

# MODELO DIALÉCTICO PENTA HÉLICE PARA EL APRENDIZAJE BASADO EN PROTOTIPOS Y PROYECTOS EN INGENIERÍA

## *DIALECTICAL PENTA HELIX MODEL FOR PROTOTYPE AND PROJECT-BASED LEARNING IN ENGINEERING*

Artículo recibido el: 16/12/2025

Artículo aceptado el: 17/03/2026

### **Leobardo Mendo-Ostos\***

\*Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca (TECNM ITS DE TANTOYUCA), Tantoyuca, Veracruz, México  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7017-9945>  
[mendo194@gmail.com](mailto:mendo194@gmail.com)

### **Lidilia Cruz-Rivero\***

\*Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca (TECNM ITS DE TANTOYUCA), Tantoyuca, Veracruz, México  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9399-3002>  
[lilirivero@gmail.com](mailto:lilirivero@gmail.com)

### **Omar Wilfrido Vázquez-Estrada\***

\*Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca (TECNM ITS DE TANTOYUCA), Tantoyuca, Veracruz, México  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6394-0786>  
[omar.vazquez@itsta.edu.mx](mailto:omar.vazquez@itsta.edu.mx)

### **Ernesto Lince-Olguin\***

\*Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca (TECNM ITS DE TANTOYUCA), Tantoyuca, Veracruz, México  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4810-5587>  
[ernesto.lince@itsta.edu.mx](mailto:ernesto.lince@itsta.edu.mx)

### **Mauricio Bautista-Santiago\***

\*Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca (TECNM ITS DE TANTOYUCA), Tantoyuca, Veracruz, México  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-4798-7022>  
[m243s0002@itsta.edu.mx](mailto:m243s0002@itsta.edu.mx)

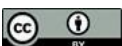
The authors declare that there is no conflict of interest

### **Resumen**

Este estudio presenta un modelo educativo para la formación en ingeniería basado en un enfoque dialéctico con colaboración penta hélice, orientado al Aprendizaje Basado en Prototipos y Proyectos (FPt-DPH). La propuesta surge como respuesta a las limitaciones de los enfoques tradicionales, al integrar de manera sistemática la interacción entre academia, industria, gobierno, sociedad civil y medio ambiente en el proceso formativo. El modelo articula el desarrollo de prototipos con un ciclo iterativo de tesis, antítesis y síntesis, lo que favorece el rediseño continuo de soluciones y promueve el pensamiento crítico, la creatividad y la capacidad de resolución de problemas complejos. La implementación del FPt-DPH se evaluó mediante experiencias

### **Abstract**

*This study presents an educational model for engineering training based on a dialectical approach with penta helix collaboration, oriented toward Prototype- and Project-Based Learning (FPt-DPH). The proposal emerges as a response to the limitations of traditional instructional approaches by systematically integrating interaction among academia, industry, government, civil society, and environmental stakeholders within the learning process. The model links prototype development with an iterative dialectical cycle of thesis, antithesis, and synthesis, fostering continuous solution redesign and promoting critical thinking, creativity, and complex problem-solving skills. The implementation of the FPt-*



educativas en programas de ingeniería, donde se observó un fortalecimiento de competencias técnicas asociadas al diseño conceptual, prototipado y gestión de proyectos. Como evidencia del impacto del modelo, se obtuvieron dos primeros lugares nacionales en concursos de innovación del Tecnológico Nacional de México en la categoría de posgrado, con proyectos orientados a problemáticas de relevancia nacional. Asimismo, el modelo facilitó la identificación de nuevas líneas de investigación y alternativas de intervención educativa derivadas del análisis del entorno social y productivo. Los resultados sugieren que la integración del Aprendizaje Basado en Prototipos, el proceso dialéctico y la colaboración penta hélice constituye un marco eficaz para la formación de ingenieros con enfoque social y sostenible. El FPt-DPH muestra potencial como herramienta replicable para atender desafíos interdisciplinarios mediante la articulación de actores y contextos diversos.

**Palabras clave:** Aprendizaje Basado en Prototipos. Educación en Ingeniería. Modelo Penta Hélice. Competencias. Innovación Pedagógica. Pensamiento Crítico.

*DPH model was evaluated through educational experiences in engineering programs, where an improvement in technical competencies related to conceptual design, prototyping, and project management was observed. As evidence of the model's impact, two projects developed under this framework achieved first place in national innovation competitions organized by the Tecnológico Nacional de México at the graduate level, addressing nationally relevant challenges. In addition, the model facilitated the identification of new research lines and educational intervention strategies derived from analyses of social and productive contexts. The results suggest that integrating Prototype-Based Learning, dialectical processes, and penta helix collaboration constitutes an effective framework for engineering education with a social and sustainability-oriented perspective. The FPt-DPH model shows potential as a replicable tool for addressing interdisciplinary challenges through the articulation of diverse actors and contexts.*

**Keywords:** *Prototype-Based Learning. Engineering Education. Penta Helix Model. Competencies. Pedagogical Innovation. Critical Thinking.*

## 1 INTRODUCCIÓN

La educación en ingeniería enfrenta dificultades persistentes para articular la formación teórica con la resolución de problemas reales y las demandas sociales. Los enfoques pedagógicos tradicionales ofrecen oportunidades limitadas para que los estudiantes participen en procesos auténticos de diseño, colaboren con actores externos y desarrollen competencias orientadas a la innovación. Este estudio aborda dicha brecha mediante la propuesta, implementación y evaluación de un marco dialéctico penta hélice para el Aprendizaje Basado en Prototipos y Proyectos. La investigación tiene como objetivo analizar de qué manera este modelo contribuye al desarrollo de competencias técnicas, pensamiento crítico y habilidades para la resolución de problemas complejos, así como explorar su capacidad para fomentar soluciones de ingeniería con enfoque social y ambientalmente sostenible.

El presente trabajo se inscribe en el eje temático de innovación pedagógica y estrategias de enseñanza en educación en ingeniería. El modelo propuesto responde

directamente a la necesidad de transformar los procesos formativos en los programas de ingeniería mediante la adopción de metodologías activas que integren la colaboración intersectorial y el desarrollo de competencias orientadas a la resolución de problemas reales. En este sentido, la propuesta contribuye al debate académico sobre la formación de ingenieros para la Industria 4.0, la vinculación academia-empresa-sociedad y el fomento del pensamiento crítico e innovador en contextos de educación superior técnica. El trabajo aporta evidencia empírica derivada de su implementación en un programa de posgrado en ingeniería, lo que lo hace pertinente para la comunidad académica interesada en fortalecer la calidad y pertinencia social de la formación en ingeniería.

El estudio se llevó a cabo en el programa de posgrado en ingeniería industrial del Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, mediante experiencias de aprendizaje basadas en proyectos que incluyeron el desarrollo de prototipos vinculados con problemáticas regionales de carácter social y productivo. La colaboración con actores de la academia, la industria, el gobierno, la sociedad civil y el sector ambiental se integró tanto al proceso formativo como a la validación de los proyectos.

La investigación presenta algunas limitaciones, entre ellas el carácter contextual del estudio de caso, el tamaño reducido de la muestra y la dependencia de indicadores de desempeño específicos y resultados en concursos como evidencia de impacto. Estos factores restringen la generalización de los hallazgos; no obstante, el marco propuesto ofrece principios de diseño transferibles que pueden orientar futuras implementaciones en diversos contextos de educación en ingeniería.

El presente trabajo introduce una propuesta de Marco Dialéctico Penta Hélice para el Aprendizaje Basado en Prototipos y Proyectos, concebida como un modelo pedagógico para la formación en ingeniería que integra, de manera dialéctica, la materialización de soluciones técnicas con la colaboración intersectorial. Este modelo enfatiza el desarrollo de competencias técnicas y socioemocionales mediante un proceso iterativo de prototipado y rediseño, con el propósito de fomentar el pensamiento crítico y la resiliencia en los futuros ingenieros (Muñoz, 2024).

En conjunto, estos elementos configuran un marco robusto para la resolución de problemas complejos y la generación de impacto social sostenible. Desde una perspectiva sistémica, el enfoque no se limita a la adquisición de conocimientos, sino que promueve su aplicación en contextos reales, permitiendo a los estudiantes desarrollar prototipos funcionales orientados a problemáticas relevantes (Acosta et al., 2023).

El modelo se alinea con la necesidad de implementar estrategias pedagógicas complementarias, como el abordaje de problemas auténticos y el aprendizaje basado en proyectos, para promover aprendizajes significativos (Hernández, 2024). La articulación con el Aprendizaje Basado en Proyectos se reconoce como una estrategia pedagógica flexible y eficaz, en la cual los estudiantes son guiados mediante procesos de investigación y reflexión crítica para generar soluciones a problemas concretos, mejorando la calidad de su aprendizaje (Cruz et al., 2021).

Asimismo, el modelo promueve una pedagogía transformadora que integra docencia, investigación y producción, con el objetivo de desarrollar competencias transferibles y un compromiso integral con el desarrollo humano, en un marco de colaboración sinérgica entre instituciones educativas, empresas, gobiernos y sociedad civil (Hernández, 2024). Esta interacción multifacética resulta fundamental para validar y enriquecer cada fase del proyecto, permitiendo a los estudiantes experimentar condiciones similares a las del entorno profesional y desarrollar niveles avanzados de pensamiento crítico (Álvarez et al., 2024).

La integración de metodologías activas en la educación en ingeniería se reconoce como un factor clave para capacitar a los estudiantes en la resolución autónoma de problemas y la generación de soluciones innovadoras, vinculando la teoría académica con las demandas del mercado laboral (Silva & Teixeira, 2023). El trabajo con proyectos reales permite a los futuros ingenieros desarrollar una comprensión profunda de la práctica profesional, así como empatía y empoderamiento, competencias esenciales para enfrentar los desafíos actuales (Cruz et al., 2021). En este contexto, el aprendizaje basado en proyectos se ha consolidado como un enfoque pedagógico favorable en programas de ingeniería, al incrementar el compromiso estudiantil y preparar a los alumnos para situaciones profesionales reales (Cabana et al., 2024).

Este enfoque promueve el desarrollo de habilidades críticas como la resolución de problemas, la creatividad y la colaboración, fundamentales para formar ingenieros capaces de transformar su entorno social (Mello & Silva, 2021). Para ello, resulta necesario que los programas educativos incorporen estándares de acreditación y consideren las necesidades empresariales, con el fin de alinear los proyectos formativos con los desafíos del mercado laboral (Cabana et al., 2024). La incorporación del modelo responde a la necesidad de formar ingenieros que, además de dominar herramientas

digitales y análisis de datos, desarrollen pensamiento estratégico y capacidades de gestión del cambio (Sáez et al., 2025).

La implementación de metodologías activas fortalece las habilidades investigativas y el pensamiento crítico, además de fomentar competencias como trabajo en equipo, liderazgo, creatividad, innovación y resolución de problemas, preparando a los estudiantes para los retos de la Industria 4.0 (Valença, 2023; Restrepo-Echeverri et al., 2022). Esta transformación digital exige una reestructuración curricular que priorice la resolución de problemas y el aprendizaje experiencial para garantizar la empleabilidad en entornos digitalizados (Sáez et al., 2025).

La formación universitaria debe promover competencias técnicas, interpersonales y de autoaprendizaje, fundamentales para la innovación y la adaptabilidad profesional (Silva & Teixeira, 2023). Por ello, las universidades deben implementar modelos educativos que preparen a los estudiantes para los desafíos emergentes, fortaleciendo la capacidad de análisis y resolución de problemas (Rivera et al., 2021).

La formación en ingeniería requiere un enfoque multidisciplinar que integre competencias técnicas, humanas y conceptuales, con el fin de preparar a los futuros ingenieros de manera integral (Sáez et al., 2025). Esta aproximación contribuye a cerrar la brecha entre la educación superior y las demandas del mercado laboral (Alogla, 2025). En este contexto, la evaluación continua de los modelos pedagógicos resulta esencial para asegurar su pertinencia y efectividad (Hajime et al., 2025; Arcaya et al., 2022).

El modelo propuesto se presenta como una alternativa sólida que, mediante la integración dialéctica y la colaboración penta hélice, busca reducir la brecha entre la formación académica y las exigencias del mercado laboral dinámico y tecnológicamente avanzado (Sáez et al., 2025).

La interacción entre academia, industria, gobierno, sociedad civil y medio ambiente promueve una formación integral que incorpora dimensiones éticas, sociales y de sostenibilidad (Rivera et al., 2021). Desde esta perspectiva, la ingeniería se concibe no solo como un campo técnico, sino como una disciplina con dimensiones creativas y pedagógicas orientadas al desarrollo humano y social (Méndez, 2023).

El modelo enfatiza la integración de competencias transversales —como liderazgo, trabajo en equipo y gestión estratégica— junto con una sólida base técnica, ética y humanista (Silva & Teixeira, 2023; Rodríguez & Couso, 2022). Esta visión holística busca formar ingenieros con una perspectiva sistémica y conciencia social,

capaces de evaluar las implicaciones éticas y sociales de sus intervenciones tecnológicas (Barrera & Peña, 2021; Aravena-Reyes, 2021; Salazar et al., 2022). En consecuencia, el modelo se postula como una propuesta pertinente para la formación de ingenieros innovadores, responsables y comprometidos con el desarrollo sostenible (Granados et al., 2021; Rivera et al., 2021).

## **2 METODOLOGÍA**

La investigación se desarrolló bajo un enfoque metodológico mixto, con un diseño aplicado de carácter tecnológico-educativo, orientado a la implementación y evaluación de un marco dialéctico pentahélice para el Aprendizaje Basado en Prototipos y Proyectos. El diseño adoptado fue iterativo y participativo, lo que permitió estructurar de manera progresiva los fundamentos teóricos con la práctica educativa en contextos reales (Mello & Silva, 2021). Este enfoque sistémico facilitó la evaluación continua del modelo propuesto y su adaptación a las necesidades emergentes de los proyectos, asegurando su pertinencia y eficacia a lo largo del proceso formativo (Rivera et al., 2021).

### **2.1 Muestra y selección de participantes**

La muestra estuvo conformada por 18 estudiantes del programa de posgrado en ingeniería industrial del Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, correspondientes a tres generaciones académicas distintas. La selección de los participantes se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, dado que todos los estudiantes activos en el posgrado durante el periodo de implementación del modelo participaron en las experiencias de aprendizaje.

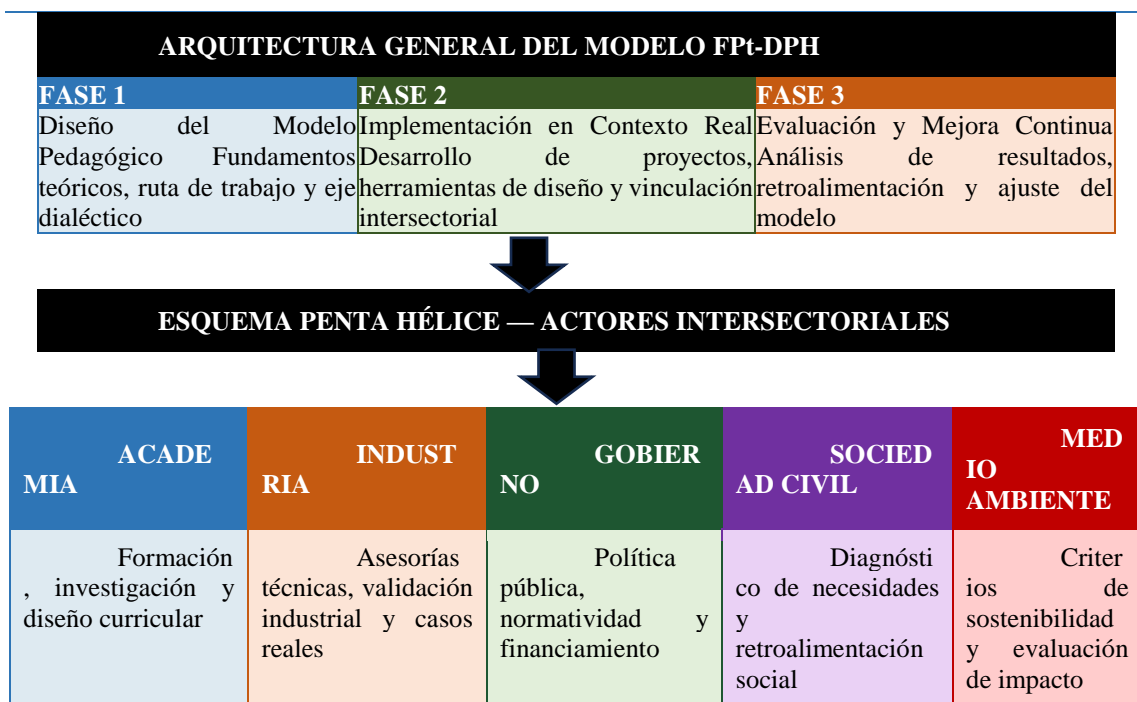
Los proyectos desarrollados se agruparon en tres estudios de caso representativos, seleccionados por su grado de complejidad técnica, su vinculación con problemáticas de relevancia regional y su evidencia documentada de resultados.

## 2.2 Desarrollo del modelo

El modelo articula de forma permanente cinco sectores que intervienen en el proceso formativo (Figura1).

**Figura1**

*Modelo FPt-DPH*



## 2.3 Procedimiento de implementación

La implantación del modelo se estructuró en tres fases secuenciales e iterativas:

**Fase 1. Diseño del modelo pedagógico.** Se definieron los fundamentos teóricos y metodológicos del modelo, integrando los principios del aprendizaje activo, el pensamiento crítico y la vinculación intersectorial bajo el esquema penta hélice. En esta fase se elaboró la ruta de trabajo para cada proyecto, considerando el ciclo dialéctico tesis-antítesis-síntesis como eje articulador del proceso de diseño y rediseño de soluciones.

**Fase 2. Implementación del modelo en contexto real.** Los estudiantes trabajaron en equipos interdisciplinarios para desarrollar proyectos orientados a la solución de problemáticas del entorno social y productivo. Cada equipo aplicó un esquema procedimental basado en herramientas de diseño conceptual que incluyó: la construcción

de una matriz de planificación de la función de calidad para definir el problema y su relevancia; la modelación físico-matemática del sistema; el análisis de modos y efectos de falla; la síntesis inventiva mediante principios de solución inventiva; y la integración tecnológica mediante la articulación de hardware, software y conectividad. La colaboración con actores externos —industria, gobierno, sociedad civil y sector ambiental— se integró de forma activa a través de asesorías, visitas técnicas y sesiones de validación de prototipos.

**Fase 3. Evaluación del modelo y mejora continua.** Se analizaron los resultados obtenidos por los equipos en cada proyecto, tomando como indicadores el nivel de desempeño en competencias técnicas, la calidad de los prototipos desarrollados y el reconocimiento obtenido en concursos nacionales de innovación. Asimismo, se recopiló retroalimentación de estudiantes, docentes y mentores de la industria mediante instrumentos de valoración cualitativa, con el propósito de identificar áreas de mejora e introducir ajustes al modelo para ciclos formativos posteriores.

#### *Instrumentos y recolección de información*

Para la evaluación del modelo se emplearon las siguientes estrategias: revisión documental de los productos generados por los equipos (memorias técnicas, reportes de diseño y prototipos físicos); evaluación de desempeño por parte de jueces externos en concursos de innovación tecnológica de alcance nacional; y sesiones de retroalimentación estructurada con los actores involucrados. Los datos cualitativos se analizaron mediante categorización temática, mientras que los resultados cuantitativos se expresaron en términos de posición alcanzada en los concursos y porcentaje de estudiantes que completaron satisfactoriamente las competencias establecidas para cada fase del proyecto.

### **3 RESULTADOS**

El modelo se fundamentó en tres componentes articulados de manera sistémica. En primer lugar, se adoptó el Aprendizaje Basado en Prototipos y Proyectos como eje central del proceso formativo, permitiendo que los estudiantes materializaran soluciones técnicas a problemas reales mediante el diseño y construcción de prototipos funcionales.

En segundo término, se incorporó un proceso dialéctico iterativo basado en la secuencia tesis-antítesis-síntesis, que orientó el rediseño continuo de las propuestas y

promovió las etapas de confrontación, construcción, contribución y generación de conocimiento. En tercer lugar, se integró la colaboración bajo el enfoque penta hélice (academia, industria, gobierno, sociedad civil y medio ambiente) como mecanismo de validación externa y enriquecimiento de los proyectos.

La viabilidad del modelo se evidenció mediante tres estudios de caso. El primero correspondió al rediseño ergonómico de una herramienta artesanal en México, donde se obtuvo un prototipo funcional y se constató la adquisición de competencias técnicas avanzadas —entre ellas el despliegue de la función de calidad, los principios de solución inventiva, el análisis de modos y efectos de falla y el modelado asistido por computadora—, así como el fortalecimiento de habilidades de trabajo colaborativo.

El segundo y tercer caso se relacionaron con el desarrollo de un prototipo para el monitoreo de estructuras de concreto reforzado y un dispositivo para la detección de fugas, ambos reconocidos con primer lugar en el Concurso Nacional de Innovación Tecnológica en el nivel de posgrado. A través del proceso de implementación, los estudiantes consolidaron competencias para concebir, diseñar, implementar y operar soluciones de ingeniería, integrando habilidades genéricas y específicas esenciales para el desempeño profesional (Martinez-Duque et al., 2021). El proceso dialéctico favoreció el aprendizaje profundo al exigir a los equipos que justificaran, cuestionaran y reformularan sus propuestas en cada ciclo de rediseño, lo que derivó en soluciones técnicas con mayor nivel de refinamiento y aplicabilidad.

**Tabla 1**

*Resumen de los estudios de caso implementados con el modelo.*

Caso 1	Rediseño ergonómico de herramienta artesanal	Prototipo funcional y dominio de herramientas de diseño conceptual
Caso 2	Dispositivo para monitoreo de estructuras de concreto reforzado	Primer lugar, Concurso Nacional de Innovación Tecnológica, nivel posgrado
Caso 3	Dispositivo para detección de fugas	Primer lugar, Concurso Nacional de Innovación Tecnológica, nivel posgrado

## 4 CONCLUSIONES

Los hallazgos de esta investigación permitieron confirmar que el modelo propuesto constituye una estrategia pedagógica eficaz para fortalecer el desarrollo de competencias interdisciplinarias en estudiantes de ingeniería, particularmente cuando se articula con entornos de aprendizaje experiencial y metodologías basadas en problemas reales. La integración del enfoque dialéctico, junto con la interacción penta hélice, favoreció procesos formativos más reflexivos y contextualizados, lo que se tradujo en una mayor capacidad de los estudiantes para diseñar e implementar soluciones ingenieriles con criterios de innovación y sostenibilidad.

Al contrastar los resultados con investigaciones previas sobre metodologías activas, se observó que el modelo propuesto ofrece ventajas distintivas en términos de desempeño académico, calidad de los proyectos y fortalecimiento de habilidades profesionales. La retroalimentación obtenida de estudiantes, mentores y docentes evidenció una percepción positiva respecto al impacto del modelo en el aprendizaje significativo y en la preparación para el ejercicio profesional. Asimismo, la participación de mentores provenientes de la industria permitió aproximar a los estudiantes a los estándares y dinámicas del sector productivo, incrementando su comprensión de la práctica profesional y su capacidad de gestión de proyectos.

En el contexto de educación en ingeniería, la aplicación del modelo evidenció su potencial para impulsar proyectos con alto impacto social y tecnológico, logrando reconocimientos nacionales en el nivel de posgrado. Estos resultados validaron la pertinencia del enfoque intersectorial como mecanismo para abordar problemáticas complejas del entorno y generar soluciones con valor agregado. Además, la implementación del modelo abrió nuevas líneas de investigación y propició cambios en las prácticas docentes, promoviendo una cultura de innovación educativa y transferencia tecnológica.

El Tecnológico Nacional de México promueve el desarrollo de proyectos que solucionen problemáticas del entorno, el promover este modelo implica la vinculación de los sectores de la penta hélice, a partir de la aplicación de este modelo, se ha logrado ganar dos veces el primer lugar nacional en posgrado con dos proyectos enfocados en solucionar problemáticas nacionales. Estos logros no solo demuestran la efectividad del FPt-DPH en la formación de ingenieros con alta capacidad de impacto, sino que también validan su

potencial como herramienta para abordar desafíos complejos a nivel nacional mediante la colaboración intersectorial (Popli & Singh, 2024).

Asimismo, la implementación de este enfoque ha permitido identificar novedosas perspectivas de acción que docentes y estudiantes están incorporando en su quehacer diario, generando alternativas de trabajo y nuevas líneas de investigación que responden a las necesidades sociales y productivas (Cárdenas-Velasco, 2023).

Este modelo educativo impacta favorablemente en el contexto regional y laboral, ya que la vinculación estrecha entre la academia y la industria optimiza la formación de capital humano especializado, mejorando la productividad y competitividad requeridas por la nueva industria (Delgado & Reyes, 2022). Este enfoque garantiza la pertinencia social de los proyectos y fomenta la satisfacción del estudiante al vincular su aprendizaje con soluciones concretas a problemas reales, preparando a los futuros profesionales para el mercado laboral (Cabana et al., 2024).

## 5 DISCUSIÓN

El Aprendizaje Basado en Proyectos ha demostrado ser una estrategia pedagógica efectiva para mejorar los resultados de aprendizaje y las competencias en estudiantes de ingeniería, al fomentar el desarrollo de habilidades de pensamiento de orden superior y la aplicación de conocimientos a situaciones del mundo real (Córdoba-Fuentes & Castrillo, 2024; Dampierre et al., 2024).

Esta metodología, junto con el Aprendizaje Basado en Prototipos, facilita la adquisición de habilidades interpersonales y la capacidad de abordar desafíos complejos (Ghazali et al., 2021), características esenciales para el desempeño profesional en un entorno globalizado. Además, el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje basado en retos promueven el desarrollo de habilidades blandas cruciales como el liderazgo, el pensamiento crítico, la toma de decisiones y la conciencia social y ética, las cuales son indispensables para la formación integral de ingenieros (Cabrera & Clares, 2023; González-Trevizo et al., 2025).

La pertinencia de estas estrategias se ve reforzada por la necesidad de una investigación transdisciplinaria que combine herramientas de aprendizaje activo con tecnologías asistidas por computadora para resolver problemas de desarrollo sostenible, como se ha evidenciado en estudios de programas de ingeniería industrial (Pérez-

Rodríguez et al., 2022). Por lo tanto, la incorporación de un enfoque basado en proyectos en la enseñanza de la ingeniería no solo mejora las habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas, sino que también fomenta la innovación y la capacidad de los estudiantes para integrar conocimientos de diversas disciplinas (Naumkin et al., 2024; Santos, 2023).

Este modelo, al propiciar una articulación entre la pedagogía, el diseño de ingeniería y las tecnologías digitales, se alinea con la necesidad de desarrollar capacidades para la visualización, manipulación y aplicación de datos en la resolución de problemas, tal como ha sido señalado en investigaciones previas (Cruz et al., 2021).

Finalmente, el modelo demostró contribuir a la formación de capital humano especializado, alineado con las demandas de la Industria 4.0 y del entorno productivo contemporáneo. La articulación entre pedagogía, diseño de ingeniería y tecnologías emergentes fortalece la capacidad de los estudiantes para visualizar, analizar y aplicar conocimientos en la resolución de problemas reales, garantizando la pertinencia social de los proyectos y elevando la satisfacción del estudiante al vincular su aprendizaje con impactos concretos en su entorno.

## REFERENCIAS

- Abarca, M. V., Herrera-Acuña, R. A., Contreras-Véliz, J. L., & Contreras, M. V. (2021). Diseño curricular: un esfuerzo de diez años de una red de universidades en Chile. *Formación Universitaria*, 14(2), 25. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062021000200025>
- Acosta, H. Y. H., Vázquez, E. S., & Cid, A. M. (2023). Metodología Robusta para el Aseguramiento de la Calidad y Madurez Tecnológica, de un Producto Innovador, como Herramienta para Acercar a las Mujeres Científicas Mexicanas a Emprender. *Revista Innovaciones de Negocios*, 1(1), 45. <https://doi.org/10.29105/revin1.1-437>
- Aguzzi-Fallas, M. (2023). Habilidades blandas en ingenieros/as de software. *Revista Científica Retos de La Ciencia*, 7(15), 112. <https://doi.org/10.53877/rc.7.15.2023070111>
- Alogla, A. A. (2025). Engineering curriculum redesign for sustainable careers: a process mapping approach in higher education. *Deleted Journal*. <https://doi.org/10.1007/s43995-025-00229-7>

- Álvarez, Y. A. A., Bermúdez, M. J. V., & Peláez, M. M. (2024). Motorcycle Time: Una lúdica vivencial en el campo de la ingeniería industrial y afines. *Revista Andina de Educación*, 7(1), 7112. <https://doi.org/10.32719/26312816.2023.7.1.12>
- Aravena-Reyes, J. (2021). RUMO A UMA FORMAÇÃO SOCIAL DO ENGENHEIRO. *Trabalho & Educação*, 30(2), 141. <https://doi.org/10.35699/2238-037x.2021.21992>
- Arcaya, F. A. B., Venegas-Muggli, J. I., & Plaza, L. I. (2022). El efecto del Aprendizaje Basado en Proyectos en el rendimiento académico de los estudiantes. *Revista de Estudios y Experiencias En Educación*, 21(46), 277. <https://doi.org/10.21703/0718-5162.v21.n46.2022.015>
- Arenas, I. D. R., Jiménez-Medina, E., & Callejas, R. Y. (2021). Competencias profesionales e Industria 4.0: análisis exploratorio para ingeniería industrial y administrativa en Medellín. *Revista Interamericana de Investigación Educación y Pedagogía RIIEP*, 14(2). <https://doi.org/10.15332/25005421.6299>
- Arriagada, A., Torres-Valderrama, S., & Jiménez-Pérez, L. (2024). Experiencias formativas en ingeniería basadas en metodologías activas: una revisión sistemática de la literatura. *Innovaciones Educativas*, 26(41), 261. <https://doi.org/10.22458/ie.v26i41.5073>
- Barrera, M. C. M., & Peña, R. S. (2021). Significaciones y preocupaciones de los docentes en torno a la formación de ingenieros en el Tecnológico Nacional de México. *Perfiles Educativos*, 43(174). <https://doi.org/10.22201/iissue.24486167e.2021.174.59811>
- Bühler, M. M., Nübel, K., & Jelinek, T. (2021). *Educating Tomorrow's Workforce for the Fourth Industrial Revolution – The Necessary Breakthrough in Mindset and Culture of the Engineering Profession*. <https://doi.org/10.20944/preprints202107.0537.v1>
- Cabana, S. R., Cortés, F. H., Vega, D. L., & Rojas, J. C. (2024). Diseño de un programa académico orientado al desarrollo integral de competencias de estudiantes de ingeniería de la Universidad de La Serena (Chile). *Formación Universitaria*, 17(1), 81. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062024000100081>
- Cabrera, M. P. A., & Clares, P. M. (2023). El Aprendizaje Basado en Problemas como estrategia de seguimiento de las competencias del perfil de egreso. Una experiencia en Ingeniería Civil en la Universidad de Valparaíso. *Educatio Siglo XXI*, 41(2), 11. <https://doi.org/10.6018/educatio.503551>
- Cárdenas-Velasco, K. (2023). Funcionalidad de las competencias investigativas en la aplicación del Proyecto Integrador de Saberes con estudiantes de pregrado. *Cátedra*, 6(2), 143. <https://doi.org/10.29166/catedra.v6i2.4517>
- Carvajal, S. A., Imbert, M. M., Navarro, T., & Cadevill, K. A. (2022). Creación de un instrumento de medición del pensamiento crítico a través de la matemática Una aplicación a estudiantes de ingeniería de primer año universitario. *Revista de Estudios y Experiencias En Educación*, 21(46), 239. <https://doi.org/10.21703/0718-5162.v21.n46.2022.013>

- Córdoba-Fuentes, D., & Castrillo, C. J. H. (2024). Desarrollo de competencias en física-matemática a través de los productos integradores. *Revista Científica ECOCIENCIA*, 11(2), 24. <https://doi.org/10.21855/ecociencia.112.875>
- Cruz, R. I., Serrano, C. L., & Rodríguez, B. J. P. (2021). Modelo de mejoramiento productivo: una aplicación de la fabricación digital incorporada al aprendizaje basado en proyectos (ABP) en la educación superior. *Formación Universitaria*, 14(2), 65. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062021000200065>
- Dampierre, M. R. de, Gaya-López, M. C., & Bercial, P. J. L. (2024). Evaluation of the Implementation of Project-Based-Learning in Engineering Programs: A Review of the Literature. *Education Sciences*, 14(10), 1107. <https://doi.org/10.3390/educsci14101107>
- Delgado, J. P., & Reyes, N. R. (2022). Formación Profesional Dual (FPD) en México: ¿política educativa emergente o alternativa pertinente de inserción laboral? *Revista Internacional de Organizaciones*, 29, 139. <https://doi.org/10.17345/rio29.139-160>
- Gallego, L. E., Burgos, D. A. T., Echeverry, J. J. R., & Díaz-Morales, H. (2023). Curricular Experiences Leading to the ABET Accreditation in the Electrical and Electronics Engineering Programs. *Ingeniería e Investigación*, 43(2). <https://doi.org/10.15446/ing.investig.100218>
- Garcés, G., & Peña, C. (2022). Adapting engineering education to BIM and industry 4.0: A view from Kolb's experiential theory in the laboratory. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 30(3), 497. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052022000300497>
- Ghazali, N. E., Mohd-Yusof, K., Phang, F. A., Arsat, R., Ahmad, N. A., & Morino, H. (2021). Engineering Students Learning Experience through a Unique Global Project-Based Learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 16(15), 236. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i15.24803>
- González-Trevizo, C. L., Aguilar-Núñez, A. K., Gajón-Robles, G. C., Hernández-Ramos, M. G., Corral-Nájera, K., Delgado, A. M., Ramírez-Colmenero, A., & Vázquez-Villegas, P. (2025). Interdisciplinary Projects for the Development of Competencies in Biotechnology Engineering. In *Lecture notes in networks and systems* (p. 293). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-83523-0\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-031-83523-0_27)
- Granados, N. R. P., Torres, C. T., Reyes, C. A., & Guarnizo, M. C. V. (2021). Método de proyectos para construir conocimiento en experticia, comunicación y pensamiento crítico, sobre el ambiente. *PUBLICACIONES*, 52(3), 295. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v52i3.22275>
- Hajime, M., Eiji, M., Tomomi, N., Toshiya, K., Gregor, von C., & David, R. (2025). Advances in Production Management Systems. Cyber-Physical-Human Production Systems: Human-AI Collaboration and Beyond. In *IFIP advances in information and communication technology*. Springer Science+Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-3-032-03515-8>

- Hernández, R. G. (2024). Pedagogía de la EFTP: Hacia un Modelo Educativo Innovador y Sostenible. *Revista Científica*, 9(31), 10. <https://doi.org/10.29394/scientific.issn.2542-2987.2024.9.31.0.10-20>
- Jorge, L. N., Pereira, M. A., Veraldo, L. G., & Andrade, H. de S. (2023). O contexto da Indústria 4.0 no processo educacional da engenharia. *Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)*, 14(5), 7457. <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i5.2131>
- M., É. S., & A., A. S. (2022). Ingeniería y ciencias de la vida: Relación simbiótica para la supervivencia humana. *ENTRAMADO*, 18(2). <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.8496>
- Martinez-Duque, D., Medina, I. I. S., Cabrera-Medina, J. M., & Clavijo-Bustos, N. (2021). Inclusión de ingeniería sostenible en el contexto regional. *Formación Universitaria*, 14(5), 11. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062021000500011>
- Mello, G. N. de A., & Silva, M. V. S. de A. e. (2021). A prática docente dos professores de engenharia: considerações de alunos e professores. *Revista Ibero-Americana de Estudos Em Educação*, 2539. <https://doi.org/10.21723/riaee.v16i4.13970>
- Méndez, J. R. V. (2023). Aportes de la pedagogía, la didáctica y las TICS en la formación profesional de ingenieros. *Revista Boletín Redipe*, 12(4), 66. <https://doi.org/10.36260/rbr.v12i4.1953>
- Muñoz, F. B., Cubero, A. T., & Martínez-Moreno, A. R. (2021). Percepciones de docentes de ingeniería de México sobre componentes personales, profesionales e institucionales que intervienen en su formación. *Revista Electrónica Educare*, 25(3), 1. <https://doi.org/10.15359/ree.25-3.32>
- Muñoz, J. F. R. (2024). Problems in Problem-Based Design Engineering Education : Towards a Multidisciplinary Designerly Educational Approach. In *Linköping studies in science and technology. Dissertations*. Linköping University Electronic Press. <https://doi.org/10.3384/9789180756600>
- Naumkin, N. I., Glushko, D. E., Kupryashkin, V. F., & Abushaeva, Z. Kh. (2024). Prospects of Interdisciplinary Research into the Problem of Resource Mobilization of Academic Staff. *Integration of Education*, 28(2), 172. <https://doi.org/10.15507/1991-9468.115.028.202402.172-192>
- Perez, S., & Villagrà, J. Á. M. (2021). La enseñanza de ciencias por indagación y el diseño ingenieril en educación primaria. *Ápice Revista de Educación Científica*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.17979/arec.2021.5.1.5807>
- Pérez-Rodríguez, R., Martín, R. L., Trinchet-Varela, C. A., Simeón-Monet, R. E., Miranda, J., Cortés, D., & Molina, A. (2022). Integrating Challenge-Based-Learning, Project-Based-Learning, and Computer-Aided Technologies into Industrial Engineering Teaching: Towards a Sustainable Development Framework. *Integration of Education*, 26(2), 198. <https://doi.org/10.15507/1991-9468.107.026.202202.198-215>

- Popli, N. K., & Singh, R. (2024). Enhancing academic outcomes through industry collaboration: our experience with integrating real-world projects into engineering courses. *Discover Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00300-w>
- Restrepo-Echeverri, D., Builes, J. A. J., & Branch, J. W. (2022). Educación 4.0: integración de robótica educativa y dispositivos móviles inteligentes como estrategia didáctica para la formación de ingenieros en STEM. *DYNA*, 89(222), 124. <https://doi.org/10.15446/dyna.v89n222.100232>
- Rivera, A. G., Díaz, F. S., Soto, C. P., & España, P. B. (2021). Competencias genéricas en la práctica profesional de la carrera Ingeniería Civil Eléctrica. El discurso entre la academia y la industria. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 29(2), 214. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052021000200214>
- Rivera, F. C. M.-L., Hermosilla, P., Delgadillo, J., & Echeverría, D. (2021). Propuesta de construcción de competencias de innovación en la formación de ingenieros en el contexto de la industria 4.0 y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). *Formación Universitaria*, 14(2), 75. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062021000200075>
- Rodríguez, A., Martínez, M. P., Guadarrama, J. R., Lemus, R. D., & Domínguez, Y. R. (2024). Rediseño curricular para la formación de ingenieros en la modalidad semipresencial. *Modelling in Science Education and Learning*, 17, 127. <https://doi.org/10.4995/msel.2024.19459>
- Rodríguez, C. S., & Couso, D. (2022). Didáctica de la ingeniería: tres preguntas con visión de futuro. *Enseñanza de Las Ciencias Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 40(3), 147. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3507>
- Sáez, P. F., Vidal-Silva, C., Morales, J., & Silva-Aravena, F. (2025). Formación universitaria en competencias para la Industria 4.0: un enfoque en ingeniería y administración. *Formación Universitaria*, 18(5), 169. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062025000500169>
- Salazar, J. A. Á., Zuluaga, S. M. Y., & Granada, W. F. M. (2022). Competencias sociales, emocionales e interculturales como parte fundamental del perfil integral de estudiantes de pregrado. *El Ágora USB*, 22(1), 168. <https://doi.org/10.21500/16578031.4836>
- Santos, R. dos. (2023). Aprendizagem Baseada em Projetos na formação de engenheiros: estudo de caso sobre uma experiência curricular. *Educação*, 34(67). <https://doi.org/10.18675/1981-8106.v34.n.67.s16771>
- Silva, P. C. D., & Teixeira, R. L. P. (2023). Environmental Engineer Profile: Perspectives and Notes of Active Learning in Engineering Education. *Cadernos de Educação Tecnologia e Sociedade*, 16(2), 194. <https://doi.org/10.14571/brajets.v16.n3.194-209>
- Turpo-Gebera, O., Puma, E. G. M., Diaz-Zavala, R., & Mansilla, E. B. R. (2024). Competencias investigativas docentes en la producción científica estudiantil del área

de ingeniería en una universidad peruana. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1556>

Valença, A. K. A. (2023). Metodologias ativas no ensino de engenharia. *Revista Produção Online*, 23(2), 4982. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v23i2.4982>

### **Contribución de los autores**

Todos los autores contribuyeron por igual al desarrollo de este artículo.

### **Disponibilidad de datos**

Todos los conjuntos de datos relevantes para los resultados de este estudio están disponibles en su totalidad en el artículo.

### **Cómo citar este artículo (APA)**

Mendo-Ostos, L., Cruz-Rivero, L., Vázquez-Estrada, O. W., Lince-Olguin, E., & Bautista-Santiago, M. (2026). MODELO DIALÉCTICO PENTA HÉLICE PARA EL APRENDIZAJE BASADO EN PROTOTIPOS Y PROYECTOS EN INGENIERÍA. *Veredas Do Direito*, 23(6), e235845. <https://doi.org/10.18623/rvd.v23.5845>