

EXPERIENCIAS DEL APRENDIZAJE BASADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS (ABCP) EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

EXPERIENCES OF LEARNING BASED ON THE CONSTRUCTION OF PROTOTYPES (LBCP) IN HIGHER EDUCATION

V. Santacruz Vázquez¹
O. Laguna Cortés²
C. Santacruz Vázquez³

RESUMEN

La aplicación del Aprendizaje Basado en la Construcción de Prototipos (ABCP) es una opción aplicable para el proceso enseñanza-aprendizaje de las áreas de Ingeniería, Física, Química y Matemáticas a nivel básico universitario, representando una opción para elevar el interés, motivación y comprensión en el estudiante durante el proceso de aprendizaje, lo que permite una mejor comprensión de los fenómenos y desde el punto de vista social una mejor integración a un equipo de trabajo, así como menores índices de reprobación y probablemente una estancia universitaria más satisfactoria.

ABSTRACT

The application of Learning Based on The Construction of Prototypes (LBCP) is an applicable option for the teaching-learning process of the engineering areas: Physics, Chemistry, and Mathematics at the university studies. Representing an option to raise interest, motivation and understanding of the student during learning process. This strategy allows to the student a better understanding of the phenomena and from the social point of view a better integration to a work team, reduce the lower failure rates and probably a more satisfactory university residence.

ANTECEDENTES

El aprendizaje de los estudiantes en las áreas de Física, Química y Matemáticas a nivel básico superior se ha caracterizado por ser un proceso repetitivo, teórico, individualista, sin aplicación en una situación real. Siendo difícil para los estudiantes la comprensión de diversos conceptos, dado que no presentan una motivación y falta de interés durante el aprendizaje de estas materias. Por ello, la justificación de este proyecto se basa en la aplicación de una metodología activa denominada Aprendizaje Basado en la Construcción de Prototipos (ABCP), estrategia adaptada en diversos ámbitos universitarios relacionados con la pedagogía y las áreas de ingeniería y que pretende ser evaluada en los cursos de Física, Química y Matemáticas correspondientes al nivel básico de las carreras de Ingeniería que se imparten en el Instituto Tecnológico de Puebla Tecnológico Nacional de México.

En dicha metodología, el alumno es implicado en un equipo multidisciplinario para la resolución de un problema práctico y real, proceso en el cual el estudiante es guiado por un profesor, pero a su vez desarrolla una autonomía relativa, terminando con la culminación de un prototipo.

¹ Investigadora Titular de la Facultad de Ingeniería Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
versanva@gmail.com

² Profesor de Tiempo Completo del Instituto Tecnológico de Puebla del Tecnológico Nacional de México.
oscardoble@hotmail.com

³ Investigadora Titular de la Facultad de Ingeniería Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
clausanva@yahoo.com.mx

Este tipo de metodología permite materializar en el estudiante oportunidades de aprendizaje en el aula, desde el punto de vista académico y social, permitiendo una mayor motivación, y constatando la aplicación práctica de lo trabajado y de valores relacionados con su desarrollo y práctica profesional en los primeros semestres de Ingeniería. Con esta estrategia, el estudiante adquiere un mayor dominio de procedimientos y conceptos.

Con respecto al profesor, este actor, debe crear un ambiente óptimo de aprendizaje guiando el proceso, haciendo uso de las estrategias metacognitivas y reforzando los esfuerzos tanto individuales y grupales, así como, un seguimiento minucioso durante la construcción del diseño de prototipos. El profesor debe estar continuamente retroalimentando y evaluando a los estudiantes, considerando dos niveles, el grupal que implica la integración a un equipo y el del aprendizaje adquirido por cada estudiante.

El profesor y los estudiantes deben automotivarse y motivarse entre ellos, con estrategias dinámicas, ser empáticos y tener habilidades de comunicación para fomentar relaciones constructivas en el ámbito académico y social.

El objetivo general de este trabajo de investigación es documentar la implementación del aprendizaje basado en la construcción de Prototipos (ABCP) para la enseñanza del flujo de corriente eléctrica en sus diferentes aplicaciones y grados de complejidad entre los estudiantes universitarios de primer semestre, representando una opción para reducir el fracaso escolar, elevar el interés, motivación y comprensión del estudiante durante el aprendizaje de los conceptos de electricidad, en su modalidad de sistema híbrido.

El aprendizaje basado en prototipos

Actualmente, se busca la resolución de problemas que afecten a grupos, comunidades o sociedades y, por ello, una de las metas de la educación es enseñar a los estudiantes a resolver problemas de una manera crítica. La utilización del enfoque del aprendizaje basado en proyectos (ABP) permite a los estudiantes desarrollar la habilidad de resolver problemáticas de una forma colaborativa y creativa en donde cada estudiante aprende de su compañero de estudio, conoce su perspectiva, juntos analizan las distintas propuestas y escogen la mejor solución. Con el ABCP se consigue un entorno activo donde el centro de atención gira alrededor de los estudiantes y no al docente.

El ABCP es una estrategia de enseñanza diferente a la tradicional, que promueve nuevas prácticas y hábitos de aprendizaje, haciendo hincapié en las habilidades de pensamiento creativo activo para ilustrar a los estudiantes de que hay una infinidad de formas de resolver un problema. Esta estrategia destaca las actividades de aprendizaje que son a largo plazo, interdisciplinarias y centradas en el estudiante. A diferencia de las actividades tradicionales, dirigidas por el maestro en el aula.

Los estudiantes a menudo tienen que organizar su propio trabajo y gestionar su propio tiempo en una clase basada en proyectos (ABP), pero el ABCP difiere de la instrucción tradicional por su énfasis en la construcción colaborativa de los alumnos para representar lo que se está aprendiendo. Existe una creencia generalizada de que el objetivo final del ABCP, es el resolver la problemática planteada. Pero según Molina, *et al.* (2003), la resolución del

problema no es el objetivo final del ABCP, sino que este solo se utiliza “como sustento de la identificación de los temas de aprendizaje, para su estudio de manera independiente o grupal”.

Desarrollo de prototipos en la educación

Tradicionalmente, el desarrollo de prototipos es generado por la industria, un prototipo es la primera versión de un producto en el que se han incorporado algunas características contempladas para la versión final.

Los prototipos se crean con rapidez y a un costo bajo para explorar la factibilidad de que un concepto se convierta en un producto útil y comercializable. Se pueden fabricar a mano con materias simples o aplicando herramientas de cómputo e ingeniería altamente sofisticadas (Hu, *et al.*, 2012).

El objetivo es ayudar al innovador a visualizar y refinar su producto, porque, aunque el diseño no presente problemas es muy probable que al iniciar su construcción aparezcan fallas no previstas. Normalmente, el prototipo no es tan funcional como se espera que sea el producto final, durante su proceso de manufactura, ya que no incluye la totalidad de las especificaciones, lo importante es incluir las funcionalidades básicas para que el innovador y el inversionista adquieran una idea de las fortalezas y faltas del producto. El diseño de prototipos es un proceso iterativo, de tal forma que el producto evolucione tanto como sea posible antes de entrar al mercado (Laudon, K. & Laudon, J., 2012).

Las tecnologías actuales marcan un cambio en la educación, el uso de software como una nueva herramienta para la generación de prototipos en un corto tiempo, permite a los educadores y estudiantes capacidades para realizar prototipos complejos (Baird & Frey, 2000). Un prototipo permite al estudiante crear y observar su producto, desarrollando capacidades que en su momento solo podrían ser adquiridas en la industria mediante su ejercicio profesional; también permite un contacto con los procesos para desarrollar y fabricar productos funcionales, generando una estructura creativa, que en la mayoría de los libros de texto se trata en una mínima parte o que no se toma como prioridad en ellos, considerando que parte de la literatura que se consulta en las instituciones de educación superior no es muy actualizada.

En el Aprendizaje basado en prototipos (ABCP), el alumno relaciona los contenidos conceptuales vistos en clase con la realidad del mundo que le rodea, principalmente en las áreas de Ciencias Básicas (Matemáticas, Física y Química) y sobre todo con su futuro profesional, siendo así el estudiante el protagonista de su aprendizaje y el docente guía del proceso y del estudiante mismo. Dicha metodología llevada a cabo se centra en la formación de grupos o equipos de trabajo de 4 o 5 personas, quienes trabajaran en forma conjunta por un periodo semestral. En un primer momento, los estudiantes deciden sobre el tema en el que se van a centrar, diseñando a partir de este momento, un prototipo de intervención real.

El docente les hace un seguimiento mediante tutorías y evalúa de forma continua su trabajo, con el objeto de evaluar los logros obtenidos en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, el profesor utiliza instrumentos para la medición de la satisfacción durante el desarrollo de la actividad. Los resultados son altamente positivos, correlacionando con otras experiencias

previas similares, resaltando la hipótesis que el uso de la aplicación de la ABCP aumenta el rendimiento académico, incrementa la motivación, y fomenta la capacidad de trabajo entre los estudiantes.

Este cambio de perspectiva conlleva una mayor relación y acercamiento con el futuro laboral y profesional de los estudiantes, quienes deberán desarrollar una serie de habilidades, competencias y actitudes complementarias al dominio de aquellos conocimientos específicos de las diferentes materias (Muñoz y Díaz, 2009; Nourdine, *et al.*, 2008). El Aprendizaje basado en la construcción de prototipos (ABCP) es una metodología activa que surge en los 70, en diversos ámbitos universitarios relacionados con la pedagogía (Carrasco, *et al.*, 2015), concretamente, en la Universidad de McMaster (Canadá), para combatir un problema de desmotivación en los estudiantes (Nourdine, *et al.*, 2008). La aplicación de esta última estrategia metodológica del aprendizaje permite y fomenta la comprensión y aceptación por parte del estudiante acerca de aceptar la responsabilidad de su propio aprendizaje. Esta técnica presenta diversas ventajas entre ellas una mayor motivación por el trabajo de diseño, desarrollo de valores relacionados con su práctica profesional, mayor dominio de procedimientos y conceptos. Además, permite desarrollar actividades más acordes con las necesidades del estudiantado, adaptables al ritmo de cada uno de ellos, así como la aplicación del conocimiento a problemas reales (Muñoz y Díaz, 2009).

Un aspecto muy positivo es el trabajo en pequeños grupos, de 4 o 5 personas, en los que el alumno debe aprender y fomentar habilidades comunicativas, interpersonales, desarrollando la autorregulación y respetando las contribuciones que realicen sus compañeros. Todos ellos tienen responsabilidad sobre las decisiones que se tomen y el trabajo conjunto depende del esfuerzo individual, integrando habilidades de colaboración para construir su conocimiento (Sánchez y Vidal, 2013). Aprenden a aprender y a que sus compañeros aprendan, retroalimentándose, superándose y aprendiendo de los errores, de esta forma aumentan su autoestima, sintiéndose orgullosos de su trabajo (Navarro, *et al.*, 2011).

El ABCP conlleva muchos beneficios, entre ellos que se mantenga una retroalimentación y evaluación continua por parte del docente, el establecimiento de un cronograma de actividades que evidencien el progreso de los diferentes grupos, generación de un espacio de reflexión por parte del estudiante, preparación con miras a un futuro profesional y laboral, incrementando la motivación y la implicación tanto de alumnos como de docentes (Collazos, 2009). Además, promueve el pensamiento creativo y la toma de decisiones. Por ello, se puede afirmar que el ABCP facilita el aprendizaje de nuevos conocimientos y permite aplicar los ya adquiridos, desarrolla habilidades transversales, entre ellas la planificación, redacción, comunicación, así como la responsabilidad para afrontar una situación real (Carrasco, *et al.*, 2015), y permite un avance real en la habilidades blandas y duras del estudiante, refiriéndose esto último a las habilidades duras, como aquellas habilidades técnicas que el estudiante debe de adquirir durante su permanencia en la institución, mientras que las habilidades blandas se refieren a la adaptación que el estudiante presenta en su entorno de trabajo, también conocido como inteligencia emocional, factor clave para el éxito profesional.

Entre las características que deben tener los actores de este proceso se encuentra el docente y el estudiante. El docente debe crear un ambiente óptimo de aprendizaje guiando el proceso, alentando el uso de las estrategias metacognitivas y reforzando los esfuerzos tanto

individuales como grupales, haciendo un seguimiento minucioso del diseño de los prototipos. Debe dar una retroalimentación o feedback y realizar evaluaciones continuas del aprendizaje adquirido por cada estudiante. Debe motivar, dinamizar los grupos, ser empático y tener habilidades de comunicación para fomentar las relaciones con el estudiantado.

Por su parte, los estudiantes han de tener una actitud proactiva, de investigación, saber planificarse, interrelacionar conocimientos, trabajar con los miembros de su grupo en la misma dirección, saber proyectar en la realidad los conocimientos adquiridos y presentárselos a sus compañeros, de esta manera se impulsa las habilidades sociales necesarias para el mejor desempeño por parte de los estudiantes.

Son muchas las universidades que han llevado a cabo la implementación de nuevas metodologías, entre ellas el ABCP, y diferentes son las asignaturas en las que su puesta en práctica ha tenido resultados satisfactorios.

Dada la cercanía que los autores de este trabajo tienen con los estudiantes que cursan las materias del tronco común de las licenciaturas en ingeniería, específicamente matemáticas, física y química, se construyeron varios prototipos basados en una necesidad real.

METODOLOGÍA

En el marco de la Convocatoria Jornadas del Conocimiento emitida por CONACYT en el mes de Octubre de 2018, misma que convoca la participación de los estudiantes en proyectos de investigación básica e investigación aplicada, se decidió que este evento permitiría la aplicación correcta de la estrategia ABCP para probar sus efectividad y demostrar sus ventajas y desventajas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes inscritos en las carreras de ingenierías que se imparten en esa institución.

Como paso inicial se invitó a los estudiantes inscritos en los primeros semestres de las licenciaturas de ingeniería electrónica, eléctrica y gestión empresarial. Se formaron equipos de 4 estudiantes, de una forma interdisciplinaria y al azar, verificando en todo momento la motivación y compromiso de participación.

RESULTADOS

EXPERIENCIA: CAMPO DE APLICACIÓN FÍSICA.

Construcción del prototipo MAQUINA DE TOQUES (TASER).

Nivel de los participantes: BÁSICO

Identificación de la necesidad

La construcción de este prototipo se basó en la identificación de una necesidad de seguridad por parte de los estudiantes. Se consideró que dadas las condiciones de inseguridad pública que prevalecen en las colindancias de la institución, este producto podría resolver una problemática de las estudiantes, generando una mayor confianza durante su traslado. De acuerdo con las estadísticas poblacionales proporcionadas por el Departamento de Servicios Escolares de la institución, la población estudiantil femenina asciende a 4500 estudiantes y

con ello la posibilidad de que un gran número de unidades de este dispositivo puedan comercializarse.

Planeación

En este proyecto se formó un grupo de cuatro estudiantes que cursan las carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica y Gestión Empresarial, todos ellos dispuestos a colaborar, interactuar y formalizar la construcción del prototipo denominado Máquina de Toques (Taser).

Fenómeno estudiado

Desde el punto de vista aprendizaje, este equipo funciona como un dispositivo descargador de corriente eléctrica, cuyo fenómeno se describe como el paso de una corriente eléctrica de 9 amperes y el empleo de un voltaje de 20 voltios. Es decir que, a partir de una fuente o un oscilador eléctrico que convierte la corriente eléctrica directa de la fuente en corriente alterna y un transformador de voltaje instalado a la inversa puede elevar el voltaje de la fuente con un mínimo de corriente. Para ello, fue necesario la construcción del circuito electrónico consistente en una fuente de poder y diversos agentes resistores para lograr que el amperaje de diseño se cumpliera. Esta experiencia permitió la correcta comprensión y asimilación de los conceptos de los resistores y fuentes de poder. La interacción de los estudiantes de ingeniería eléctrica y electrónica también generó una mayor comprensión del fenómeno de la transferencia de electrones en los estudiantes de gestión empresarial y su relación con respecto a la seguridad y manejo adecuado del fenómeno eléctrico.

Además, permitió conocer que el cuerpo humano por estar compuesto de agua y electrolitos en su mayor porcentaje, funciona como un conductor débil, es decir, una resistencia eléctrica. Y que desde el punto de vista aplicación cutánea pudiese presentar un efecto nocivo en la salud de los posibles malhechores. Estos prototipos fueron llevados a cabo por los alumnos y asesorados por el docente guía y fueron presentados en las Jornadas Nacionales del Conocimiento en el año 2019, ganando el segundo lugar en el evento.

RESULTADOS

La estrategia pedagógica del Aprendizaje Basado en la Construcción de Prototipos (ABCP) aplicada en esta investigación mediante el diseño e implementación de prototipos experimentales relacionados con el concepto y uso de la corriente eléctrica y sus factores permitió la identificación de algunas fortalezas y ventajas. Esta estrategia es considerada una metodología de enseñanza-aprendizaje no tradicional para las diferentes carreras de Ingeniería que se imparten en el Instituto Tecnológico de Puebla-Tecnológico de México, ya que, en esta institución en la gran mayoría de las asignaturas se aplica los métodos de enseñanza-aprendizaje tradicionales consistentes en la exposición por parte del profesor, con clases expositivas-demostrativas y un rol pasivo del estudiante, por lo cual, este trabajo de investigación sirve también como un antecedente para invitar a la comunidad escolar a aplicar diferentes metodologías de enseñanza aprendizaje, entre ellas la ABPC, entre otras diferentes.

En algunos casos la metodología tradicional conductual no es efectiva, siendo varias las causas que afectan su productividad, entre ellas la falta de financiamiento a las instituciones de educación superior que se ve reflejada en una mala infraestructura, deficiente

equipamiento de los laboratorios, falta de reactivos, y desde el punto de vista recursos humanos se considera una baja motivación de los profesores. La estructura institucional es otra variable que juega un papel importante para la baja eficiencia de las metodologías tradicionales, entre ellas escasa vinculación con los sectores productivos y académicos, limitado número de convenios para la realización de práctica profesionales y servicio social, así como la falta de una estructura que fomente el emprendedurismo y la innovación.

La desvalorización tecnológica, el desconocimiento de las tendencias tecnológicas actuales para la resolución de problemas reales por parte de la sociedad estudiantil y el profesorado, es otro de los factores que contribuye a la baja eficiencia del sistema educativo, poniéndose de manifiesto en la falta de innovación de nuestra sociedad mexicana.

Finalmente, la sociedad en su conjunto juega el papel fundamental, la falta de valores familiares, deficiente acompañamiento en la educación e instrucción de nuestros hijos, desvirtualización de la actividad docente ha conducido a la desconfianza social del sistema educativo mexicano. No obstante, no todo es negativo, es necesario la integración de todos los actores, entre ellos los profesores, estudiantes, directivos, y la sociedad misma para cambiar el concepto de aprendizaje, evaluación y fracaso escolar. Afirmando que la aplicación de diferentes estrategias como ABP, estudio de casos y ABCP, propuesta en este trabajo permitirá identificar a los actores del sistema educativo la estrategia adecuada para el aprendizaje efectivo y significativo en cada asignatura, considerando las necesidades sociales, culturales y de infraestructura específicas para cada región, grado, nivel.

Reforzando lo siguiente : Las necesidades para llevar a cabo un proceso efectivo de enseñanza aprendizaje deben ser identificadas y resueltas por el sistema educativo en forma particular; sabedores de que cada centro educativo es diferente y que no es deseable adoptar en forma ciega todas las formas y metodologías propuestas en otros países o regiones del país, siendo necesario la intervención de los actores para identificar y conocer las necesidades, fortalezas y virtudes de los sistemas educativos y, con ello, una autoevaluación objetiva de los alcances y resultados de la actividad docente.

CONCLUSIONES

Concluyendo que debe implementarse diversas estrategias para fortalecer la capacidad y habilidades en los alumnos de recién ingreso en las Instituciones educativas, como el ITP y otras universidades que han decidido estudiar alguna licenciatura de Ingeniería, con el objetivo de afianzar sus conocimientos y habilidades de pensamiento necesarias para evitar el fracaso escolar y lograr el éxito laboral, social, económico y emocional que genera la educación en ciudadano.

BIBLIOGRAFÍA

- Baird, D., & Frey, G. (2000). Does rapid prototyping improve student visualization skills. *Journal of Industrial Technology*, vol. 16(4). 2-5. <https://cdn.ymaws.com/www.atmae.org/resource/resmgr/JIT/frey082200.pdf>
- Carrasco, A., Donoso, J., Duarte, T., Hernández, J. y López, R. (2015). Diseño y validación de un cuestionario que mide la percepción de efectividad del uso de metodologías de participación activa (CEMPA). El caso de aprendizaje basado en proyectos (ABPrj) en

- la docencia de la contabilidad. *INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, vol. 25(58). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81841166011>
- Collazos, C. (2009). Enseñanza de la conservación del momento angular por medio de la construcción de prototipos y el aprendizaje basado en proyectos. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3 (2), 427-432. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3693197>
- Hu, B., Chai, X., Yan, X., & Hou, B. (2012). *Multi-Disciplinary Virtual Prototype Modeling and simulation theory and application*. Nova Science Publishers
- Laudon, K., & Laudon, J. (2012). *Sistemas de información gerencial*. Pearson Educación. <https://juanantonioleonlopez.files.wordpress.com/2017/08/sistemas-de-informacic3b3n-gerencial-12va-edicic3b3n-kenneth-c-laudon.pdf>
- Molina, J., García, A., Pedraz, A. y Antón, M. (2003). Aprendizaje basado en problemas: una alternativa al método tradicional. *Revista de la Red Estatal de Docencia Universitaria*, 3(2), pp. 79-85. <https://revistas.um.es/redu/article/view/10191/307651>
- Muñoz, A. y Díaz, M. (2009). Metodología por proyectos en el área de conocimiento del medio. *Revista docencia e investigación*, núm. 19, pp. 101-126. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3259247>
- Navarro, I., Pertegal, M., Gil, D., González, C. y Jimeno, A. (2011). *El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica y pedagógica para estimular el desarrollo de competencias profesionales*. IX Jornadas de redes de investigación en docencia universitaria: diseño de buenas prácticas docentes en el contexto actual. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/19885>
- Nourdine, A. y Bemposta, S., Fernández, J. y Egado, V. (16-18 de julio de 2007). *Una experiencia de aprendizaje basado en proyectos en una asignatura de robótica*. XIII Jornadas de enseñanza universitaria de la informática. Universidad de Zaragoza, Teruel. <http://bioinfo.uib.es/~joemiro/aenui/procJenui/Jen2007/Jen2007.pdf>
- Sánchez, M. y Vidal, O. (2013). Aprendizaje colaborativo basado en proyectos desarrollados en ingeniería. *Revista iberoamericana para la investigación y el desarrollo educativo*, 10. <https://1-11.ride.org.mx/index.php/RIDESECUNDARIO/article/view/453>