

XXIV

**Análisis del ciclo de vida
financiero y optimización
del acoplamiento
propulsivo mediante la
adaptación de motores
no marinos en el sector
pesquero artesanal**

Victor Nilo Acosta Pastor

Análisis del ciclo de vida financiero y optimización del acoplamiento propulsivo mediante la adaptación de motores no marinos en el sector pesquero artesanal

Victor Nilo Acosta Pastor

RESUMEN

El presente capítulo analiza la viabilidad técnica y financiera de adaptar motores de combustión interna no diseñados originalmente para uso marino en embarcaciones pesqueras artesanales. Ante la creciente crisis de rentabilidad del sector, impulsada por el alza en los costos de combustible y mantenimiento, esta práctica surge como una estrategia de mitigación del costo de capital (CAPEX). No obstante, el estudio evidencia que la sustitución empírica, carente de una reingeniería rigurosa, conlleva riesgos críticos de fatiga mecánica e ineficiencia operativa, elevando desproporcionadamente los costos a largo plazo (OPEX). A través de una revisión narrativa de literatura técnica publicada entre 2016 y 2026, se identifica que el factor determinante para la sostenibilidad económica y operativa radica en la optimización del acoplamiento propulsivo. Se establece que el matching preciso entre la curva de potencia del motor y la demanda de empuje de la hélice, sumado a la implementación de sistemas de refrigeración adecuados y una alineación técnica de ejes, es esencial para prevenir vibraciones destructivas y mejorar el rendimiento del combustible. En conclusión, la adaptación de motores no marinos es una solución viable solo cuando se integra dentro de un marco de ingeniería naval profesional, permitiendo democratizar la eficiencia propulsiva sin comprometer la seguridad marítima ni la sostenibilidad ambiental del sector artesanal.

Palabras clave: Pesca artesanal, propulsión marina, motores adaptados, eficiencia energética, análisis de ciclo de vida.

ABSTRACT

This chapter analyzes the technical and financial feasibility of adapting internal combustion engines not originally designed for marine use in artisanal fishing vessels. Faced with the sector's growing profitability crisis, driven by rising fuel and maintenance costs, this practice has emerged as a capital expenditure (CAPEX) mitigation strategy. However, the study reveals that empirical substitution, lacking rigorous re-engineering, carries critical risks of mechanical fatigue and operational inefficiency, disproportionately increasing long-term operating expenditure (OPEX). Through a narrative review of technical literature published between 2016 and 2026, the determining factor for economic and operational sustainability is identified as the optimization of the propulsion coupling. It is established that precise matching between the engine's power curve and the propeller's thrust demand, along with the implementation of appropriate cooling systems and proper shaft alignment, is essential to prevent destructive vibrations and improve fuel efficiency. In conclusion, the adaptation of non-marine engines is a viable solution only when integrated within a professional naval engineering framework, allowing for the democratization of propulsion efficiency without compromising maritime safety or the environmental sustainability of the artisanal fishing sector.

Keywords: Artisanal fishing, marine propulsion, adapted engines, energy efficiency, life cycle assessment.

INTRODUCCIÓN

El sector pesquero artesanal constituye un pilar fundamental para la seguridad alimentaria y la economía de las comunidades costeras en el mundo en desarrollo. Sin embargo, en la última década, esta actividad ha enfrentado una severa crisis de rentabilidad, exacerbada por la volatilidad de los precios internacionales de los combustibles fósiles y el incremento sostenido en los costos de mantenimiento de las unidades motorizadas. Como señalan Smith y Thompson (2022), la dependencia de sistemas de propulsión obsoletos ha dejado a los pescadores en una posición de vulnerabilidad financiera, donde el gasto operativo suele absorber gran parte de los ingresos brutos, limitando severamente la capacidad de capitalización y modernización de las flotas.

En este complejo escenario, el motor de combustión interna representa el principal activo y, simultáneamente, la mayor fuente de costos para el armador artesanal. Existe una brecha de precios significativa entre los motores intraborda de especificación marina —diseñados con materiales resistentes a la corrosión y sistemas de refrigeración avanzados— y las alternativas de motores industriales o automotrices adaptados. Si bien los motores marinos especializados ofrecen una mayor vida útil, su alto costo inicial (CAPEX) resulta prohibitivo para gran parte del sector. Por el contrario, la adaptación de motores no marinos se ha convertido en una práctica empírica común; no obstante, esta solución a menudo se ejecuta de manera rudimentaria, sin considerar las variables críticas de la ingeniería naval (González et al., 2024).

El problema radica en que, sin un acoplamiento propulsivo técnicamente optimizado, el motor adaptado opera fuera de su punto de eficiencia óptima, lo que resulta en un consumo excesivo de combustible y un desgaste mecánico acelerado. La falta de alineación entre la curva de potencia del motor y la demanda de empuje de la hélice genera una ineficiencia energética que, a largo plazo, anula cualquier ahorro obtenido en la adquisición inicial del motor.

Ante esta problemática, el presente artículo tiene como objetivo revisar la literatura técnica existente sobre la adaptación de motores no marinos en el sector pesquero artesanal. A través de este análisis, se proponen directrices técnicas para la optimización del acoplamiento propulsivo, orientadas a mitigar las ineficiencias energéticas y prolongar la vida útil del sistema (Martínez & Ruiz, 2023).

La importancia de esta investigación reside en la imperativa necesidad de democratizar la tecnología propulsiva eficiente. La sostenibilidad económica del pescador artesanal depende de la capacidad técnica para implementar soluciones de ingeniería accesibles, pero rigurosas. Al proporcionar un marco de referencia que equilibre la viabilidad financiera con la eficiencia operativa, este estudio busca contribuir a la transformación digital y técnica de la flota artesanal, permitiendo que las comunidades pesqueras alcancen una mayor resiliencia frente a las fluctuaciones del mercado global, garantizando así la continuidad de sus medios de vida bajo estándares de mayor eficiencia y responsabilidad ambiental.

METODOLOGÍA

El presente trabajo se fundamenta en una revisión narrativa de la literatura técnica y científica, diseñada para sintetizar el estado del arte sobre la adaptación de sistemas propulsivos en la flota pesquera artesanal. Esta metodología permite integrar diversas fuentes —incluyendo artículos originales, manuales de diseño de ingeniería naval y reportes técnicos de organismos de gestión pesquera— para construir un análisis holístico que trascienda la mera descripción operativa. Para garantizar la relevancia y actualidad de la información, se establecieron criterios estrictos de selección que limitan la inclusión a documentos publicados entre el 2016 y el 2026. Este marco temporal es esencial para capturar los avances recientes en eficiencia energética y las nuevas tendencias en la economía circular aplicada a la maquinaria náutica (Hernández & Silva, 2025).

La estrategia de búsqueda se desplegó mediante un proceso sistemático en las bases de datos de mayor impacto académico: Scopus, Web of Science y Google Scholar. Se emplearon cadenas de búsqueda utilizando descriptores normalizados, tanto en español como en inglés, para captar la literatura técnica global. Las consultas principales se articularon sobre términos clave: "propulsión artesanal", "motores adaptados", "análisis LCC (Life Cycle Costing)" y "acoplamiento mecánico". Dada la naturaleza transdisciplinaria del tema, se incluyeron búsquedas secundarias relacionadas con "eficiencia de sistemas de transmisión" y "optimización termodinámica en embarcaciones menores", lo que permitió filtrar el ruido informativo y seleccionar fuentes con mayor rigor metodológico (Petersen et al., 2023).

El enfoque de este artículo es esencialmente comparativo. Se analizaron casos de estudio documentados donde la sustitución o adaptación de motores industriales en embarcaciones artesanales ha sido registrada. La unidad de análisis se centró en dos ejes transversales: la viabilidad financiera mediante el análisis de costos del ciclo de vida (LCC) y el rendimiento hidrodinámico. El LCC se utilizó como métrica principal para evaluar si la reducción del capital inicial (CAPEX) se ve anulada, a largo plazo, por un aumento en los costos operativos (OPEX) debido a fallas mecánicas o ineficiencias en el consumo de combustible.

Para el análisis del rendimiento hidrodinámico, se evaluó cómo la interacción entre el motor adaptado, el sistema de reducción y el paso de la hélice afecta la velocidad y el consumo específico de combustible. Este enfoque permite contrastar configuraciones empíricas con modelos de ingeniería estándar, identificando las desviaciones que

ocurren cuando se prescinde de un diseño naval profesional. Según lo expuesto por Kim y Park (2024), la falta de un dimensionamiento adecuado del tren de potencia es la causa primaria de la reducción de la vida útil en adaptaciones no convencionales. De este modo, la presente revisión se posiciona como una herramienta crítica para entender que la optimización no es solo un acto mecánico, sino una decisión estratégica que debe equilibrar la limitación de recursos del pescador artesanal con los principios fundamentales de la mecánica de fluidos y la economía aplicada.

RESULTADOS

El análisis de la literatura técnica revela disparidades significativas en la estructura de costos de las embarcaciones que optan por motores adaptados frente a los de especificación marina. En términos de ciclo de vida financiero, los datos indican que el uso de motores industriales o automotrices permite una reducción del costo de capital (CAPEX) de hasta un 40%. Esta ventaja financiera inicial resulta atractiva para el pescador artesanal debido a la alta disponibilidad de repuestos y menores precios de adquisición. Sin embargo, el análisis del costo operativo (OPEX) presenta una tendencia inversa en ausencia de una ingeniería adecuada. Estudios de caso demuestran que, cuando los sistemas de refrigeración por circuito abierto (usualmente diseñados para aire o agua dulce) no son adaptados con intercambiadores de calor resistentes a la corrosión salina, el costo de mantenimiento preventivo y correctivo se eleva exponencialmente, neutralizando el ahorro inicial en menos de 24 meses (Rodríguez & Fuentes, 2024).

La optimización del acoplamiento propulsivo constituye el eje crítico donde se define la viabilidad técnica del motor adaptado. Los hallazgos evidencian que el éxito de la adaptación depende estrictamente del matching o coincidencia entre la curva de potencia del motor y la curva de empuje de la hélice. Un error común identificado en la práctica artesanal es la instalación de motores de alta velocidad de rotación sin el dimensionamiento correcto de la caja reductora. Según lo expuesto por Tanaka et al. (2025), la falta de sintonía en esta interfaz genera una carga excesiva sobre el cigüeñal y un fenómeno de cavitación prematura en las palas de la hélice, lo que degrada la eficiencia del sistema propulsivo y reduce la vida útil de los componentes metálicos expuestos a fatiga cíclica.

En cuanto al impacto operativo, el rendimiento del combustible aparece estrechamente ligado a la relación de transmisión seleccionada. El análisis comparativo de configuraciones muestra que, cuando se aplican motores de alta velocidad —típicos de aplicaciones vehiculares— a cascos de desplazamiento de baja velocidad, la ineficiencia es notable si no se utilizan cajas reductoras con relaciones de reducción elevadas. La literatura revisada indica que configuraciones optimizadas pueden mejorar el consumo específico de combustible (SFC) hasta en un 18% en comparación con instalaciones directas o con cajas de reducción mal dimensionadas. Esta mejora no solo impacta directamente en el bolsillo del pescador, sino que también reduce la carga térmica sobre el motor (López & García, 2026). En síntesis, el éxito del proyecto de adaptación reside en transformar una solución "estándar" en un sistema configurado bajo parámetros de carga específicos, garantizando que el ahorro de capital inicial no se vea eclipsado por una ineficiencia operativa sostenida que comprometa la viabilidad económica de la jornada de pesca.

DISCUSIÓN

La presente revisión pone de manifiesto que, si bien la adaptación de motores no marinos representa una estrategia de supervivencia económica, plantea desafíos técnicos y estructurales profundos. Uno de los riesgos más críticos identificados es la fatiga mecánica acelerada derivada de la ausencia de sistemas de enfriamiento de agua salada de circuito cerrado. La mayoría de los motores adaptados utilizan sistemas diseñados para entornos terrestres, los cuales son incapaces de soportar la agresividad química y la conductividad térmica del medio marino. Como sostienen Davies y Henderson (2025), la corrosión galvánica y la acumulación de depósitos salinos en los bloques de motor no marinos no solo incrementan la frecuencia de fallas catastróficas, sino que también alteran la integridad estructural de los componentes internos, acortando su vida útil operativa en más de un 50% frente a configuraciones marinas.

Este escenario abre un debate necesario sobre la sostenibilidad del modelo artesanal. La reducción del costo de inversión inicial a corto plazo parece entrar en conflicto directo con dos pilares del desarrollo sostenible: la seguridad marítima y la mitigación de emisiones. Las ineficiencias en la combustión, causadas por un acoplamiento inadecuado, resultan en una liberación desproporcionada de partículas contaminantes y gases de efecto invernadero (GEI). La literatura sugiere que una combustión

incompleta, provocada por motores operando bajo condiciones de carga para las que no fueron diseñados, incrementa la huella de carbono de la flota artesanal, contradiciendo los esfuerzos globales por descarbonizar el transporte marítimo menor (Wong et al., 2024). Asimismo, la fiabilidad del motor se convierte en un riesgo de seguridad pública; un motor que falla en alta mar debido a una mala adaptación coloca a la tripulación en una situación de vulnerabilidad extrema, donde el ahorro económico se vuelve insignificante frente a la pérdida de vidas y bienes.

Ante esta realidad, es imperativa la transición hacia soluciones técnicas normalizadas. Se propone la estandarización de "kits de acoplamiento" que aseguren la alineación de ejes, elemento fundamental para mitigar las vibraciones destructivas, una patología mecánica recurrente en adaptaciones informales. La desalineación entre el motor y la línea de eje genera fuerzas laterales que dañan los sellos del eje propulsor y los cojinetes de soporte, propiciando filtraciones de agua y, eventualmente, la inmovilización de la embarcación (Ferreira & Santos, 2026). La implementación de placas base de montaje con sistemas de amortiguación elástica y acoplamientos flexibles permitiría absorber estas vibraciones, estabilizando la dinámica propulsiva.

En última instancia, el debate no debe centrarse en prohibir la adaptación —dada la brecha de mercado existente— sino en elevar su calidad técnica. La estandarización de kits de acoplamiento constituye una vía viable para democratizar la eficiencia sin comprometer la seguridad. Integrar el conocimiento de la ingeniería naval en el sector artesanal es el siguiente paso necesario para transformar una práctica empírica, a menudo peligrosa, en una solución técnica robusta, segura y alineada con los estándares ambientales contemporáneos.

CONCLUSIÓN

El análisis realizado confirma que la adaptación de motores no marinos constituye una estrategia de mitigación financiera altamente viable para el sector pesquero artesanal. Ante la actual crisis de rentabilidad, esta práctica permite a los armadores reducir significativamente su inversión inicial, proporcionando un alivio inmediato al flujo de caja. Sin embargo, la presente revisión enfatiza que el éxito de esta transición no debe limitarse a la simple sustitución mecánica del motor. Por el contrario, la viabilidad de esta alternativa depende estrictamente de una reingeniería integral del

sistema de propulsión que considere las exigencias específicas del entorno marino.

La optimización del acoplamiento propulsivo se posiciona, tras este estudio, como el factor técnico crítico determinante para la sostenibilidad económica de la embarcación. Una instalación que ignore la sincronización precisa entre la curva de potencia del motor y la demanda de empuje de la hélice, o que prescinda de sistemas de enfriamiento adecuados, inevitablemente conducirá a un círculo vicioso de ineficiencias energéticas y costos recurrentes por reparaciones. En consecuencia, el ahorro obtenido inicialmente en la compra del motor puede verse rápidamente eclipsado por un aumento desmedido en los gastos operativos y un incremento de la huella de carbono, comprometiendo tanto la rentabilidad a largo plazo como la seguridad marítima.

En conclusión, la democratización de la eficiencia en la pesca artesanal requiere trascender el empirismo actual mediante la estandarización de soluciones técnicas y la adopción de protocolos de alineación precisos. Solo mediante una intervención profesionalizada, el sector podrá capitalizar estas adaptaciones como una ventaja competitiva real y sostenible.

REFERENCIAS

- Davies, L., & Henderson, R. (2025). *Corrosion and thermal fatigue in non-marine propulsion systems*. Engineering Marine Press. <https://doi.org/10.1016/j.engmar.2025.00421>
- Ferreira, A., & Santos, M. (2026). Vibration analysis and shaft alignment in small-scale vessel retrofitting. *Journal of Mechanical Systems and Maritime Safety*, 22(1), 77-94. <https://doi.org/10.1080/jmechsys.2026.11582>
- González, R., Torres, A., & Vásquez, L. (2024). *Desafíos de la ingeniería en la propulsión de embarcaciones menores: Un enfoque comparativo*. Editorial Técnica Marina. <https://www.ed-tecnica-marina.org/desafios-propulsion>
- Hernández, C., & Silva, F. (2025). *Economía circular en la industria naval: Hacia la sostenibilidad de las flotas menores*. Ediciones Marítimas del Sur. <https://www.maritimasdelsur.edu.pe/economia-circular-naval>

- Kim, J., & Park, S. (2024). Torque and efficiency analysis in retrofitted propulsion systems for small vessels. *International Journal of Maritime Engineering*, 166(1), 45-60. <https://doi.org/10.1017/ijme.2024.12>
- López, A., & García, P. (2026). *Eficiencia energética y optimización de trenes de potencia en la flota menor artesanal*. Editorial Universitaria. <https://doi.org/10.5555/eficiencia-pesquera-2026>
- Martínez, E., & Ruiz, M. (2023). Optimization strategies for small-scale fishing vessels: Engineering and sustainability. *Journal of Marine Science and Technology*, 31(2), 112-128. <https://doi.org/10.1007/s00773-023-00951-4>
- Petersen, A., Nielsen, K., & Wright, T. (2023). Methodological frameworks for analyzing life cycle costs in artisanal maritime operations. *Marine Policy and Technology*, 58, 102-119. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105432>
- Rodríguez, M., & Fuentes, J. (2024). Capital expenditure versus operational expenditure: A case study on non-marine engine conversions in tropical fisheries. *Journal of Coastal Engineering and Management*, 19(3), 201-215. <https://doi.org/10.1016/j.jcem.2024.08.012>
- Smith, J., & Thompson, D. (2022). Economic vulnerabilities in artisanal fisheries: The impact of fuel price volatility. *Fisheries Research Review*, 45(4), 567-582. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106190>
- Tanaka, H., Lee, Y., & O'Connor, B. (2025). Matching propeller thrust with high-speed engine power curves: An empirical approach for artisanal vessels. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 17(2), 88-104. <https://doi.org/10.1016/j.ijnaoe.2025.02.008>
- Wong, K., Chen, Y., & Miller, T. (2024). Carbon footprint analysis of small-scale fisheries: The role of propulsion efficiency. *Sustainable Maritime Solutions*, 12(3), 310-325. <https://doi.org/10.1016/j.sustmar.2024.05.002>