuestas de solución cuestionando su viabilidad y relevancia. Modera la implementación de la solución y propone instrumentos de medición. Por último, facilita la publicación de las evidencias en diferentes medios (web, escuela, comunidad). En este caso el profesor llevó a cabo los pasos siguientes:

1. Aplica el pretest con el fin de tener un panorama de los conocimientos matemáticos de los alumnos.
2. Presenta el reto a resolver (controlar el brazo robótico).
3. Guía una lluvia de ideas para la solución del reto.
4. Indica el cronograma de actividades del proceso de resolución del reto.
5. Pide la realización de un mapa mental de la investigación.
6. Guía una segunda lluvia de ideas para definir la herramienta de solución.
7. Presenta los conceptos generales de la herramienta seleccionada.

8. Programa las exposiciones en donde los alumnos muestran sus avances.
9. Elabora y rellena las rúbricas de entrega de avances.
10. Aplica el postest con el fin de evaluar la motivación y el aprendizaje.

El estudiante participa activamente en el planteamiento de las preguntas, la solución del problema y es creativo a lo largo de la experiencia. Se involucra intelectual, creativa, emocional, social y físicamente. Las relaciones entre, el estudiante consigo mismo, el estudiante con otros estudiantes y el estudiante con el mundo, son desarrolladas a lo largo de toda la experiencia. Los estudiantes siguen los pasos siguientes:

1. Contestan el pretest.
2. Hacen una investigación del tema (controlar el brazo robótico).
3. Participan en la lluvia de ideas y proponen una solución para el reto.
4. Inician el cronograma de actividades.
5. Realizan una investigación y la plasman en un mapa mental.
6. Participan en la 2^{da} lluvia de ideas en donde acuerdan la herramienta de solución.
7. Asimilan los conceptos generales de la herramienta seleccionada.
8. Preparan sus exposiciones en donde muestran sus avances.
9. Obtienen retroalimentación por parte del profesor.
10. Contesta el postest.

A continuación, se definen los elementos propuestos para la aplicación de ABR:

- Idea general: Entender la cinemática como herramienta para el control de los brazos robóticos.
- Pregunta esencial: ¿Cómo controlar los movimientos de un brazo robótico?
- Reto: Controlar los movimientos de un brazo robótico.
- Preguntas, actividades y recursos guía: Examen pretest, postest, mapa mental, presentaciones y las rúbricas de evaluación.
- Solución: Propone el uso de la cinemática como herramienta para el control de los brazos robóticos.
- Implementación: Aplicación y realización de los exámenes, lluvia de ideas, mapa mental y presentaciones, rúbricas.
- Evaluación: Resolución de exámenes.
- Validación: Exposición del aprendizaje adquirido.
- Documentación y publicación: Portafolio de evidencias digitales.
- Reflexión y diálogo: El aprendizaje se reforzó mediante la retroalimentación del profesor, colaboradores y alumnos.

3 Resultados

Como parte de las actividades realizadas por el docente y los colaboradores del laboratorio, se muestran los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología ABR a 20 alumnos pertenecientes al laboratorio. En la tabla 1 se presentan los resultados obtenidos de la realización del examen pretest y en la tabla 2 los resultados del examen postest.

El examen pretest es idéntico al examen postest debido a que se requiere hacer una comparativa del antes y después de la aplicación de ABR. Ambos exámenes están basados en una encuesta de diseño propio, evaluada con una escala tipo Likert donde las respuestas son: Mucho, Poco y Nada.

Las preguntas 1 a 5 del pretest tienen el objetivo de medir el conocimiento previo y esas mismas preguntas en el postest, miden el aprendizaje adquirido posteriormente. Las preguntas 6 a 10 del pretest miden la motivación previa a la aplicación de la metodología ABR y las del postest, la motivación adquirida posteriormente.

Tabla 1. Porcentaje total de las respuestas al pretest.

Preguntas	Respuestas de los alumnos en porcentaje.		
	Mucho	Poco	Nada
1	15	25	60
2	10	30	60
3	15	40	45
4	20	30	50
5	20	30	50
6	10	40	50
7	20	30	50
8	20	30	50
9	15	45	40
10	25	30	45

Conocimientos previos: En la fila uno se muestra que el 60% de los alumnos no sabía nada de cómo mover un brazo robótico. En la fila dos el 60% no conoce las partes que forman a un brazo robótico. En la tercera fila el 45% de alumnos no sabe nada de las matemáticas que intervienen en el diseño de un brazo robótico. La cuarta fila muestra que el 50% no sabe nada de la cinemática. La fila cinco, muestra que el 50% tiene conocimientos nulos de los parámetros de Denavit-Hartenberg.

Motivación Previa: En la fila seis se muestra que el 50% de los alumnos se siente poco motivado a diseñar un brazo robótico. En la fila siete el 50% está muy motivado a controlar un brazo. En octava fila el 50% de alumnos está motivado para construir un brazo robótico. La novena fila muestra que el 40% está interesado en aplicar la robótica para solucionar problemas de la vida real. La fila diez, muestra que el 45% quiere trabajar como profesional de la robótica.

Tabla 2. Porcentaje total de las respuestas al postest.

Preguntas	Respuestas de los alumnos en porcentaje.		
	Mucho	Poco	Nada
1	50	15	35
2	75	10	15
3	60	15	25
4	75	15	10
5	50	25	25
6	60	20	20
7	45	40	15
8	50	15	35
9	60	30	10
10	75	15	10

Conocimientos posteriores: En la fila uno se muestra que el 50% de los alumnos saben mucho de cómo mover un brazo robótico. En la fila dos el 75% conocen las partes que forman a un brazo robótico. En la tercera fila el 60% de alumnos sabe poco de las matemáticas que intervienen en el diseño de un brazo robótico. La cuarta fila muestra que el 75% sabe poco de la cinemática. La fila cinco, muestra que el 50% sabe poco de los parámetros de Denavit-Hartenberg.

Motivación Posterior: En la fila seis se muestra que el 60% de los alumnos se siente motivado a diseñar un brazo robótico. En la fila siete el 45% está muy motivado a controlar un brazo. En octava fila el 50% de alumnos está motivado para construir un brazo robótico. La novena fila muestra que el 60% está interesado en aplicar la robótica para solucionar problemas de la vida real. La fila diez, muestra que el 75% se siente muy motivado para trabajar como profesional de la robótica.

Respecto a las tablas anteriores podemos observar la siguiente gráfica comparativa.

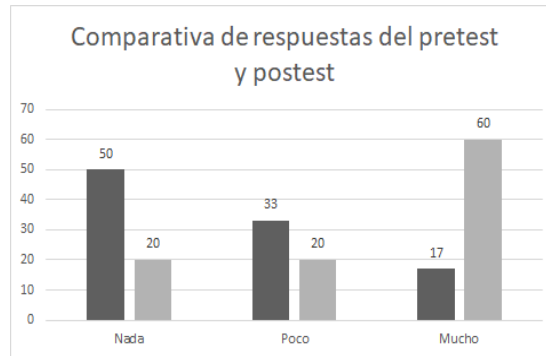


Fig 1. Gráfica comparativa de respuestas del pretest y postest.

En la Fig.1, podemos observar en el caso de “Nada” que el 50% del total de alumnos encuestados presentó nulos conocimientos de la cinemática a la hora de aplicar el pretest a diferencia del 20% que nos arroja la aplicación del postest, podemos observar una reducción considerable del porcentaje gracias a la metodología ABR. En el caso de “Poco” se muestra que el 33% tenía pocos conocimientos de la cinemática a diferencia del 20% que nos arrojó la aplicación de la metodología ABR.

De igual manera se muestra que el 17% de los alumnos tenía mucho conocimiento de la cinemática en la aplicación del pretest, este porcentaje aumentó a un 60% en la aplicación del postest, es decir después de la aplicación de la metodología basada en retos.

Ventajas del docente y colaboradores: El profesor tiene un rol activo donde puede registrar un diagnóstico sobre el estado actual de los alumnos, expresar la idea de forma clara e interactiva, enriquecer las ideas, organizar óptimamente el tiempo de las actividades, evaluar, seguir y retroalimentar los avances.

Desventajas: La metodología requiere constante retroalimentación, lo cual implica invertir más tiempo en el desarrollo de las actividades y mayor número de colaboradores conforme crece el número de estudiantes.

4. Conclusiones y Trabajos Futuros

El ABR es una metodología activa muy recomendable para aplicar en grupos reducidos de estudiantes, el dinamismo de los participantes (profesores, colaboradores y alumnos) mostró mayor motivación y aprendizaje en los alumnos del laboratorio. Así mismo es un buen método de trabajo cooperativo en el que los integrantes comparten información y colaboran en la consecución de un reto común, desarrollando así sus habilidades de comunicación y viendo la solución real del reto (control de un brazo robótico).

Con los datos obtenidos se ha demostrado que el ABR se puede aplicar en el contexto del entorno académico del alumnado en este caso específico en el laboratorio SIRO. Otro de los resultados notables obtenidos es la eficacia del método ABR para fomentar el trabajo cooperativo. Los resultados de aprendizaje muestran que los componentes de cada equipo comparten información y colaboran. Otro aspecto importante del ABR es el acercamiento a la realidad ya que gracias al trabajo de investigación que llevaron a cabo los alumnos se pudieron percatar de todas las posibles aplicaciones reales del brazo robótico no solo en el área de la educación sino también en la industria, así como la medicina.

Se concluye que el ABR es recomendable aplicarlo en grupos de trabajo pequeños y no se recomienda para grupos numerosos, debido a que la atención del profesor y colaboradores es limitada por la cantidad de equipos de trabajo, lo cual obstaculiza obtener los mismos resultados de aprendizaje que en grupos reducidos. Se propone seguir implementado ABR con grupos reducidos dentro del laboratorio, para motivar y enseñar a los integrantes, buscando mejorar el proceso de aplicación.

Agradecimientos

Agradecemos a los integrantes del laboratorio SIRO (alumnos y profesores), que han brindado sus conocimientos, habilidades y experiencias directa e indirectamente durante el desarrollo de esta investigación. A la facultad de Ciencias de la Computación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Referencias

1. Marin, C.; Hargis, J. y Cavanaugh, C.: "IPAD LEARNING ECOSYSTEM: Developing Challenge-Based Learning using Design Thinking," en *Turkish Online Journal of Distance Education*, vol. 14, no. 2, April 2013.
2. Martinez, M.; Crusat, X. A Challenge-based Learning methodology that introduces innovation and entrepreneurship in engineering through competition and real-life challenges. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. pp25-28 (2017)
3. Olivares, S; López, M; Valdez, J.: Aprendizaje basado en retos: una experiencia de innovación para enfrentar problemas de salud pública. *Educ Med. Trasformar la educación para fortalecer los sistemas de salud*. pp 230-237 (2018)
4. Rivera, D; Ponce, G; Estévez, A.: aprendizaje basado en retos: una estrategia innovadora para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes de la carrera de ingeniería industrial en el instituto tecnológico superior de Tantoyuca. *Revista ciencia administrativa congreso CIFCA*. pp 376-386 (2018)
5. Argudín, Y. (2001). Educación basada en competencias. *Educar: revista de educación/nueva época* 16
6. Whitney Brooke Gaskins, Jeffrey Johnson, Cathy Maltbie y Anant Kukreti, "Changing the Learning Environment in the College of Engineering and Applied Science Using Challenge Based Learning,". *International Journal of Engineering Pedagogy*, vol. 5, no. 1, pp 33-41, 2015.
7. Fidalgo, A. (2015) El reto del aprendizaje basado en retos. Recuperado de <https://innovacioneducativa.wordpress.com/2016/04/04/el-reto-del-aprendizaje-basado-en-retos/>
8. Savery, J. & Duffy, T., "Problem based Learning: An instructional model and its constructivist framework," en *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design*, B. Wilson, Ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Educational technology publications, Inc., 1996, pp 134 – 147.
9. Malmqvist, J. Rådberg, K.K., y Lundqvist, U., "Comparative Analysis of Challenge-Based Learning Experiences," en *Proceedings of the 11th International CDIO Conference*, Chengdu, Sichuan, P.R. China, 2015. Disponible en http://rick.sellens.ca/CDIO2015/final/14/14_Paper.pdf.
10. Johnson, L.F., Smith, R.S, Smythe, J.T, y Varon, R.K (2009). *Challenge Based Learning: An Approach for Our Time*. Recuperado de <http://redarchive.nmc.org/publications/challenge-based-learning-approach-our-time>.