PROYECTO INTEGRADOR “ROBOT RESUELVE-LABERINTOS” COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO CRÍTICO EN INGENIERÍA

INTEGRATIVE PROJECT “MAZE-SOLVING ROBOT” AS A DIDACTIC STRATEGY FOR CRITICAL THINKING DEVELOPMENT IN ENGINEERING

Ángel Vergara Betancourt
Tecnológico Nacional de México / ITS de Zacapoaxtla, México
angel.vb@zacapoaxtla.tecnm.mx

José Ramiro Ramiro
Tecnológico Nacional de México / ITS de Zacapoaxtla, México
jose.rr@zacapoaxtla.tecnm.mx

Edgar Hernández García
Tecnológico Nacional de México / ITS de Zacapoaxtla, México
edgar.hg@zacapoaxtla.tecnm.mx

Recepción: 11/diciembre/2025 **Aceptación:** 25/marzo/2026

Resumen

Este trabajo presenta la implementación del proyecto integrador “Robot Resuelve Laberintos”, como estrategia didáctica en la formación de ingenieros. Equipos de tres a cinco estudiantes de distintos semestres de ingeniería mecatrónica aplicaron sus conocimientos previos y en curso para integrar componentes mecánicos, electrónicos y de programación en la creación de un robot terrestre. Este debía detectar su entorno, distinguir entre paredes y espacios libres, y tomar decisiones de movimiento como avanzar, girar o retroceder. Los resultados incluyen la integración de saberes de diversas áreas, el fomento a la resolución de problemas, el desarrollo del pensamiento crítico, la innovación tecnológica y la responsabilidad, además del fortalecimiento del trabajo en equipo y la colaboración interdisciplinaria frente a retos complejos de la ingeniería y la robótica.

Palabras Clave: Pensamiento crítico, proyecto integrador, robot resuelve laberintos.

Abstract

This work presents the implementation of the integrative project "Maze-Solving Robot", as a didactic strategy in the training of engineers. Teams of three to five students from different semesters of the Mechatronics Engineering program applied their prior and current knowledge to integrate mechanical, electronic, and programming components in the creation of a terrestrial robot. This robot was required to detect its environment, distinguish between walls and open spaces, and make movement decisions such as moving forward, turning, or reversing. The results include the integration of knowledge from various fields, the development of critical thinking for problem-solving, technological innovation and responsibility, as well as the strengthening of teamwork and interdisciplinary collaboration in the face of complex challenges in engineering and robotics.

Keywords: *Critical thinking, integrative project, maze-solving robot.*

1. Introducción

En el marco de la internacionalización y la globalización como oportunidad para que la ingeniería potencie el desarrollo social y económico, el proyecto "Robot Resuelve-Laberintos" fomenta habilidades técnicas alineadas con estándares globales, y promueve el desarrollo del pensamiento crítico. Este último se entiende como la capacidad de analizar, evaluar y reflexionar sobre información y problemas, tomando decisiones fundamentadas. Asimismo, contribuye al desarrollo socioeconómico al impulsar la innovación tecnológica, transferir conocimientos y mejorar la competitividad y calidad de vida.

Por otra parte, este proyecto promueve la innovación y el emprendimiento al impulsar el desarrollo de tecnologías emergentes, como la robótica y la inteligencia artificial, claves en industrias internacionales. Además, busca que los estudiantes desarrollen competencias globales, como el trabajo en equipo, el pensamiento crítico y la adaptabilidad, esenciales para proyectos multiculturales y desafíos globales.

La implementación de proyectos integradores en los programas de ingeniería mecatrónica constituye un medio idóneo para formar profesionales con

pensamiento crítico. Según el Modelo Educativo del TecNM: Humanismo para la Justicia Social [Tecnológico Nacional de México, 2024], actualmente los estudiantes son seres digitales plenamente adaptados, los cuales, y mediante el lenguaje, se desarrollan como seres cognoscentes, que establecen conclusiones, razonan lógicamente y elaboran formas complejas de pensamiento discursivo, como antecedente del pensamiento crítico. En este sentido, los proyectos integradores resultan ser una estrategia curricular que le brindan al estudiante, la oportunidad para abordar problemas del mundo real dentro de un contexto específico, desarrollando competencias específicas y genéricas y promoviendo precisamente el desarrollo del pensamiento crítico [Dirección General de Educación Superior Tecnológica, 2014].

Diversos autores coinciden en que los proyectos integradores permiten a los estudiantes identificar, interpretar, argumentar y resolver problemas contextuales [López, 2012], [Cen, 2019]. En este contexto, el desarrollo del pensamiento crítico se potencia cuando los estudiantes comparan alternativas tecnológicas, justifican decisiones de diseño, reconocen limitaciones y evalúan posibles aplicaciones sociales y éticas. "Un proyecto integrador es una estrategia didáctica que consiste en un conjunto de actividades interconectadas con un inicio, desarrollo y conclusión, destinadas a identificar, interpretar, argumentar y resolver un problema contextual" [López, 2012].

De manera similar, en otros trabajos se proponen los proyectos integradores como una estrategia pedagógica para desarrollar habilidades de observación, planificación, diseño y ejecución en la resolución sistemática de problemas en escenarios del mundo real [Tejeda, 2019]. Así mismo, Lara [2019] presenta una metodología para el desarrollo exitoso de proyectos integradores, mientras que en Boronatl [2020], se destaca que los proyectos integradores son actividades grupales basadas en el aprendizaje práctico que brindan a los estudiantes una recompensa altamente motivadora para futuros desafíos. En este contexto, el instructor desempeña un papel de guía, ofreciendo retroalimentación basada en el progreso del proyecto, facilitando soluciones, asesorando e interviniendo cuando los estudiantes enfrentan dificultades técnicas, organizativas u operativas.

Con base en diversos estudios reportados en la literatura [Alamri, 2021], [Gupta, 2014], [Kumar, 2017], se propuso a los estudiantes de ingeniería mecatrónica diseñar y desarrollar un robot capaz de resolver laberintos. El objetivo de este proyecto se centró en el diseño, desarrollo, construcción y programación de robots altamente funcionales capaces de navegar de manera autónoma en entornos desconocidos, específicamente resolviendo laberintos. Esta iniciativa buscó fomentar tanto competencias específicas como transversales en los estudiantes de ingeniería, así como promover habilidades de comunicación, colaboración y liderazgo.

El proyecto facilitó la colaboración interdisciplinaria en áreas como eléctrica, electrónica, mecánica, programación, control, modelado matemático, robótica, diseño y manufactura. Buscó responder las siguientes preguntas de investigación: ¿La aplicación de conocimientos teóricos en la construcción y programación de robots para resolver problemas concretos contribuye a la formación de ingenieros? ¿Es posible desarrollar habilidades de trabajo en equipo, resolución de problemas y toma de decisiones en un entorno práctico? ¿El proyecto fomenta el pensamiento crítico y la creatividad en la búsqueda de soluciones innovadoras? ¿La ejecución del proyecto mejora la comprensión y aplicación de conceptos de mecánica, electrónica y programación a través de la práctica?

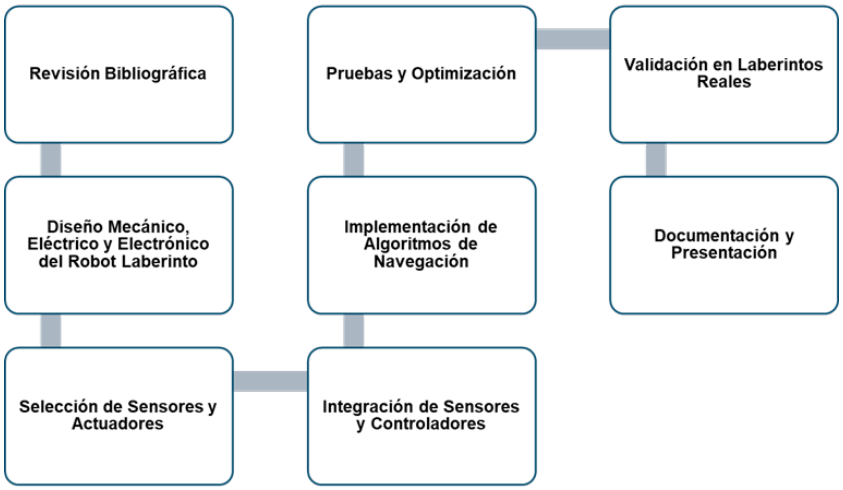
2. Métodos

El robot resuelve laberintos, es un sistema capaz de desplazarse en un entorno desconocido basándose únicamente en sus sensores y algoritmos implementados por software.

El robot laberinto surge por primera vez en los años $70's$, [Allan, 1979], desde entonces se han desarrollado diferentes tipos de robots, algoritmos, retos y soluciones [Braunl, 1999]. El robot utilizado en competiciones emplea los elementos fundamentales de la navegación robótica, incluidos el mapeo, la planificación y la localización. Además, optimiza su camino a través del laberinto utilizando varios algoritmos de búsqueda, lo que significa un proyecto interesante si se desea impulsar las competencias de estudiantes de ingeniería mecatrónica.

Proceso metodológico

Un proyecto de esta naturaleza requiere de una adecuada planificación. Por lo tanto, los pasos que guiaron la ejecución del proyecto se resumen en la Figura 1.

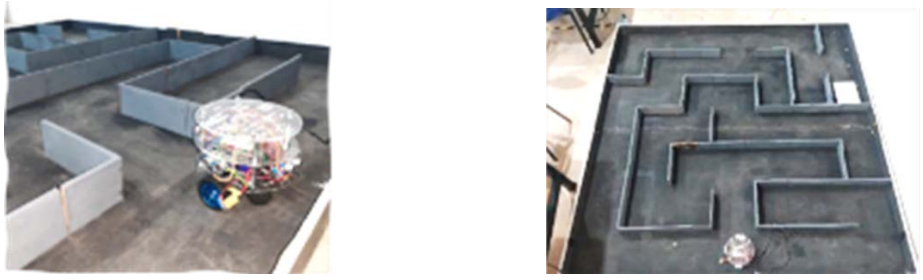


Fuente: elaboración propia

Figura 1 Proceso metodológico en el desarrollo del robot laberinto.

Características del robot laberinto

El robot se acondicionó para poder desplazarse en un laberinto de madera de aproximadamente $2.5\,x\,2.5\,m$ de área, dividido por 49 $celdas$ cuadradas de aproximadamente $33\,cm^2$ cada una y divisiones de madera de $10\,cm$ de alto. El robot debería poseer la capacidad de detectar su entorno, diferenciando entre paredes y áreas libres, y tomar decisiones de movimiento tales como avanzar, girar hacia la izquierda o derecha, retroceder o detenerse, tal como se muestra en la Figura 2.



a) Robot resuelve laberintos. *b) Laberinto de 64 celdas.*

Fuente: elaboración propia

Figura 2 Características del robot y del laberinto.

Las características del robot solicitado fueron las siguientes:

- Robot móvil terrestre de $20\ x\ 20\ cm^2$ de área, y altura no limitada, pero con altura recomendada de $10\ cm$, para los sensores de detección de paredes.
- Diseño libre, pero restringido al uso de chasis o plataformas comerciales.
- El robot no debería contener elementos que modifiquen o dañen la pista.
- Dotado de sensores y dispositivos electrónicos analógicos o digitales que le permitiría percibir su entorno para tomar decisiones de navegación.
- Integración de sistema de control y programación para la navegación y toma de decisiones durante el recorrido, pero con la prohibición de operación a distancia.
- Sistema de locomoción basado en ruedas o mecanismos de oruga.
- Fuente de energía independiente.

Apoyo adicional

Se brindaron a distintos semestres asesorías y talleres (Figura 3):

- Asesoría de los docentes de asignaturas, orientando los conocimientos hacia el desarrollo del proyecto.
- Curso-Taller robótica móvil durante congreso multidisciplinario.
- Asesoría alumnos de servicio social.



a) Primer semestre. *b) Tercer semestre.* *c) Quinto semestre.*

Fuente: elaboración propia

Figura 3 Apoyo que reciben los estudiantes para el desarrollo del proyecto.

Evaluación del proyecto integrador

La estrategia didáctica se ha planeado para que se realice en equipos de trabajo de tres a cinco estudiantes, abarcando los semestres 1, 3, 5, 7 y 9 de la carrera. El alcance del proyecto se ajustó con diferentes metas por cumplir en cada semestre,

acorde a las diferentes etapas del proceso metodológico. El proyecto se evaluó mediante una rúbrica que contempló el nivel de cumplimiento para cinco aspectos a evaluar, Tabla 1. Respecto al objetivo, competencias a desarrollar y producto final que se solicitó a cada semestre, se propuso realizar un seguimiento al proyecto en tres momentos para retroalimentar el avance y al término del semestre tener una evaluación final mediante una demostración de los productos, lo cual se resume en la Tabla 2.

Tabla 1 Rúbrica de evaluación del proyecto integrador.

Ítem a evaluar	No cumple	Cumple mínimamente	Cumple parcialmente	Cumple Satisfactoriamente	Calif. Obtenida
Objetivo cumplido – Producto final					
Presentación oral y/o escrita					
Evidencia de competencias aplicadas y desarrolladas					
Marco teórico y metodológico					
Trabajo en equipo					

Fuente: elaboración propia

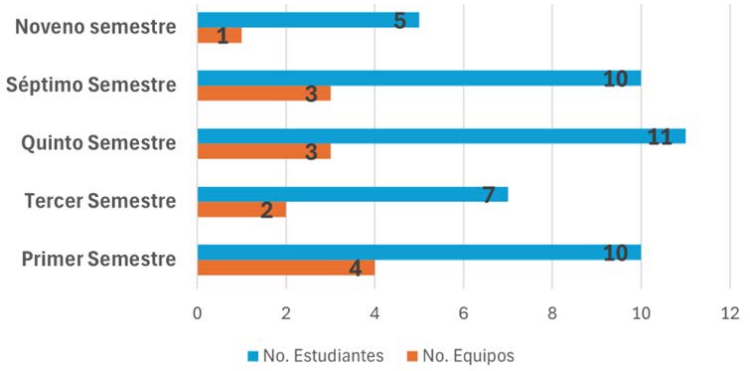
Tabla 2 Productos/competencias a desarrollar por estudiantes de cada semestre.

Semestre	Objetivo -Producto	Competencias por desarrollar
$1ro$	Exposición y Reporte o Cartel Científico	Presenta resultados de la investigación documental y diseño por computadora del chasis del robot resuelve laberintos considerando todos los componentes de un robot móvil.
$3ro$	Construcción de Prototipo Básico Del Robot (Chasis) y Modelado Matemático - Simulación Del Robot	Presenta la construcción del chasis de un robot resuelve laberinto funcional e integra componentes de un robot móvil: sensores, actuadoras sistema de locomoción, sistema de energía elementos mecánicos, chasis, sistema de control.
$5to$	Prototipo básico con componentes electrónicos y mecánicos integrados	Presenta la construcción de un robot resuelve laberinto funcional que es capaz de desplazarse a lo largo del laberinto detectando y evadiendo paredes, intentando salir del laberinto.
$7mo$	Prototipo funcional con cierto grado de autonomía	Presenta un robot resuelve laberinto funcional que es capaz de desplazarse a lo largo del laberinto detectando y evadiendo paredes, logrando salir del laberinto de forma libre y eficiente.
$9no$	Prototipo completamente automatizado	Presenta un robot resuelve laberinto funcional con alto grado de autonomía que es capaz de desplazarse a lo largo del laberinto detectando y evadiendo paredes, logrando salir del laberinto de forma libre y eficiente.

Fuente: elaboración propia

3. Resultados

Como resultado, se integraron 13 equipos conformados por estudiantes de diferentes semestres de la carrera de ingeniería mecatrónica, con un total de 43 $participantes$ (alumnas y alumnos), cuya distribución se muestra en la Figura 4.



Fuente: elaboración propia

Figura 4 Equipos y estudiantes participantes en el proyecto.

Respecto a los productos obtenidos, en la Figura 5 se presentan los resultados de la investigación de los cuatro equipos de primer semestre, quienes expusieron sus avances mediante carteles y presentaciones audiovisuales. Por su parte, los estudiantes de tercer semestre presentaron dos prototipos construidos, aunque no funcionales, debido a que en este nivel aún no cuentan con las competencias de asignaturas como electrónica y sistemas eléctricos. En quinto semestre, se presentaron tres prototipos completamente construidos con características básicas de funcionamiento. Mientras tanto, los estudiantes de séptimo semestre presentaron prototipos completamente funcionales. Finalmente, en noveno semestre se exhibió un prototipo con un mayor grado de autonomía.



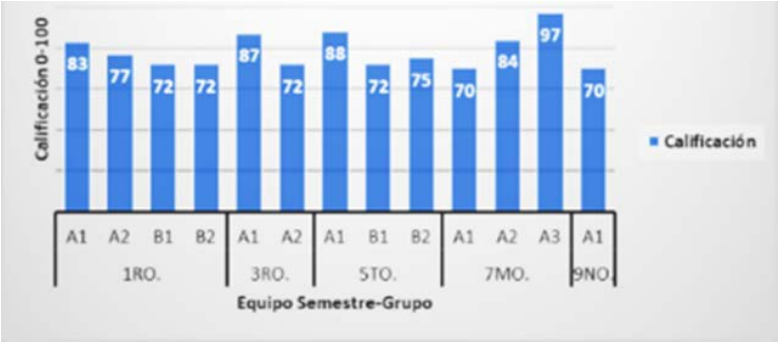
Fuente: elaboración propia

Figura 5 Resultados del proyecto Robot Laberinto.

Los prototipos de séptimo y noveno semestre lograron navegar de forma autónoma dentro del laberinto, aunque solo dos de ellos completaron el recorrido: uno en $1\ min$ con $47\ s$ y el de mejor desempeño, en $17\ s$.

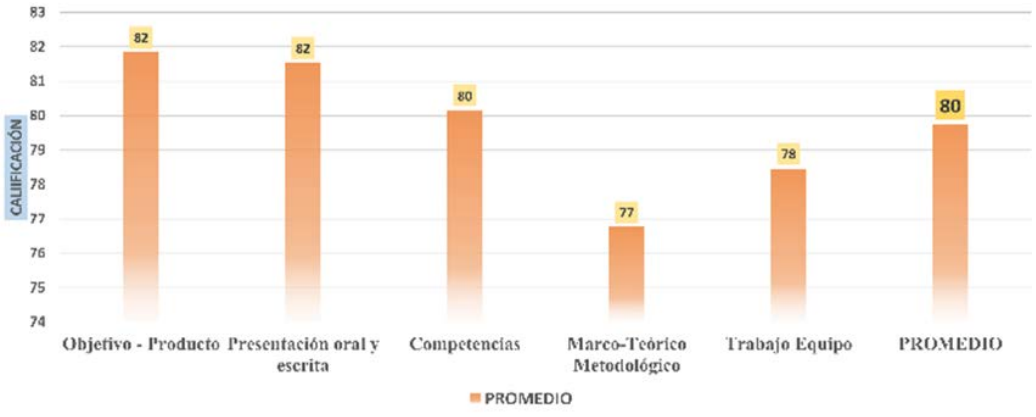
4. Discusión

Con base en los resultados que lograron los estudiantes con su proyecto integrador, se realizó la evaluación académica de los proyectos integradores. Las calificaciones obtenidas se describen en las Figuras 6 y 7.



Fuente: elaboración propia

Figura 6 Calificaciones de cada equipo de trabajo.



Fuente: elaboración propia

Figura 7 Calificaciones por aspecto evaluado.

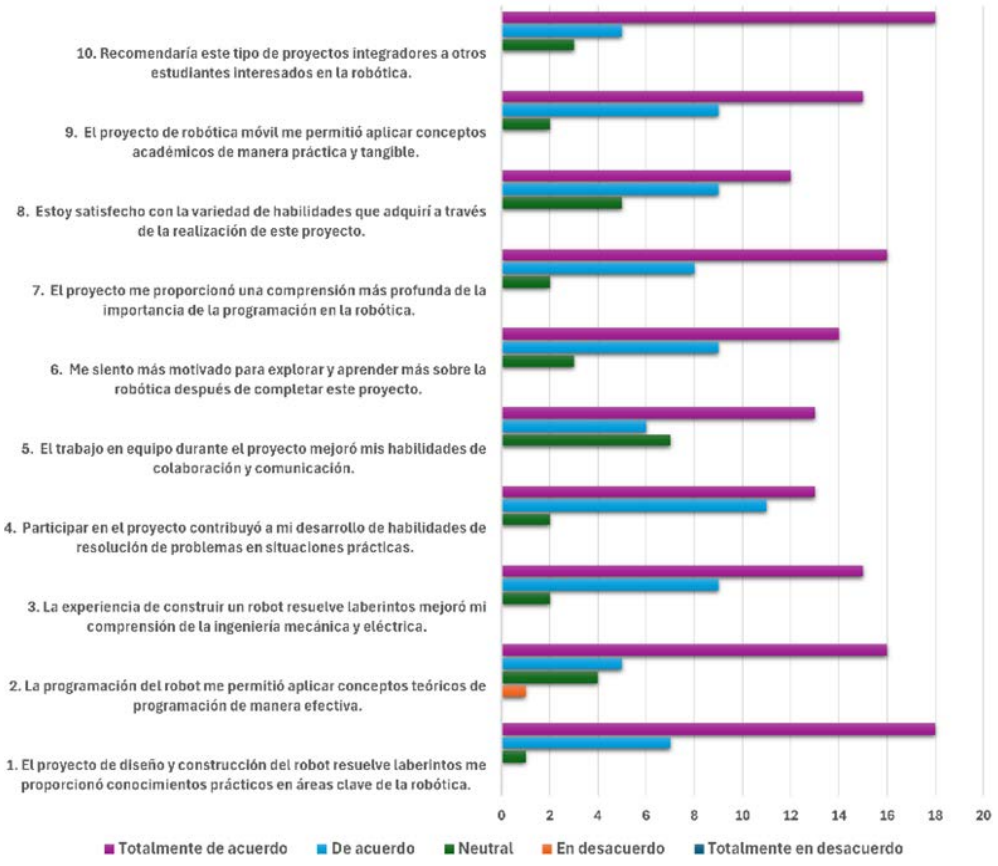
Estas calificaciones pueden analizarse desde dos perspectivas: el desempeño de cada equipo descrito en la Figura 6 y el desempeño individual por rubro evaluado mostrado en la Figura 7. En el primer caso, se observa que las calificaciones no

están condicionadas por el semestre que cursan los equipos, ya que en todos los niveles hubo equipos con desempeño bueno y muy bueno (calificaciones superiores a 80), así como equipos con desempeño regular (calificaciones inferiores a 80). Cabe destacar que ninguno de los equipos obtuvo una calificación reprobatoria, y el promedio general del proyecto fue de 80. Por otro lado, al analizar los resultados de la Figura 7, se observa que, en promedio, el rubro mejor evaluado fue el cumplimiento de objetivos y el desempeño durante la exposición final del proyecto. Esto indica que los estudiantes lograron satisfacer los objetivos planteados al inicio (investigar, diseñar, construir y/o programar robots para su desplazamiento autónomo dentro del laberinto, según el semestre cursado), y que la presentación de resultados se vio favorecida por sus habilidades comunicativas y el uso adecuado de recursos de exposición. Sin embargo, el rubro con la calificación promedio más baja correspondió al marco teórico-metodológico.

Además de los prototipos funcionales construidos, los resultados a través de la entrega de reportes mostraron evidencias del desarrollo de pensamiento crítico:

- Los estudiantes justificaron la selección de sensores y algoritmos comparando alternativas.
- Se reconocieron limitaciones en los prototipos y se propusieron mejoras para versiones futuras.
- Durante los debates técnicos, se ejercitaron habilidades de argumentación y contraargumentación fundamentadas en evidencia.
- En sus bitácoras reflexivas, los equipos mostraron un progreso en la capacidad de analizar y evaluar su propio proceso de aprendizaje.
- Además, los estudiantes identificaron posibles aplicaciones sociales (exploración en zonas de riesgo, agricultura de precisión, rescate), lo que amplió la visión de los estudiantes sobre el impacto de la ingeniería.

Otro aspecto relevante de los resultados, que permite responder a las preguntas planteadas inicialmente, es la opinión y experiencia de los estudiantes. Para recabar esta información, se solicitó a los participantes responder un formulario en Google, que incluía 10 preguntas sobre su desempeño y aprendizajes alcanzados, además de una pregunta adicional para evaluar su satisfacción con el proyecto (Figura 8).



Fuente: elaboración propia

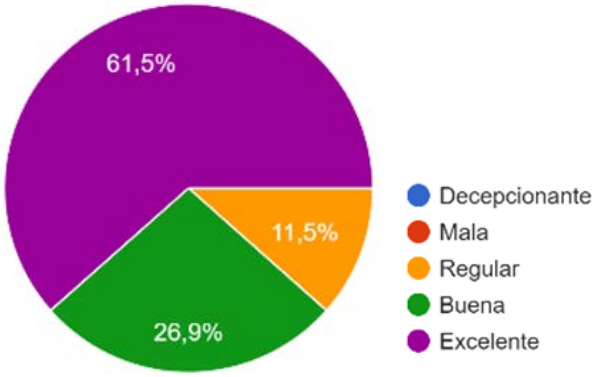
Figura 8 Experiencias de los estudiantes en el proyecto integrador.

De los 43 $alumnos$ participantes, 26 respondieron el cuestionario, lo que representa el 60% del total, siendo los estudiantes de semestres avanzados quienes mostraron mayor participación. Las respuestas indican que entre el 50 y el 60% de los estudiantes se mostró completamente satisfecho con el proyecto, coincidiendo en que este les proporcionó herramientas y facilitó el desarrollo de habilidades en el campo de la ingeniería. Además, entre el 20 y el 30% expresó un nivel de satisfacción aceptable, mientras que el restante 10% se mantuvo neutral respecto a los cuestionamientos planteados. En general, el nivel de satisfacción de los estudiantes con este proyecto integrador fue entre bueno y excelente, Figura 9.

5. Conclusiones

Los resultados académicos evidenciaron un promedio general satisfactorio, y las encuestas de satisfacción revelaron que más del 80% de los estudiantes

consideraron que el proyecto fortaleció sus capacidades de análisis, reflexión y toma de decisiones.



Fuente: elaboración propia

Figura 9 Satisfacción general del proyecto integrador Robot Laberinto.

El proyecto "Robot Resuelve-Laberintos" no solo representa una estrategia didáctica efectiva para la formación integral en ingeniería, el desarrollo del pensamiento crítico y la alineación con los principios de la internacionalización y la globalización. A través de esta iniciativa, los estudiantes desarrollaron habilidades técnicas, sociales y éticas que los preparan para contribuir al desarrollo social y económico de la nación, al tiempo que se insertan en un contexto globalizado. Además, el proyecto fomenta la innovación, el trabajo en equipo y la resolución de problemas, competencias esenciales para enfrentar los desafíos de un mundo interconectado y en constante evolución tecnológica. Por lo tanto, este tipo de iniciativas son fundamentales para fortalecer el rol de la ingeniería en el desarrollo tanto nacional como global.

El proyecto permitió la colaboración interdisciplinaria y la aplicación integrada de conocimientos en áreas como ingeniería eléctrica, electrónica, mecánica, programación, control y robótica. Esto respondió a las preguntas de investigación planteadas inicialmente, demostrando que el proyecto facilitó el desarrollo de habilidades como el trabajo en equipo, resolución de problemas y toma de decisiones en un entorno práctico. Asimismo, los estudiantes adquirieron habilidades técnicas específicas, como el diseño y fabricación de componentes mecánicos, programación de algoritmos, integración de sensores y desarrollo de

sistemas de control autónomo, lo que les permitió abordar y resolver problemas reales.

Finalmente, el proyecto fomentó habilidades de investigación y experimentación, así como el pensamiento crítico y la creatividad en la búsqueda de soluciones innovadoras. Esto llevó a los estudiantes a aprender, analizar y evaluar los resultados de manera crítica, confirmando que la aplicación de conocimientos teóricos en la construcción y programación de robots para resolver problemas concretos contribuye significativamente a su formación como ingenieros.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a los docentes que conforman la Academia de Ingeniería Mecatrónica del ITS Zacapoaxtla, por su invaluable apoyo en el seguimiento de este proyecto integrador. Asimismo, se reconoce el respaldo de las instancias institucionales que facilitaron las diferentes actividades realizadas. Un agradecimiento especial se extiende a los estudiantes de servicio social, quienes brindaron asesoría y motivación a sus compañeros durante el desarrollo del proyecto.

6. Referencias y Bibliografía

[1] Alamri, S., Alshehri, S., Alshehri, W., Alamri, H., Alaklabi, A., & Alhmiedat, T., (2021). Autonomous Maze Solving Robotics: Algorithms and Systems. International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research. 10(12), pp. 668-675. https://doi.org/10.18178/ijmerr.10.12.668-675.

[2] Allan, R., (1979). Microprocessors: The amazing micromice: See how they won: Probing the innards of the smartest and fastest entries in the Amazing Micro-Mouse Maze Contest. IEEE spectrum, 16(9), pp. 62-65. https://doi.org/10.1109/MSPEC.1979.6368227.

[3] Boronat-Moll, C., Dahoui Obon, J. M., (2020). Proyecto integrador grupal como herramienta de docencia y aprendizaje en Mecatrónica. Libro de Actas IN-RED 2020: VI Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red. Julio. https://doi.org/10.4995/INRED2020.2020.11985.

[4] Braunl, T., (1999). Research relevance of mobile robot competitions. EEE Robotics & Automation Magazine, 6(4), pp. 32-37. https://doi.org/10.1109/100.813825.

[5] Cen, C. A., de Jesús May, I. D., Pérez, G. Z., (2019). El proyecto integrador, estrategia que fortalece la práctica profesional y laboral del ingeniero en formación. ANFEI Digital (10), pp. 1-8. https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/516.

[6] Dirección General de Educación Superior Tecnológica, (2014). Documento de proyectos integradores para la formación y desarrollo de competencias profesionales. http://www.dgest.gob.mx/docencia.

[7] Gupta, B., Sehgal, S., (2014). Survey on techniques used in autonomous maze solving robot. 2014 5th International Conference-Confluence The Next Generation Information Technology Summit (Confluence), pp. 323-328. https://doi.org/10.1109/CONFLUENCE.2014.6949354

[8] Kumar, R., Jitoko, P., Kumar, S., Pillay, K., Prakash, P., Sagar, A., Mehta, U., (2017). Maze solving robot with automated obstacle avoidance. Procedia Computer Science. (105), pp. 57-61. https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.01.192.

[9] Lara, B. L., Tolentino, F. O., López, V. C., Muñoz, J. E., (2019). Metodología para el desarrollo del proyecto integrador en programas del área de ingeniería mecánica eléctrica. ANFEI Digital (11), pp. 1-10. https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/586.

[10] López Rodríguez, N. M., García Fraile, J. A., El proyecto integrador: Estrategia didáctica para la formación de competencias desde la perspectiva del enfoque socioformativo (Primera edición), Gafra editores, 2012.

[11] Tecnológico Nacional de México, (2024). Modelo Educativo del TecNM: Humanismo para la Justicia Social, México. https://www.tecnm.mx/archivos/slider/Modelo_Educativo_del_TecNM_digital_orig.pdf.

[12] Tejeda, M. D., Polo, P. L., (2019). Los proyectos integradores una perspectiva pedagógica de desarrollo del ingeniero. ANFEI Digital (11), pp. 1-11. https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/547.