

Propuesta de diseño del Wili robot como estrategia didáctica del ABP, en alumnos de bachillerato de la carrera de Técnico en Energía Sustentable

Proposal for the design of the Wili robot as a didactic strategy for PBL, for students of the Sustainable Energy Technician career

María Guadalupe Rodríguez Angeles: Instituto Politécnico Nacional, México.
mgrodriguez@ipn.mx

Fecha de Recepción: 20/06/2024

Fecha de Aceptación: 15/11/2024

Fecha de Publicación: 18/02/2025

Cómo citar el artículo

Rodríguez Angeles, M. G. (2025). Propuesta de diseño del Wili robot como estrategia didáctica del ABP, en alumnos de bachillerato de la carrera de Técnico en Energía Sustentable [Proposal for the design of the Wili robot as a didactic strategy for PBL, for students of the Sustainable Energy Technician career]. *European Public & Social Innovation Review*, 10, 01-14.
<https://doi.org/10.31637/epsir-2025-1614>

Resumen

Introducción: El aprendizaje basado en proyectos (ABP), es una estrategia didáctica que promueve la investigación de problemas actuales, entre los estudiantes, como la contaminación ambiental. **Metodología:** 40 estudiantes de la carrera de Técnico en Energías Sustentables (TES), organizados en 8 equipos, proponen el diseño de un robot recolector de basura con valor económico en la escuela, mediante un proyecto de investigación importante para el medio ambiente. Realizaron investigación documental de residuos sólidos urbanos (RSU) valorizables, su impacto ambiental, para proponer el diseño de un robot y su posible construcción con material reciclado. **Resultados:** Los alumnos propusieron el diseño del robot recolector de lata, vidrio y PET. **Discusión:** La sustentabilidad considera el equilibrio del medio ambiente, la economía y la sociedad, ésta debe cuidar el medio ambiente, sin RSU, derivados de la actividad humana. El hombre diseña robots para realizar actividades peligrosas y para cuidar el ambiente. **Conclusiones:** El ABP fortaleció el interés de los alumnos por la investigación al diseñar el Wili robot recolector de RSU valorizables, que ayude a reducir

la contaminación y sea una herramienta didáctica en la educación ambiental y la técnica, para estudiantes de bachillerato. Este trabajo es parte del proyecto SIP20241998, “Wili robot, la tecnología en apoyo del cuidado del ambiente”, Instituto Politécnico Nacional, México.

Palabras clave: ABP; estrategia didáctica; sustentabilidad; proyecto de investigación; ambiente; residuos sólidos urbanos; investigación; robot.

Abstract

Introduction: Project-based learning (PBL) is a didactic strategy that promotes students' interest in research, for the resolution of problems such as environmental pollution. **Methodology:** 40 students of the Sustainable Energy Technician (TES) career, organized in 8 work teams, propose the design of a robot garbage collection with economic value in the school, through the proposal of an important research project for the environment. They carried out documentary research on recoverable urban solid waste (MSW), its environmental impact to propose the design of a robot with recycled material. **Results:** The students proposed the design collecting robot for can, glass and PET. **Discussions:** Sustainability considers the balance of the environment, economy and society, who must take care of the environment, keep it clean, without MSW, derived from human activity. Man designs robots to perform dangerous activities and to take care of the environment. **Conclusions:** PBL strengthened the students' interest in research by designing the Wili robot harvester of recoverable MSW, which helps reduce pollution and is a didactic tool in environmental and technical education for high school students. Work part of the SIP20241998 project, “Wili robot, technology in support of environmental care”, National Polytechnic Institute, Mexico.

Keywords: PBL; didactic strategy; sustainability; research project; environment; urban solid waste; environmental education; robot design

1. Introducción

Las estrategias didácticas son los procedimientos sistematizados y acciones que facilitan el proceso enseñanza-aprendizaje, haciendo uso de diversos recursos y medios que llevan al aprendizaje significativo del alumno (Díaz-Barriga y Hernández, 2004; Tobón, 2010).

Actualmente las estrategias didácticas para el aprendizaje de los estudiantes en el aula y otros entornos más utilizadas son: el aprendizaje basado en proyectos (ABP), aprendizaje basado en problemas, el debate, el método basado en la ciencia, la tecnología, la ingeniería, el arte y las matemáticas (STEAM), el trabajo colaborativo, el aula invertida, los estudios de caso, el aprendizaje basado en retos y la gamificación entre otros. El ABP puede considerarse una estrategia didáctica, una forma de inducir a los alumnos a la investigación y una estrategia para que los alumnos aprendan a trabajar de manera colaborativa y activa (Galeana, 2006).

La estrategia didáctica del ABP tuvo su origen en la década de 1960, por el profesor Haward Barrows de la Universidad de Canadá, que quería implementar un método de aprendizaje activo con sus alumnos, el cual fuera diferente a la educación tradicional que sólo era transmisión de conocimientos del maestro al alumno quien memorizaba la información (Zambrano et al, 2022).

En el ABP, el estudiante es el centro de atención, porque es él quien realiza el trabajo activo, para resolver problemas complejos de la vida cotidiana y de su entorno, los cuales realmente están sucediendo y hay que darles solución. Así, se promueve y fortalece el interés por la investigación en los estudiantes, quienes desarrollan habilidades al realizar el aprendizaje autónomo, por un lado, y por otra parte, el trabajo colaborativo en equipos de manera

interdisciplinaria con docentes y otros estudiantes de la misma o de diferentes carreras técnicas para aplicarlo en la resolución de problemas actuales como la contaminación ambiental y la sustentabilidad (Fernández-Cabezas, 2017).

Mediante el ABP el estudiante tiene un papel activo en su aprendizaje significativo, diseña y construye un producto final con aplicación en el mundo real, para el que previamente tuvo que realizar observación, análisis e integrar conocimientos de su experiencia personal de vida, del aula, de laboratorios y talleres que cursa a lo largo de su preparación académica y técnica en la escuela, haciendo uso de estrategias y el método de investigación, en un trabajo conjunto alumno-maestro en forma activa, el cual se socializa (Botella-Nicolás, 2019; Díaz-Barriga y Hernández, 2004). Esta es una estrategia de aprendizaje toma elementos del constructivismo y de los trabajos de Vygotsky, Piaget y Bruner que consideran el carácter social y continuo del aprendizaje, así como los modelos mentales que llevan al individuo al conocimiento (Vielma y Salas, 2000).

Al investigar los estudiantes aprenden a realizar tareas complejas a desarrollar capacidades mentales superiores como la búsqueda de información, análisis crítico y síntesis de información, pensamiento crítico y sistemático, además se fortalece el compromiso y la responsabilidad al trabajar en equipo y en forma individual (Galeana 2006).

El problema actual para resolver empleando el ABP con los alumnos, considerado en este trabajo fue un tema ambiental porque el deterioro del ambiente debido a la actividad humana cada día es más notorio en la devastación de los bosques, la pobreza de nutrientes y erosión de los suelos, en la contaminación de tierra, agua y aire, que afecta a la humanidad y que lleva a la extinción de las especies de flora y fauna. Actualmente se requiere hacer acciones encaminadas a disminuir o anular los efectos nocivos al ambiente (Gómez, 2014).

La preocupación por el cuidado de la tierra históricamente se da en diversas culturas entre ellas en México, desde tiempos prehispánicos diversos pueblos entre ellos los Aztecas, quienes diseñaron el sistema de riego de los cultivos mediante la técnica en terrazas y chinampas para optimizar el uso del agua, los recursos naturales como la flora y fauna, mediante un método natural de absorción de agua en el caso de las chinampas (González y Torres, 2014; Mountjoy, 2014)

En el siglo pasado, la Bióloga Carson (1962), preocupada por el medio ambiente, en Estados Unidos escribió el libro, “La primavera silenciosa” en el que alertó sobre el grave peligro del uso de los insecticidas y su efecto nocivo para la salud del hombre, la flora y la fauna, como las aves e imaginando un mundo silencioso. Esto motivó a que más personas se preocuparan por el cuidado del planeta, iniciándose así en los años 60 el movimiento ambientalista, que hay aún en nuestros días en diferentes países para tener un mundo sano, en bien de generaciones presentes y futuras.

Posteriormente en 1972, inició el trabajo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en Estocolmo Suecia, durante la gran conferencia sobre “el medio humano” que involucró a distintos países, y en donde se realizó una declaración con siete proclamas y 25 principios, además del plan de acción para cuidar el medio ambiente humano, con una mirada internacional. En esta conferencia también se creó el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) específico para temas ambientales (ONU, 1972).

En 1992 se realizó la conferencia de Río de Janeiro que señaló a los factores social, económico y ambiental como interdependientes y cuyo objetivo fue proponer un plan de acción internacional y la cooperación en temas ambientales para el siglo XXI. Esta reunión recibió el

nombre de Cumbre para la Tierra y en ella se estableció el concepto de desarrollo sostenible.

Además, se hicieron recomendaciones para la educación, el cuidado de los recursos naturales y nuevas formas de participar en la economía sustentable. Otros logros de la Cumbre fueron: la declaración de Río con 27 principios universales, la convención sobre cambio climático, la conservación de bosques y el convenio sobre la diversidad biológica. Por otra parte, se creó la Comisión sobre Desarrollo Sostenible y se promovió una convención para la lucha contra la desertificación (ONU, 1992 y Guimaraes, 1992).

Al llegar el milenio en el 2000 se realizó una Cumbre o reunión en la que participaron representantes de más de 100 países y tuvo ocho objetivos, entre ellos: pobreza cero, promover la igualdad de géneros y garantizar un medio sustentable.

En 2002 la reunión considero el cuidado del agua y de las actividades agrícolas. Instruyendo a los países a procurar el uso de fuentes de energía renovables; el cuidado de la propiedad intelectual; comercio, salud y medicamentos; la disminución de efecto invernadero relacionada con el protocolo de Kioto.

La reunión del 2007 dio pauta para proteger a las poblaciones y evitar genocidio. Se dieron reuniones de seguimiento para informar las actividades realizadas en materia de sustentabilidad en los años de 2008, 2010, 2012 y 2013, hasta que en el 2015 surge la agenda 2030 con sus 17 objetivos de desarrollo sustentable, el cuarto se refiere a la oportunidad permanente a la educación, que sea inclusiva, equitativa y de calidad (ONU, 2015).

El concepto de desarrollo sustentable entendido como: satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras, surgió en la Comisión Brundtland de la Asamblea General de 1983 y su informe “Nuestro futuro común” se presentó hasta 1987 en el que apareció el termino desarrollo sustentable y la integración de políticas ambientales, económicas y sociales como pilares de la sustentabilidad (Comisión Económica para América Latina y el Caribe/ONU, 2024).

Por todo lo anterior la sociedad debe participar en el cuidado del medio ambiente, hacer buen uso de los recursos naturales y evitar la contaminación que se produce cuando se depositan residuos o basura en la tierra y en el agua.

Los residuos pueden ser sólidos urbanos, de manejo especial o peligrosos. Los residuos urbanos o municipales o sólidos urbanos (RSU), se producen durante las actividades del hombre en las ciudades, en espacios como: casas, escuelas, comercios, industrias y servicios públicos. El manejo de los RSU representa un problema grave que requiere una pronta solución en la que participe la población en general, escuelas, comerciantes, industriales en México y en todo el mundo, ya que, de no hacerlo su crecimiento será tal que habrá 70% más residuos en el 2050 (Bartra y Delgado, 2020; Holcim, 2024).

En el 2018 se realizó un ensayo para la determinación de la generación de residuos sólidos urbanos, por día en el CECYT 11, encontrándose lo que se muestra en la tabla 1.

Tabla 1.

Residuos valorizables generados en 24 en el CECYT11.

Residuos Valorizables	Kg
------------------------------	-----------

Cartón	6
Papel	4.6
Vidrio	2.8
Tetra Pak	4.6
Lata de metal	7.91
Rebaba de fierro	3.8
PET mezclado	17.4
Total	47.11

Fuente: Elaboración propia (2024).

El desarrollo de la tecnología ha contribuido grandemente al daño y a la contaminación del ambiente, pero también puede ayudar a revertirlo. Una aplicación de la tecnología para este fin es el diseño y construcción de robots para la recolección de basura o RSU, además de ser una estrategia didáctica para la enseñanza e inducción a la investigación de los alumnos.

La palabra robot fue usada por el escritor checo *Karel Capek* en 1921 y proviene de las palabras checas “robotá” que significa “trabajo obligatorio” y “robotnik” que significa siervo. Los primeros robots industriales llamados “Unimates” se crearon en el siglo pasado entre las décadas de los 50’s y 60’s por Joe Engelberger, considerado el padre de la robótica. A partir de los 80’s su uso y desarrollo fue mayor. Por otra parte, el término robótica fue usado por primera vez en 1942 y actualmente se usa para referirse a la ciencia que estudia e investiga sobre el diseño, construcción, operación y mantenimiento de los robots. Para esto se requiere integrar conocimientos de física, matemáticas, biología, neurociencias, química, computación, electricidad, electrónica y mecánica, principalmente (Ruiz, 2007).

El objetivo del presente trabajo fue inducir a los alumnos a la investigación, para hacer propuestas y crear un robot que ayude tecnológicamente para la solución de un problema de importancia actual como es la contaminación y aplicando la estrategia didáctica del ABP.

Si, los alumnos de la carrera de TES integran y aplican sus conocimientos de la carrera técnica, entonces pueden proponer al menos el diseño de un modelo de un robot recolector de basura.

2. Metodología

La aplicación del ABP se realizó en la presente investigación en un grupo de 40 alumnos que cursaban el tercer año del nivel medio superior (bachillerato), del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 11 “Wilfrido Massieu” (CECYT11), de la carrera de Técnico en Energía Sustentable (TES), se organizaron en 8 equipos de trabajo colaborativo con cinco integrantes, en la materia de Química en la que revisan el tema de Termoquímica, en el que no le encuentran aplicación y significado en su carrera técnica, por ello es necesario aplicar estrategias didácticas como el ABP y diseñar actividades que los motiven e interesen y en las que integren conocimientos, previos y nuevos, así como conocimientos teóricos y prácticos de la carrera técnica que cursen.

La problemática planteada a los alumnos fue que actualmente, el ambiente está altamente contaminado, en el aire, agua y la tierra, por ello se necesita revertir el daño que el hombre le ha causado con su actividad cotidiana, industrial y doméstica.

A los equipos se les solicitó que realizaran investigación documental con referencias en formato APA de los siguientes temas: 1) Relación de la termoquímica y la generación o liberación de energía que se da en la basura para que el aprendizaje fuera significativo con Química. Los alumnos debían mencionar al menos tres reacciones importantes, indicando los reactivos y productos, así como aplicar sus conocimientos de Termoquímica para indicar cuantas kilocalorías por mol (Kcal/mol) generan y determinar la entalpía de las reacciones para indicar si se trata de reacciones endotérmicas que absorben calor o exotérmicas que liberan calor al medio ambiente cuando se efectúan. 2) Realizar una investigación sobre el origen y la clasificación de los residuos sólidos urbanos y 3) Propuesta para el diseño i construcción de un robot. Además se pidió la información integrada en un documento de Word, material para presentación oral en Power point y el modelo de la propuesta del robot.

En el proceso de descomposición de la basura se producen diversas reacciones químicas que liberan calor, contaminan el ambiente y pueden producir daños a la salud del hombre, los vegetales y los animales.

En la carrera de TES a la que pertenecían los estudiantes, se fomenta la consciencia y educación ambiental y les da herramientas para el cuidado del medio ambiente, evitando la contaminación del planeta, por ello se les solicitó investigar sobre la clasificación de los residuos sólidos urbanos, valorizables y no valorizables.

Los jóvenes que cursan la carrera técnica adquieren conocimientos tecnológicos como: diseño e interpretación de planos eléctricos y electrónicos, electrotecnia, tecnología eléctrica y electrónica, que se requieren para la construcción de un robot que colecte sólo los residuos valorizables como PET, lata de aluminio y cartón.

Los estudiantes también realizaron investigación previa de los robots que existen ya en otros países para limpiar el ambiente para hacer una propuesta de diseño del Wili robot, que podía ser en un esquema o construido con materiales reciclados útiles, para disminuir el costo y la contaminación. Debían proponer un modelo de robot para presentar al final, el cual debía ser evaluado siguiendo una rúbrica, retroalimentado y validado por la maestra, para finalmente emitir una conclusión.

En cuanto a la construcción del robot, según el conocimiento de los alumnos y lo que investigaron, estas son las características técnicas y ambientales que se deben considerar en el diseño de un robot:

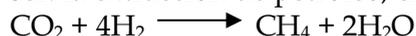
- Tamaño y forma que le permitan desplazamiento además de su funcionalidad.
- Su peso debe ser el adecuado para poder desplazarse aún con los RSU y para ser estable.
- El centro de gravedad debe estar bajo para evitar que se voltee fácilmente.
- Sistema de propulsión seleccionado para moverse, ya sean ruedas, orugas que dependerá del terreno en el que va a trabajar el robot.
- Los sensores deben de identificar y distinguir los residuos valorizables.
- Brazo mecánico o sistema de succión para recoger los residuos valorizables y depositarlos en un contenedor. Este componente debe ser suficientemente flexible y fuerte para levantar objetos pesados o potente para succionar los residuos.
- El sistema de control debe permitir realizar la ruta preestablecida.

- Batería para el suministro independiente de energía que le permita al robot trabajar largo tiempo sin necesidad de recarga.
- Comunicación para su operación por control remoto.
- El entorno de operación, si es en la calle, escuela, industria, playa o bosque.
- El tipo de residuos a recolectar y el peso.
- Eficiencia energética en su funcionamiento, que sea mínima la energía que requiere para disminuir costos.
- Que el robot sea seguro para las personas, los animales y el medio ambiente.

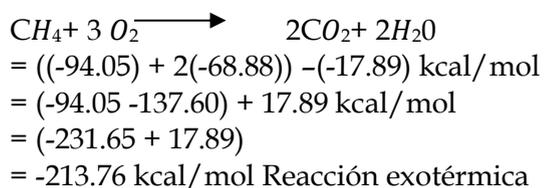
3. Resultados

La estrategia didáctica de ABP, aplicada en los alumnos para inducirlos a la investigación y hacer significativo el aprendizaje de la unidad de Termoquímica relacionada con la energía liberada o absorbida al realizarse las reacciones químicas en el laboratorio, en la naturaleza o en la basura, pueden ser altamente contaminantes para el aire, el agua o la tierra. Los estudiantes investigaron e identificaron las siguientes reacciones:

La fermentación de alimentos y descomposición de diversos compuestos orgánicos realizada por microorganismos produce gas metano (CH₄), vapor de agua (H₂O) y bióxido de carbono (CO₂), importante porque son gases de efecto invernadero. Otras fuentes del metano pueden ser: la extracción de petróleo, el estiércol, la industria y aguas residuales.



Por otra parte, un aspecto útil del metano es como combustible, que al efectuarse la reacción de oxidación total o combustión se obtiene energía por ello, esta reacción es exotérmica y produce -213.76 kcal/mol según los cálculos realizados por los alumnos, en donde están aplicando los conocimientos aprendidos en el aula y en el laboratorio, para resolver un problema de contaminación ambiental.



A los alumnos se les solicitó una investigación documental sobre los residuos sólidos, su origen y clasificación, así por su origen pueden ser orgánicos o inorgánicos. Los orgánicos son biodegradables como los restos de comida, plantas o animales sometidos al proceso de compostaje, mediante el cual se hace abono orgánico y se aprovechan los nutrientes que contienen, disminuyendo la cantidad de materia orgánica que se va a los vertederos.

Los residuos inorgánicos son diversos, como cartón, papel, plástico, vidrio, metales como el aluminio de las latas, estos materiales se pueden reciclar. Los residuos también se clasifican en valorizables y no valorizables. Los valorizables pueden reciclarse, reutilizarse o convertirse en recursos útiles, como es el caso del papel, vidrio, plástico, metal y cartón, entre otros. Los residuos no valorizables no se pueden reciclar o reutilizarse fácilmente, como algunos tipos de plásticos no reciclables, residuos que son tóxicos para la salud y el medio ambiente. Es necesario gestionar adecuadamente ambos tipos de residuos para minimizar el impacto ambiental (Martínez et al, 2005).

La gestión de los RSU es importante para proteger la salud del hombre, animales, plantas y el medio ambiente impactando seriamente en la calidad de vida de la población y de los

ecosistemas. Un compromiso de las generaciones de hoy es cuidar los recursos naturales, para utilizarlos en forma eficiente y sustentable que ayude a disminuir su impacto negativo por agotamiento, al entrar a un modelo tradicional de extraer recursos naturales que en ocasiones se acaban, al entrar al ciclo de producir, consumir y a veces medio consumir, para finalmente desechar. La forma de evitar esto, es por medio de cerrar ciclos de producción en los que se reduzca la dependencia de la producción industria de los recursos naturales y minimizar los residuos, esto es un modelo económico conocido como economía circular (Bustamante, 2021 y Holcim, 2024).

Otros residuos importantes son: envases y embalajes que contienen diversos productos como alimentos, bebidas, cosméticos y de limpieza. electrónicos o basura electrónica que ya no son funcionales y que pueden tener metales preciosos, sustancias tóxicas que dañan al ambiente y a la salud del hombre. Los residuos de construcción y demolición como madera, ladrillos, hormigón y metales también deben considerarse, así como los residuos domiciliarios que se generan en las casas entre ellos productos de higiene personal y alimentos. También requieren atención los residuos comerciales generados en tiendas, restaurantes, oficinas y hoteles, son específicos como aceite de cocina proveniente de restaurantes. En las industrias se producen residuos químicos entre otros materiales nocivos para la salud. Los servicios públicos y municipales generan residuos provenientes de la vía pública, limpieza de calles y jardines, así como del mantenimiento de infraestructuras.

Los residuos peligrosos representan riesgo para la salud del hombre y el medio ambiente porque pueden ser corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables o biológico-infecciosos y requieren tratamiento y disposición especial. Entre ellos se encuentran productos químicos usados en escuelas, industrias y hospitales, baterías, aceites usados, medicamentos caducados y residuos electrónicos, principalmente.

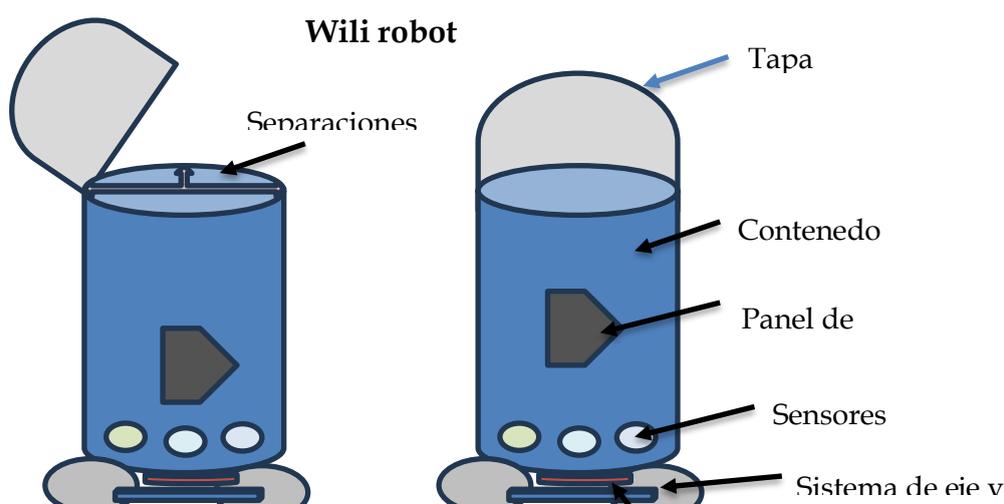
En cuanto al diseño del robot para recolección de residuos, los alumnos hicieron las siguientes consideraciones para su funcionalidad y eficacia en la recolección de los residuos valorizables seleccionados: PET, cartón y lata.

La estructura debe ser robusta, por ello se debe considerar la resistencia de los materiales y del mismo robot, así como su estabilidad y movilidad durante su funcionamiento en diferentes condiciones de clima y terrenos irregulares.

La figura 1 muestra el modelo esquemático del Wili robot, propuesto por los alumnos y retroalimentado por la maestra.

Figura 1.

Modelo esquemático del diseño de un robot colector de RSU.



Fuente: Elaboración propia (2024).

Al indagar los alumnos con respecto a los países que investigan y producen robots con la finalidad de limpiar el ambiente encontraron que algunos de ellos son: Alemania, Países Bajos, Noruega, China, Suecia, Noruega, entre otros. En la tabla 2 aparecen algunos ejemplos de su uso y funcionamiento.

Tabla 2.

Uso y funcionamiento de robots para limpieza del medio ambiente.

País	Uso	Funcionamiento
Australia	Limpieza de ríos y puertos.	Sistema de propulsión para moverse en el agua. Atrapa basura y residuos plásticos
Helsinki	Recoger basura en calles.	Eléctrico
Japón	Limpiar derrames de aceite en el mar.	Tiene un sistema de absorción para recoger el aceite y un sistema de propulsión para moverse por el agua.
Francia	Recoge residuos en parques y plazas.	Utiliza sensores para identificar los diferentes tipos de residuos y un brazo mecánico para recogerlos.

Fuente: Elaboración propia (2024).

La presentación del trabajo en su conjunto y el modelo del robot se hizo en forma escrita y oral, para su evaluación se siguió y aplicó la rúbrica proporcionada por la docente.

4. Discusión

El IPN desarrolla y fortalece habilidades blandas en los alumnos, entre ellas: el manejo de las TIC, el trabajo colaborativo en equipos de trabajo y simultáneamente su capacidad de análisis, juicio crítico, gestión y síntesis de la información, que aprendan a expresarse en forma oral y escrita, a tomar decisiones, ejercer liderazgo y es el aprendizaje basado en proyectos, una

estrategia didáctica que permite que los estudiantes interactúen en diferentes ambientes de aprendizaje presencial o virtual, para que logren estas capacidades y la habilidad investigativa, necesaria para la vida, la profesión y la sociedad (Barroso, 2006; Galeana, 2006 y Zepeda-Hurtado et al, 2019b).

En el Instituto se promueve la formación integral de profesionales que participen activamente en investigación, ciencia, tecnología, cultura y en la resolución de los problemas sociales del país, aplicando sus conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes y valores, para contribuir al desarrollo científico y tecnológico de México y el mundo, desarrollando conocimiento de vanguardia mediante la investigación dependiendo de la carrera técnica que estudia el joven, cuyos resultados socialice y comparta en diversos foros.

El ABP es una estrategia de investigación activa que permite que el alumno aprenda, observe, innove, reflexione, analice, proponga y trabaje en forma colaborativa, preparándose así para la vida y la profesión (Botella-Nicolas, 2019).

Las ventajas del ABP como estrategia didáctica para emplearla con alumnos de bachillerato CECYT11, IPN fueron:

- Aprendizaje activo porque los alumnos participan en el proceso de aprendizaje, al realizar actividades que promueven el pensamiento crítico, su capacidad de reflexión y análisis, al aplicar sus conocimientos para resolver un problema.
- Los conocimientos previos se integran con los nuevos, para realizar tareas, hacer propuestas y trabajar activamente e interactuar con compañeros y con maestros.
- Se aplica de manera práctica para la resolución de un problema, por medio de un proyecto de investigación, llevando al estudiante al aprendizaje significativo (Guamán, 2019).
- En el ABP los estudiantes evaluaron como grupo la propuesta de cada equipo, entre diversas posibilidades que fueron argumentadas y se descartaron, mediante el análisis y el pensamiento crítico, habilidades que se fortalecieron.
- Los estudiantes realizaron gestión de la información, al buscarla, seleccionar las fuentes de información, hacer resúmenes e integrarla toda.
- El trabajo en equipos colaborativos se fortaleció al igual que las diferentes formas de comunicación oral, escrita y usando herramientas como las técnicas de la información y la comunicación (TIC), importantes para la formación profesional en el área de la ingeniería (Fernández y Duarte, 2013).

Entre las desventajas del ABP, se pueden mencionar:

- Su desarrollo y evaluación requirió de mayor tiempo, para resolver el problema mediante la investigación, hacer propuestas y desarrollarlas.
- La evaluación fue compleja, se necesitó mayor tiempo y organización, en este caso se aplicó una rúbrica para los documentos escritos, power point, la propuesta del modelo y mayor organización en el desarrollo del trabajo.
- Además, se necesitan recursos económicos, tecnológicos y materiales, estos pueden ser nuevos o reciclados y dependiendo de ello será el costo para construir físicamente el Wili robot.

La investigación realizada mediante proyecto en el nivel bachillerato, es una estrategia de enseñanza a lo largo de un curso la cual requiere el conocimiento y aplicación del método científico, para realizar trabajo en forma planificada y ordenada, esto le dará ventajas al estudiante cuando avance en sus estudios y vaya al nivel profesional o universitario (Barbachán et al, 2020).

En este trabajo se promovió la investigación entre los estudiantes, para inducirlos y motivarlos para hacer propuestas en las que apliquen e integren sus conocimientos técnicos, para revertir la contaminación como uno de los problemas que actualmente afectan a México y a diversos países. El conocimiento de los diferentes RSU permitirá hacer más eficiente y sustentable su gestión y minimizar su impacto negativo (Holcim, 2024). En México la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en su función regulatoria del manejo de los RSU, indica que su gestión debe ser integral, encaminada a la disminución su generación, reducción, valorización económica y su disposición, además de realizar estrategias de educación, capacitación y comunicación que contribuya al manejo sustentable de los residuos. En estas acciones debe de participar la población, escuelas, las empresas, diversas organizaciones que promuevan y fomenten el reciclaje, reuso o reincorporación de estos residuos (Gutiérrez et al, 2012).

En cuanto a la tecnología para la construcción de un robot, los alumnos encontraron que tiene diversas ventajas, considerando la seguridad que brinda y su eficiencia, en los diferentes ámbitos profesionales, como apoyo al hombre en su actividad, por otra parte, también tiene desventajas por su costo. El diseño adecuado para el manejo de residuos debe lograr el impacto deseado en el ambiente, con la finalidad de encontrar un punto de equilibrio entre el uso de la tecnología y el cuidado del planeta (Ruiz, 2007).

5. Conclusiones

El APB permitió que los alumnos desarrollaran la capacidad de aprender de manera autónoma y también en equipos colaborativos de trabajo para la resolución de problemas reales, y facilitar el aprendizaje significativo, en donde se requiere la integración del conocimiento teórico y práctico, preparando a los estudiantes para la vida y la profesión, a la vez que se fortaleció su interés por la investigación, la reflexión, el pensamiento crítico , su capacidad de comunicación y uso de tecnología.

La participación de los alumnos en un proyecto en donde pueden aplicar de manera significativa sus conocimientos para resolver un problema de actualidad como es el proyecto para el diseño de un robot que recolecte, separe y clasifique RSU, disminuye la contaminación y su repercusión en el ambiente, los motivó a aprender, además representan un avance significativo en la promoción y fortalecimiento de prácticas más sustentables en la gestión de residuos.

Los robots representan una buena opción para optimizar y agilizar el proceso de recolección de basura, reduciendo así la cantidad de residuos que terminarían en vertederos o en incineradores y en consecuencia contaminarían el ambiente. Por otra parte, al integrar el conocimiento de los diferentes tipos de residuos y la tecnología en la construcción de los robots, se puede separar el plástico, vidrio, papel y metal, facilitando su reciclaje y reutilización.

La conclusión de los alumnos con respecto a esta actividad es que fortaleció la educación y conciencia ambiental y sustentable que les proporciona la carrera de TES, a fin de realizar acciones para no generar basura y para reciclarla cuando sea posible, ya que de esta manera se disminuye la contaminación y se ayuda a revertir el daño que el hombre ha causado al planeta, además les causó curiosidad, interés y creatividad al realizar la investigación documental sobre los RSU y los robots, para hacer la propuesta de diseño usando la tecnología.

La estrategia didáctica del ABP permitió el trabajo colaborativo de los estudiantes, fortaleció sus conocimientos técnicos de la carrera, los llevó a hacer gestión de la información consultada en diversas fuentes, a comunicarse en forma escrita, a hacer uso de las TIC para hacer una propuesta después de analizar y reflexionar en el cuidado del ambiente. Además, le encontraron una aplicación a la Termoquímica.

De esta manera el IPN promueve e induce a los estudiantes a realizar investigación, a ser profesionales creativos e innovadores en el campo de la ciencia y la tecnología.

6. Referencias

- Barbachán, R. E. A., Pareja, P. L. B., Rojas, S. A. O. y Castro, L. L. (2020). Desempeño docente y habilidades investigativas en estudiantes de universidades públicas peruanas. *Conrado*, 16(74), 93-98. <https://lc.cx/zLc1Yq>
- Barroso, R. C. (2006). Acercamiento a las nuevas modalidades educativas en el IPN. *Innovación Educativa*, 6(30), 5-16. <https://www.redalyc.org/pdf/1794/179420843002.pdf>
- Bartra, G. J. y Delgado, B. J. M. (2020). Gestión de residuos sólidos urbanos y su impacto medioambiental. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 4(2), 993-1008. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v4i2.135
- Botella-Nicolàs, A. M. (2019). Investigación-acción y aprendizaje asado en proyectos. Una revisión bibliográfica. *Perfiles educativos*, 41(163), 127-141. <https://lc.cx/A6goMV>
- Bustamante, L. V. (2021). *Oportunidades tecnológicas de la industria 4.0 en el sector empresarial de la economía circular*. (Tesis Grado). Universidad de Cantabria, España. <https://lc.cx/MIP8GJ>
- Carson, R. (1962). Silent spring. En S. Staniforth (Ed.), *Historical perspectives on preventive conservation* (pp. 254-257). Getty Conservation Institute. <https://lc.cx/4wbplc>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe/ONU. (2024). *Acerca de desarrollo sostenible*. <https://www.cepal.org/es/subtemas/desarrollo-sostenible>
- Díaz-Barriga, A. F. y Hernández, R. G. (2004). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. México, D. F., México.: Mc Graw Hill. <https://lc.cx/QCu3ZW>
- Fernández, F. H. y Duarte, J. E. (2013). El aprendizaje basado de problemas como estrategia para el desarrollo de competencias específicas en estudiantes de ingeniería. *Formación Universitaria*, 6(5), 29-38. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062013000500005>
- Fernández-Cabezas, M. (2017). Aprendizaje basado en proyectos en el ámbito universitario: Una experiencia de innovación metodológica en educación. *International Journal of Developmental and Educational Psychology. Revista INFAD de Psicología*, 2(1), 269-278. <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2017.n1.v2.939>
- Galeana, L. (2006). Aprendizaje basado en proyectos. *Revista Ceupromed*, 1(27), 1-17. <https://500historias.com/lecturas/El-aprendizaje-basado-en-proyectos.pdf>
- Gómez, C. J. L. (2014). Del desarrollo sostenible a la sustentabilidad ambiental. *Rev. Fac. Cienc. Econ*, 22(1), 115-136. <https://www.redalyc.org/pdf/909/90931814009.pdf>

- González, C. E. y Torres, V. C. I. (2014). La sustentabilidad agrícola de las chinampas en el Valle de México: Caso Xochimilco. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 34(1), 699-709.
- Guamán, G. V. J. y Venet, M. R. (2019). El aprendizaje significativo desde el contexto de la planeación didáctica. *Revista Conrado*, 15(69), 218-223. <http://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado>
- Guimaraes, R. (1992). El discreto encanto de la cumbre de la tierra. Evaluación impresionista de Río-92. *Nueva Sociedad*, 122, 86-103. https://static.nuso.org/media/articles/downloads/2176_1.pdf
- Gutiérrez, A. V. J., Ramírez, H. I. F., Encarnación, A. G. y Medina, A. A. (2012). *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos*. México, D.F, México.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). <https://lc.cx/8hiPkk>
- Holcim. (2024). *Residuos urbanos: qué son, tipos y clasificación*. <https://www.holcim.es/residuos-urbanos-definicion-tipos-y-clasificacion-esencial>
- Martínez, M. L. A., Mena, A. L. y González-Dávila, G. (2005). *Manual de sistemas de manejo ambiental*. México, D.F, México.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (SEMARNAT). https://lc.cx/gh_q9x
- Mountjoy, J. B., Schöndube, O. B. y Montes, J. P. (2014). Las terrazas prehispánicas de Ayutla, Jalisco. *Arqueología* 48(2), 49-68. <https://lc.cx/Ed7qdo>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Cumbre de Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/es/conferences/environment/newyork2015>
- Organización de las Naciones Unidas. (1997). *Asamblea General para examinar y evaluar la ejecución del Programa 21*. <https://www.un.org/es/conferences/environment/newyork1997>
- Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Conferencia sobre medio ambiente y desarrollo, Río de Janeiro*. <https://www.un.org/es/conferences/environment/rio1992>
- Organización de las Naciones Unidas. (1972). *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano*. <https://www.un.org/es/conferences/environment/stockholm1972>
- Ruiz, J. y Salazar, R. (2007). *Introducción a la robótica*. Universidad de Chile Facultad de Cs. Fs. y Matemáticas Departamento de Ingeniería Eléctrica. <https://lc.cx/w34K4f>
- Tobòn, S. (2013). *Formación integral y competencia. Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica*. (4a ed.). Bogotá, Colombia: ECOE. <https://lc.cx/cW61Qa>
- Vielma, V. E. y Salas, M. L. (2000). Aportes de las teorías de Vygotsky, Piaget, Bandura y Bruner. Paralelismo en sus posiciones en relación con el desarrollo. *Educere*, 3(9), 30-37. <https://www.redalyc.org/pdf/356/35630907.pdf>
- Zambrano, B. M. A., Hernández, D. A. y Mendoza, B. K. L. (2022). El aprendizaje basado en

proyectos como estrategia didáctica. *Conrado*, 18(84), 172-182. <https://lc.cx/YggUNB>

Zepeda-Hurtado, M. E., Cardoso-Espinosa, E. O. y Rey-Benguría, C. (2019a). El desarrollo de habilidades blandas en la formación de ingenieros. *Científica*, 23(1), 61-67. <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265007/movil/>

Zepeda, H. M. E., Cardoso, E. E. O. y Cortés, R. J. A. (2019b). El aprendizaje orientado en proyectos para el desarrollo de habilidades blandas en el nivel medio superior del IPN. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 10(19), 1-19. <https://doi.org/10.23913/ride.v10i19.530>

Agradecimientos: El presente trabajo se realizó en el marco del proyecto SIP20241998, "Wili robot, la tecnología en apoyo del cuidado del ambiente", Instituto Politécnico Nacional, México.

AUTOR:

María Guadalupe Rodríguez Angeles.

Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 11 "Wilfrido Massieu" (CECYT11). Instituto Politécnico Nacional.

Profesora de tiempo completo del CECYT11 del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Químico Bacteriólogo y Parasitólogo de profesión, con Maestría y Doctorado en Microbiología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN. Especialidad en Educación Media Superior, por la Universidad Pedagógica Nacional. Imparte Química. Directora proyectos de investigación del IPN, coautora de una patente. Líneas de investigación sustentabilidad e investigación educativa. Ha diseñado cursos e impartido diplomados para profesores del IPN. Participó en la creación de la carrera de Técnico en Energías Sustentables. Diseño y organizó la 1ª y 2ª Jornada de Divulgación de la Investigación en el CECYT 11 en 2023 y 2024. Ponente en congresos internacionales y nacionales.

mgrodriguez@ipn.mx

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-6554-0046>