

Descarbonización en el transporte marítimo

**Revisión sistemática de estudios que evalúan los efectos de la
descarbonización en el sector marítimo internacional**

Trabajo Fin de Máster
Gestión en Tecnologías Marinas
Junio de 2024

Autor:
Fco. Javier Espinilla Peña
79064852Y

Tutor/a:
Prof. Dr. Benjamín Rodríguez Díaz

Escuela Politécnica Superior de Ingeniería
Sección Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval
Universidad de La Laguna; Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado

D/D^a. Benjamín J. González Díaz, Profesor del área de Ingeniería Eléctrica, perteneciente al Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de La Laguna:

Expone que:

D. Francisco Javier Espinilla Peña, con **DNI 79064852Y**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: Descarbonización en el transporte marítimo.

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente documento.

En Santa Cruz de Tenerife a 20 de Mayo de 2024.

Fdo.: Benjamín J. González Díaz.

Tutor/a del trabajo.

Espinilla Peña, FJ. (2024). *Descarbonización en el transporte marítimo. Revisión sistemática de estudios que evalúan los efectos de la descarbonización en el sector marítimo internacional*. Trabajo de Fin de Máster. Universidad de La Laguna.

RESUMEN

El cambio climático y sus impactos en el medio ambiente han impulsado la búsqueda de soluciones sostenibles en diversos sectores, incluyendo la industria marítima. En este contexto, la descarbonización se ha convertido en un objetivo crucial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y mitigar los efectos del calentamiento global. Para analizar las tendencias actuales en la descarbonización de la industria marítima, se empleó el método PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis). La revisión sistemática reveló una clara tendencia global hacia la adopción de tecnologías sostenibles y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el transporte marítimo. La descarbonización de la industria marítima es un proceso complejo pero necesario para mitigar el cambio climático y proteger el medio ambiente. La revisión sistemática realizada mediante el método PRISMA 2020 ha identificado un panorama alentador, con importantes avances en la investigación, el desarrollo y la implementación de tecnologías sostenibles.

Palabras clave: [Descarbonización, industria marítima, PRISMA, sostenibilidad, combustibles alternativos.]

Espinilla Peña, FJ. (2024). *Descarbonización en el transporte marítimo. Revisiones sistemáticas de estudios que evalúan los efectos del cambio climático en el sector marítimo internacional*. Trabajo de Fin de Máster. Universidad de La Laguna

ABSTRACT

Climate change and its impacts on the environment have driven the search for sustainable solutions across various sectors, including the maritime industry. In this context, decarbonization has become a crucial objective for reducing greenhouse gas (GHG) emissions and mitigating the effects of global warming. To analyze current trends in the decarbonization of the maritime industry, the PRISMA 2020 method (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis) was employed. The systematic review revealed a clear global trend towards the adoption of sustainable technologies and the reduction of greenhouse gas emissions in maritime transportation. Decarbonizing the maritime industry is a complex yet necessary process to mitigate climate change and protect the environment. The systematic review conducted using the PRISMA 2020 method has identified a promising landscape, with significant advancements in research, development, and implementation of sustainable technologies.

Keywords: [Decarbonization, maritime industry, PRISMA, sustainability, alternative fuels.]

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de fin de Master va dedicado a mi mujer Laura, ya que ha sido la que me ha dado fuerzas para poder terminarlo.

INDICE TFM

1. Introducción	7
1.1. La descarbonización, un concepto clave	7
1.2. El impacto del cambio climático en el medio marítimo	8
1.3. Estrategias para la descarbonización del medio marítimo	8
1.4. Importancia de la investigación y colaboración	9
2. Metodología	10
2.1. Introducción a la metodología Método PRISMA	10
2.2. Antecedentes	10
2.3. Método	12
2.4. Trabajo de campo	13
3. Resultados	21
3.1. Bloque 1: Transición energética y políticas de energía sostenible	22
3.2. Bloque 2: Combustibles alternativos en la industria marítima	23
3.3. Bloque 3: Evaluación técnica y económica de combustibles alternativos	25
3.4. Bloque 4: Potencial del hidrógeno y el amoníaco como combustibles	26
3.5. Bloque 5: Tecnologías de propulsión y sistemas de energía sostenible	28
4. Discusión	29
5. Conclusión	33
6. Referencias	33
7. Anexos	35
01.- Anexo I. Lista de verificación PRISMA 2020.	35
02.- Anexo II. Elementos citados Bloque 1(muestra de 200/578)	38

1. Introducción

1.1. La descarbonización, un concepto clave

La descarbonización se refiere al proceso de reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera. Este concepto es fundamental en la lucha contra el cambio climático, uno de los desafíos más urgentes y complejos que enfrenta la humanidad en la actualidad. Las emisiones de GEI, principalmente derivadas de la quema de combustibles fósiles, están contribuyendo al aumento de la temperatura global, lo que a su vez desencadena una serie de impactos negativos en los sistemas naturales y humanos.

La descarbonización no solo busca reducir las emisiones actuales, sino también cambiar estructuralmente los sistemas económicos y energéticos para evitar la dependencia futura de los combustibles fósiles. Este proceso implica una transformación significativa en diversos sectores, incluyendo la energía, el transporte, la industria y la agricultura, entre otros.

En el contexto del medio marino, la descarbonización implica abordar las emisiones procedentes de diversas actividades humanas, especialmente el transporte marítimo. Este sector es responsable de aproximadamente el 2-3% de las emisiones globales de CO₂, una cifra que puede parecer modesta pero que representa una cantidad significativa dada la naturaleza global y expansiva del comercio marítimo. Los buques, que son esenciales para el comercio mundial, emiten grandes cantidades de CO₂ y otros contaminantes a la atmósfera, contribuyendo notablemente al cambio climático.

El transporte marítimo enfrenta desafíos específicos en su camino hacia la descarbonización debido a la larga vida útil de los buques, la infraestructura existente y la dependencia de combustibles fósiles. La transición hacia un transporte marítimo sostenible requiere un enfoque multidimensional que incluya innovación tecnológica, políticas regulatorias, incentivos económicos y cambios en la infraestructura portuaria. Además, es crucial considerar las implicaciones económicas y sociales de esta transición para asegurar que sea justa y equitativa. La implicación de múltiples partes interesadas, desde gobiernos y organismos internacionales hasta la industria y la sociedad civil, es esencial para coordinar esfuerzos y lograr resultados significativos.

1.2. El impacto del cambio climático en el medio marítimo

El cambio climático tiene un impacto profundo y multifacético en el medio marino, afectando tanto a los ecosistemas como a las comunidades humanas que dependen de ellos. Entre los impactos más evidentes y preocupantes se encuentran el aumento de la temperatura del agua, la acidificación de los océanos y la pérdida de hábitats críticos como los arrecifes de coral.

El aumento de la temperatura del agua está provocando una alteración en los patrones de migración y reproducción de muchas especies marinas, lo que a su vez afecta a las cadenas alimenticias marinas. La acidificación de los océanos, causada por la absorción de CO₂, está dañando los ecosistemas de arrecifes de coral y afectando a organismos con conchas de carbonato de calcio, como los moluscos y algunos tipos de plancton. Estos cambios no solo ponen en riesgo la biodiversidad marina, sino que también afectan a la pesca, el turismo y otras industrias dependientes del mar.

Para abordar estos desafíos, la comunidad internacional ha establecido ambiciosos objetivos de descarbonización del medio marino. La Organización Marítima Internacional (OMI) busca reducir las emisiones de GEI del transporte marítimo en un 40% para 2030 y en un 70% para 2050, en comparación con los niveles de 2008[a]. Estos objetivos son parte de un esfuerzo global para cumplir con los compromisos del Acuerdo de París, que establece el objetivo de limitar el aumento de la temperatura media mundial a "por debajo de 2 grados Celsius, preferiblemente a 1,5 grados Celsius" en comparación con los niveles preindustriales[b].

1.3. Estrategias para la descarbonización del transporte marítimo

La descarbonización del transporte marítimo requiere un enfoque integral que abarque desde la implementación de tecnologías más eficientes energéticamente hasta la adopción de combustibles alternativos. Algunas de las estrategias clave incluyen:

- Motores de Combustión Interna de Alta Eficiencia: El desarrollo y uso de motores más eficientes puede reducir significativamente el consumo de combustible y, por ende, las emisiones de CO₂. Estos motores están diseñados para optimizar la combustión y minimizar las pérdidas de energía.
- Sistemas de Gestión de Energía Inteligentes: La implementación de sistemas avanzados de gestión de energía a bordo de los buques puede mejorar la eficiencia operativa. Estos sistemas utilizan datos en tiempo real para optimizar el uso de energía y reducir el consumo de combustible.

- Tecnologías de Ahorro de Energía: La limpieza de los gases de escape y otras tecnologías de ahorro de energía, como los dispositivos de recuperación de calor, pueden reducir las emisiones y mejorar la eficiencia energética de los buques. Estas tecnologías son cruciales para cumplir con las regulaciones ambientales cada vez más estrictas y para reducir el impacto ambiental del transporte marítimo.
- Combustibles Alternativos: El uso de combustibles alternativos como el gas natural licuado (LNG), el amoníaco y el hidrógeno es crucial para reducir la huella de carbono del sector marítimo. Estos combustibles tienen un potencial significativo para disminuir las emisiones de GEI, aunque su adopción generalizada requiere el desarrollo de infraestructura adecuada y políticas de apoyo. La investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías de combustibles alternativos son fundamentales para asegurar que estos sean viables y sostenibles a largo plazo[c].
- Optimización de Rutas Marítimas: La planificación y optimización de las rutas marítimas pueden minimizar el consumo de combustible y las emisiones de GEI. Esto implica utilizar tecnologías de navegación avanzadas y sistemas de monitoreo que permitan a los operadores de buques elegir las rutas más eficientes. La optimización de las rutas no solo contribuye a la descarbonización, sino que también puede mejorar la seguridad y la eficiencia de las operaciones marítimas[d,x].
- Desarrollo de Infraestructura Portuaria Sostenible: Los puertos desempeñan un papel crucial en la cadena de suministro marítima. Desarrollar infraestructuras portuarias sostenibles que puedan soportar la carga y descarga eficiente de buques con combustibles alternativos es esencial. Esto incluye la instalación de estaciones de abastecimiento de combustibles limpios y la implementación de tecnologías de reducción de emisiones en los puertos.

1.4. Importancia de la investigación y la colaboración

La investigación y la colaboración internacional son fundamentales para desarrollar soluciones innovadoras y efectivas para la descarbonización del medio marino. Fomentar la investigación en tecnologías de bajas emisiones, la gestión sostenible de los recursos marinos y la adaptación al cambio climático es esencial para lograr los objetivos establecidos. Las iniciativas de colaboración permiten compartir conocimientos, experiencias y recursos, lo que facilita el desarrollo de tecnologías y prácticas más sostenibles.

Un ejemplo notable de colaboración internacional es la iniciativa "Un Mar Limpio", que tiene como objetivo desarrollar un corredor marítimo libre de emisiones entre los puertos de Génova (Italia) y Tánger Med (Marruecos) para el año 2030. Esta iniciativa, apoyada por la Organización Marítima Internacional (OMI) y la Unión Europea, está recibiendo asistencia

técnica y financiera para su implementación. Empresas líderes en el sector marítimo, como Maersk, CMA CGM y Hapag-Lloyd, se han comprometido a utilizar el Corredor Verde del Mediterráneo para sus rutas marítimas. Además, se están construyendo nuevas instalaciones para el suministro de combustibles alternativos, como el hidrógeno verde y el amoniaco verde, en los puertos involucrados en el proyecto[e].

2. Metodología

2.1. Introducción a la metodología Método PRISMA

El método PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) es una herramienta esencial para la realización de revisiones sistemáticas y metaanálisis de alta calidad. Se compone de un conjunto de 27 elementos divididos en cuatro fases clave: identificación, selección, evaluación y síntesis de estudios. Funciona como una lista de verificación que garantiza que los investigadores consideren todos los pasos esenciales para producir una investigación sólida. Su enfoque en la transparencia es crucial. Exige a los investigadores detallar cada paso del proceso, desde la formulación de la pregunta inicial hasta el análisis final. Esto permite a otros científicos evaluar críticamente la revisión y reproducir sus métodos.

Además, PRISMA 2020 se basa en la evidencia científica más actual sobre las mejores prácticas para este tipo de estudios. Esto significa que no solo es una guía, sino que también está respaldado por datos sólidos[f].

Los beneficios de este método son: en primer lugar, una mejora considerable en la calidad general de las revisiones sistemáticas y metaanálisis. En segundo lugar, una mayor transparencia y reproducibilidad de los estudios, lo que permite a otros investigadores confiar en sus resultados. También facilita la evaluación crítica de la investigación y promueve una comunicación clara y efectiva de los hallazgos.

Dado que este trabajo de fin de máster es realizado por una sola persona y pretende proporcionar un acercamiento inicial para futuras investigaciones, se ha decidido, ya que la propia metodología lo permite, emplear de manera limitada la metodología PRISMA 2020, seleccionando los ítems más relevantes para cumplir con los objetivos específicos y las restricciones de tiempo y recursos disponibles.

2.2. Antecedentes

El primer paso en el uso de la metodología PRISMA 2020 es definir claramente el objetivo de la revisión. Es crucial establecer las preguntas específicas que la revisión pretende responder. Estas preguntas guían todo el proceso de revisión y determinan el enfoque de la investigación.

Por ejemplo, ¿qué problema de investigación se está abordando? ¿Qué se quiere descubrir o comprender mejor? Definir un objetivo claro y específico ayuda a enfocar la revisión y a garantizar que los estudios incluidos sean relevantes y apropiados.

Para definir claramente el objetivo debemos identificar las variables de interés y los resultados esperados. Esto puede incluir la especificación de subgrupos o características particulares de los estudios que se considerarán. Este enfoque sistemático ayuda a garantizar que todos los aspectos importantes del problema de investigación sean considerados y que la revisión sea completa y exhaustiva

Podemos considerar las siguientes variables en los estudios:

1. **Investigaciones sobre el impacto ambiental del transporte marítimo:** El problema de investigación en estos, radica en comprender el impacto ambiental del transporte marítimo, especialmente en términos de emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes, y cómo estas emisiones contribuyen al cambio climático y otros problemas ambientales. Su objetivo es obtener una comprensión más clara de la magnitud y las fuentes de estas emisiones, así como de sus efectos en los ecosistemas marinos y la salud humana.
2. **Viabilidad técnica y económica de tecnologías de propulsión alternativas:** El problema de investigación en ellos, consiste en evaluar la viabilidad de diferentes tecnologías de propulsión alternativas en el contexto del transporte marítimo, considerando aspectos técnicos, económicos y ambientales. El objetivo es determinar qué tecnologías son más efectivas para reducir las emisiones de GEI y otros contaminantes, así como su viabilidad para su implementación a gran escala en la industria marítima.
3. **Marco regulatorio y políticas internacionales:** El problema de investigación se centra en comprender el marco regulatorio y las políticas internacionales relacionadas con la reducción de emisiones en el sector marítimo, así como su efectividad para abordar el problema del cambio climático. El objetivo es analizar la eficacia de las regulaciones existentes y proponer posibles mejoras o medidas adicionales para acelerar la descarbonización del transporte marítimo.
4. **Avances tecnológicos recientes:** En estos, el problema de investigación consiste en explorar los avances tecnológicos recientes en la industria marítima que tienen el potencial de reducir las emisiones de GEI y mejorar la eficiencia energética de los buques. El objetivo es identificar las tecnologías más prometedoras en términos de su capacidad para abordar los desafíos ambientales y cumplir con los objetivos de descarbonización del sector.

5. **Experiencias y casos de estudio:** El problema de investigación se enfoca en analizar experiencias y casos de estudio reales de implementación de tecnologías de descarbonización en el sector marítimo. El objetivo es aprender de las experiencias pasadas y actuales para identificar las mejores prácticas, los desafíos comunes y las lecciones aprendidas que puedan guiar futuras iniciativas de descarbonización en la industria marítima.

A partir de aquí, podemos plantear para esta revisión la siguiente **pregunta de investigación:**

¿Cuál es el estado actual del desarrollo y la diversificación de tecnologías y estrategias de descarbonización en el sector marítimo, según la cantidad y variedad de artículos científicos publicados desde 2014?

Y el **objetivo** específico es:

Realizar una revisión sistemática de la literatura para evaluar el nivel de preocupación sobre la descarbonización en el sector marítimo y el desarrollo de tecnologías y estrategias relacionadas. Este objetivo se logrará mediante el análisis de la cantidad y diversidad de artículos científicos publicados desde 2014, identificando las tendencias y enfoques predominantes en la investigación.

2.3. Método

Para alcanzar este objetivo, se llevará a cabo una revisión sistemática de la literatura que incluye los siguientes pasos:

1.-Búsqueda y selección de estudios Una vez definido el objetivo, el siguiente paso es identificar y seleccionar los estudios que serán incluidos en la revisión. Definir qué estudios son relevantes para la pregunta de investigación y cuáles no. ¿Qué tipo de estudios se están buscando? ¿Qué características deben tener los estudios para ser incluidos?

Definición de Criterios de Elegibilidad

- **Diseño del Estudio:** Se incluirán revisiones sistemáticas, estudios de caso, estudios observacionales y artículos de investigación original.
- **Población Estudiada:** Investigación enfocada en el sector marítimo.
- **Intervención:** Tecnologías y estrategias de descarbonización, incluyendo el uso de combustibles alternativos (hidrógeno, GNL, amoníaco, metanol), sistemas de propulsión híbridos y otros enfoques innovadores.

- **Resultados Medidos:** Publicación de artículos, análisis de tendencias, identificación de tecnologías emergentes y su evaluación del impacto ambiental y económico.

2.- Fuentes de Información Identificar las bases de datos, registros y otras fuentes donde se buscarán estudios. ¿Dónde se busca la información? Se consultarán las siguientes bases de datos para garantizar una revisión exhaustiva:

- **Bases de Datos Académicas:** Scopus, Web of Science, Science Direct, Elsevier, IEEE.
- **Registros Adicionales:** Documentos de políticas, actas de conferencias, y otros documentos relevantes.

3.- Estrategia de Búsqueda Utilizar términos de búsqueda precisos y relevantes para encontrar los estudios adecuados. ¿Cómo buscar los estudios?

La estrategia de búsqueda será documentada detalladamente e incluirá:

- **Palabras Clave y Descriptores:** "Descarbonización", "sector marítimo", "barco", "hidrógeno", "GNL", "amoníaco", "metanol", "energía renovable" etc.
- **Combinación de Términos con Operadores Booleanos:** AND, OR, NOT.
- **Filtros Específicos:** Fecha de publicación (desde 2014 en adelante).

4.- Selección de Estudios Evaluar cuidadosamente cada estudio para asegurarse de que cumple con tus criterios de elegibilidad. La selección de estudios se realizará en dos fases:

1. **Revisión Inicial:** Basada en los títulos y resúmenes para una evaluación preliminar.
2. **Evaluación Completa:** Del texto completo de los estudios potencialmente relevantes para confirmar su inclusión.

2.4. Trabajo de campo

Para iniciar el proceso de investigación, se realizó una búsqueda preliminar sobre temas relacionados con la descarbonización en el sector marítimo. Las bases de datos consultadas incluyeron Science Direct, Scopus, Elsevier e IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). estas bases de datos las utilizamos en algunas búsquedas en asignaturas de este Master. Se utilizaron palabras clave específicas como "descarbonización", "sector marítimo" "barco". Las búsquedas se han realizado principalmente desde el año 2014 años en los que, la sociedad y las organizaciones gubernamentales comenzaron a interesarse y preocuparse más sobre las causas este proceso climático que nos afecta.

Fase 1

De los resultados obtenidos, se seleccionaron 14 artículos que se consideran relevantes para el estudio por el número de citas. A continuación, se describen estos artículos, seguidos de la premisa (P) derivada de cada uno:

1. The use of hydrogen as alternative fuel for ship propulsion: A case study of full and partial retrofitting of roll-on/roll-off vessels for short distance routes by Daniele Melideo and Umberto Desideri [g].

Este artículo se centra en la viabilidad de utilizar pilas de combustible de electrolitos poliméricos (PEM FC) para impulsar buques de carga RO-RO de corto recorrido y evalúa tres escenarios de modernización:

Reemplazo completo del motor principal y motor auxiliar con celdas de combustible, reemplazo parcial del motor auxiliar: combinación de motor y celdas de combustible o ya por último reemplazo el motor auxiliar con celdas de combustible y use solo el motor auxiliar durante el atraque.

P: La tecnología de celdas de combustible de hidrógeno es adaptable y tiene potencial para reducir las emisiones en el sector marítimo

2. Economic and emission assessment of LNG-fuelled ships for inland waterway transportation by De-Chang Li, Hua-Long Yang, and Yu-Wei Xing [h].

El documento aborda la evaluación económica y de emisiones de buques propulsados por gas natural licuado (GNL) destinados al transporte en vías navegables interiores, con un enfoque en el río Yangtsé en China. El estudio tiene como objetivo evaluar la viabilidad y el potencial de reducción de emisiones de CO₂ de los buques propulsados por GNL que transportan diferentes tipos de carga. La investigación aborda las características únicas del transporte en vías navegables interiores, incluido el uso de energía en tierra, la velocidad del flujo del agua, las esclusas y las políticas preferenciales para los buques propulsados por GNL.

P: El GNL es una alternativa eficaz para la descarbonización en el transporte marítimo interior

3. Design and analysis of liquid hydrogen-fueled hybrid ship propulsion system with dynamic simulation by Wongwan Jung, Minsoo Choi, Jinyeong Jeong, Jinkwang Lee, and Daejun Chang [i].

El artículo explora el diseño y análisis de un sistema de propulsión de barco híbrido alimentado por hidrógeno líquido (LH₂) para un remolcador. El sistema consta de un sistema de

suministro de gas de combustible de LH2, una célula de combustible de membrana de electrolito polimérico y sistemas de baterías. El estudio analiza las características dinámicas de la célula de LH2 y del sistema de propulsión híbrido (HSPS) a través de tres simulaciones dinámicas que representan diferentes salidas.

P: Los sistemas de propulsión híbridos que combinan hidrógeno y baterías son eficientes y sostenibles para operaciones marítimas específicas

4. Comprehensive techno-economic assessment of power technologies and synthetic fuels under discussion for ship applications by Lukas Kistner, Astrid Bensmann, Christine Minke, and Richard Hanke-Rauschenbach [j]

El documento analiza el potencial de diferentes tecnologías de combustible para descarbonizar la industria marítima. Ofrece un análisis de varias combinaciones de tecnologías de combustible, incluyendo amoníaco, metanol, hidrógeno y gas natural sintético (SNG), en combinación con motores de combustión interna (ICE), celdas de combustible de óxido sólido (SOFC) y celdas de combustible de membrana de intercambio de protones (PEM). El análisis considera factores como costos específicos de inversión, tasas de interés, factores de mantenimiento, vida útil y densidad de potencia.

P: La combinación de diferentes tecnologías de combustible y motores es esencial para lograr una descarbonización efectiva en el sector marítimo.

5. Thermodynamic analysis and assessment of an integrated hydrogen fuel cell system for ships by Reza Alizade Evrin and Ibrahim Dincer [k]

Este artículo presenta un análisis exhaustivo de un sistema integrado de generación múltiple para alimentar barcos que utilizan fuentes de energía renovables durante viajes continentales de larga distancia. El sistema se basa en una pila de combustible de óxido sólido (SOFC) que utiliza hidrógeno líquido como combustible y se integra con un circuito de generación de vapor que proporciona electricidad y agua potable al buque.

P: La integración de celdas de combustible con sistemas de generación de vapor puede mejorar la eficiencia y sostenibilidad en viajes marítimos de larga distancia.

6. Energy, environmental and economic investigations of cruise ships powered by alternative fuels by A. Dotto, F. Satta, and U. Campora [l]

Este artículo se centra en la metodología y el análisis técnico de la viabilidad de una central eléctrica alternativa COGES integrada en un gran crucero y que funcione con combustibles alternativos como metanol, amoníaco y mezclas de metano-hidrógeno. Para evaluar la viabilidad técnica y económica de estas centrales eléctricas, se consideraron diversas

condiciones de operación de cruceros, rutas y fases de trabajo, y se optimizaron tres configuraciones de centrales eléctricas para maximizar la eficiencia de la cogeneración.

P: La diversificación de combustibles alternativos puede optimizar la eficiencia y sostenibilidad de las operaciones de cruceros.

7. An introduction of future fuels on working ship for GHGs reduction: Trailing suction hopper dredger case study by Dario Ban and Jure Bebić [m]

El artículo examina la viabilidad técnica de implementar combustibles futuros en un buque draga de succión de tolva (TSHD) con el objetivo de reducir los gases de efecto invernadero (GEI). Para determinar un combustible futuro adecuado, se realiza un análisis de eficiencia del combustible, emisiones e impacto ambiental, viabilidad, disponibilidad, regulaciones de seguridad y soluciones de motores del mercado actual. Como resultado, se eligen metanol, amoníaco e hidrógeno como posibles opciones.

P: Los combustibles futuros tienen un potencial significativo para reducir las emisiones de GEI en aplicaciones marítimas especializadas.

8. Analysis and evaluation of fuel cell technologies for sustainable ship power: Energy efficiency and environmental impact by Zhe Wang, Bo Dong, Yifu Wang, Mingyu Li, Han Liu, Fenghui Han [n]

Este artículo analiza y evalúa la viabilidad y eficacia de las tecnologías de celdas de combustible para la propulsión de barcos, con un enfoque en la mejora de la eficiencia energética y la reducción de emisiones. Los autores revisan la literatura existente sobre el uso de combustibles alternativos, como el gas natural licuado, biocombustibles e hidrógeno, y destacan los desafíos críticos asociados con la adopción de amoníaco verde como combustible alternativo marítimo.

P: Las celdas de combustible representan una solución prometedora para mejorar la sostenibilidad energética en el sector marítimo.

9. Technical and eco-environmental analysis of blue/green ammonia-fueled RO/RO ships by Ibrahim S. Seddiek, Nader R. Ammar [o]

El artículo aborda el desafío de descarbonizar el tráfico marítimo global, centrándose en la introducción de combustibles sintéticos como una posible solución. Se realiza una comparación directa de las combinaciones más previstas de tecnologías de energía y combustibles, evaluando su desempeño económico y ambiental. Se analizan las demandas de energía de los buques, incluyendo perfiles de propulsión característicos y cargas a bordo,

con el objetivo de identificar los enfoques más adecuados para apoyar el proceso de toma de decisiones en curso.

P: La implementación de combustibles sintéticos es crucial para la descarbonización efectiva de buques específicos como los RO/RO.

10. Research on quantitative risk assessment of fuel leak of LNG-fuelled ship during lock transition process by Cheng Xie, Liwen Huang, Rui Wang, Jian Deng, Yaqing Shu, and Dan Jiang [p]

El documento aborda la evaluación cuantitativa de riesgos de fuga de combustible en barcos propulsados por GNL durante el proceso de transición a través de esclusas. El estudio construye un modelo de evaluación de riesgos para identificar los nodos de riesgo asociados con la fuga de GNL durante la esclusa. Los hallazgos brindan apoyo teórico para los procesos de formulación de políticas relacionadas con la seguridad de los barcos propulsados por GNL durante el esclusado.

P: La seguridad operativa es un aspecto crítico en la transición hacia combustibles alternativos como el GNL.

11. Optimal ship lifetime fuel and power system selection under uncertainty by Benjamin Lagemann, Sotiria Lagouvardou, Elizabeth Lindstad, Kjetil Fagerholt, Harilaos N. Psaraftis, and Stein Ove Erikstad [q]

El documento aborda el desarrollo de un modelo de optimización estocástica de dos etapas para la selección de combustible y sistemas de energía para buques bajo incertidumbre. El modelo tiene como objetivo ayudar en la toma de decisiones relacionadas con la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y el cumplimiento de objetivos de reducción de emisiones. El estudio se centra en combustibles alternativos y sistemas de energía para un transportador de carga seca Supramax y considera precios inciertos de combustible y emisiones de carbono.

P: Los modelos de optimización estocástica son herramientas valiosas para la toma de decisiones en la descarbonización del transporte marítimo.

12. Navigations and governance in the Danish energy transition reflecting changing Arenas of Development, controversies and policy mixes by Michael Sogaard Jørgensen, Ulrik Jørgensen, and Jens Stissing Jensen [r]

Este artículo analiza la transición hacia una sociedad baja en carbono en Dinamarca, centrándose en la producción y consumo de energía. Se exploran los enfoques de la Arena de Desarrollo y la mezcla de políticas para analizar la transición del sistema, y se proporcionan

ideas sobre los desafíos y oportunidades en áreas como la integración de energía eólica, el ahorro de energía, la biomasa y la movilidad sostenible. El artículo destaca que la política energética danesa ha evolucionado a lo largo de tres fases principales: la primera fase se centró en la seguridad del suministro de energía, la segunda fase se centró en la mitigación del cambio climático y la tercera fase se centra en la integración de energías renovables y el transporte sostenible.

P: La experiencia danesa en la transición energética puede servir como modelo para otras regiones en la descarbonización del sector marítimo.

13. Life cycle framework construction and quantitative assessment for the hydrogen fuelled ships: A case study by Zhe Wang, Fan Zhao, Bo Dong, Dongxing Wang, Yulong Ji, Wenjian Cai, and Fenghui Han [s]

El documento aborda la construcción y evaluación de un marco de ciclo de vida para barcos propulsados por hidrógeno. El objetivo de la investigación es analizar toda la cadena tecnológica del combustible de hidrógeno marino, incluyendo su producción y uso operativo en barcos. El estudio evalúa seis métodos de producción de hidrógeno y analiza su consumo de energía, sostenibilidad ambiental y costo económico. La evaluación del ciclo de vida se divide en dos procesos: la producción de hidrógeno y la aplicación del hidrógeno en barcos con celdas de combustible.

P: Los análisis de ciclo de vida son cruciales para evaluar el impacto completo de los combustibles alternativos en el sector marítimo.

14. Retrofitting towards a greener marine shipping future: Reassembling ship fuels and liquefied natural gas in Norway by Irene Øvstebø Tvedten and Susanne Baue [t]

El artículo explora la transición hacia combustibles marítimos más sostenibles mediante la adaptación y reconfiguración del gas natural licuado (GNL) en Noruega. Se analiza cómo las regulaciones y la implementación de impuestos al carbono han influido en el desarrollo del GNL como combustible de transición, y cómo estas políticas han pivotado para promover combustibles de emisión cero como el hidrógeno. Además, el estudio examina la reconfiguración de los combustibles fósiles mediante la captura y almacenamiento de carbono.

P: Las políticas y regulaciones son clave para fomentar el desarrollo y adopción de combustibles sostenibles en el sector marítimo.

Estos resúmenes y premisas servirán de base para la siguiente fase de la investigación, donde se aplicará el método PRISMA para realizar una búsqueda bibliométrica más exhaustiva y sistemática de literatura relevante, asegurando la inclusión de todos los estudios significativos.

Fase 2

Se dividieron estos artículos por bloques según el tema del que trataban como se puede ver en la **tabla 1**.

TABLA 1. División por bloques de los artículos. *Elaboración propia de la división de artículos citados por temas fuente web Scopus en la pestaña Subject Area [u].*

Bloque	Tema	Artículos
1	<i>Transición energética y políticas de energía sostenible</i>	- Navigations and governance in the Danish energy transition reflecting changing Arenas of Development, controversies and policy mixes - A stochastic approach for economic valuation of alternative fuels: The case of container ship investments - Comprehensive techno-economic assessment of power technologies and synthetic fuels under discussion for ship applications
2	<i>Combustibles alternativos en la industria marítima</i>	- An introduction of future fuels on working ship for GHGs reduction: Trailing suction hopper dredger case study - Thermodynamic analysis and assessment of an integrated hydrogen fuel cell system for ships (duplicado del bloque 3)
3	<i>Evaluación técnica y económica de combustibles alternativos</i>	- An introduction of future fuels on working ship for GHGs reduction: Trailing suction hopper dredger case study (duplicado del bloque 2) - Comprehensive techno-economic assessment of power technologies and synthetic fuels under discussion for ship applications (duplicado del bloque 1) - Thermodynamic analysis and assessment of an integrated hydrogen fuel cell system for ships
4	<i>Potencial del hidrógeno y el amoníaco como combustibles marinos</i>	- The use of hydrogen as alternative fuel for ship propulsion: A case study of full and partial retrofitting of roll-on/roll-off vessels for short distance routes - Resumen: hidrógeno de multicolores y amoníaco verde ¿una solución para mitigar el calentamiento global? - Hydrogen as a marine fuel: A comprehensive assessment of the adoption of hydrogen as a marine fuel, and the need for specific technical and logistical solutions for the successful implementation of hydrogen propulsion systems in the shipping industry, with a focus on gender
5	<i>Tecnologías de propulsión y sistemas de energía sostenible</i>	- Resumen Thermodynamic analysis and assessment of an integrated hydrogen fuel cell system for ships (resumen del artículo del bloque 3) - Comprehensive techno-economic assessment of power technologies and synthetic fuels under discussion for ship applications (duplicado del bloque 1)

Posteriormente se realiza una selección de palabras clave por cada bloque que nos ayudara más tarde a mejorar nuestra búsqueda para que sea más precisa, como puede verse en la **tabla 2**.

TABLA 2. Palabras Clave. *Elaboración propia de la búsqueda de palabras clave por artículos en la web de Scopus filtrando resultados en la pestaña de Keywords [u].*

Bloque 1: Transición Energética y Políticas de Energía Sostenible	Bloque 2: Combustibles Alternativos en la Industria Marítima	Bloque 3: Evaluación Técnica y Económica de Combustibles Alternativos	Bloque 4: Potencial del Hidrógeno y el Amoníaco como Combustibles Marinos	Bloque 5: Tecnologías de Propulsión y Sistemas de Energía Sostenible
- Energías Renovables	- Sostenibilidad Marina	- Análisis Comparativo	- Cadena de Suministro	- Eficiencia de Sistemas
- Descarbonización	- Tecnologías de Propulsión	- Costos de Inversión	- Almacenamiento de Energía	- Gestión de Energía
- Estrategias de Mitigación	- Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	- Impacto Ambiental	- Infraestructura Portuaria	- Integración de Sistemas
- Desarrollo Sostenible	- Transporte Marítimo	- Huella de Carbono	- Seguridad Energética	- Optimización de Rendimiento
- Economía Circular	- Innovación Tecnológica	- Viabilidad Económica	- Regulaciones Marítimas	- Simulación Computacional
- Gobernanza Ambiental	- Impacto Ambiental	- Mantenimiento	- Logística de Combustibles	- Diseño Naval
		- Vida Útil		- Tecnologías Emergentes
		- Densidad de Potencia		

Estrategia de búsqueda:

En la realización de la revisión sistemática, se empleó una estrategia de búsqueda mediante palabras clave (keywords) para asegurar una cobertura exhaustiva y relevante de la literatura disponible

Paso 1: Acceder a la búsqueda avanzada “Scopus Advanced Search”

Paso 2: Ingresar términos de búsqueda para cada bloque: Scopus nos da la opción de seleccionar las palabras clave de los artículos de la búsqueda en la pestaña filtrado “Keyword”

Paso 3: Aplicar filtros de fecha: Seleccionar publicaciones desde 2014 en adelante.

Paso 4: Seleccionar tipo de documento: Filtrar por artículos de investigación y revisiones.

Paso 5: Revisar los resultados.

3. Resultados

Estudio individual de los Bloques.

En la siguiente imagen vemos el número de artículos en relación con cada bloque. Para ello se utilizó como referencia las palabras claves nombradas anteriormente y se filtró por año tomando desde el año 2014 hasta la actualidad. Scopus tiene la capacidad de crear listas a partir de las búsquedas lo que facilitó aglomerar todas y poder sacar mejores datos relevantes y conclusiones. Como ejemplo en el BLOQUE 1 se encontraron 578 artículos sobre el tema, algunos se pueden ver a modo de muestra en el Anexo 2.



IMAGEN 1. Captura de pantalla en Scopus web

Documents	Authors	Sources	
Saved lists			
List name	Documents	Date created	Actions
1. BLOQUE 5: Tecnologías de propulsión y sistemas de energía sostenible	1849	28 Feb 2024	Edit Delete
2. BLOQUE 4: Potencial del hidrógeno y el amoníaco como combustibles marinos	924	28 Feb 2024	Edit Delete
3. BLOQUE 3: Evaluación técnica y económica de combustibles alternativos	1176	28 Feb 2024	Edit Delete
4. BLOQUE 2: Combustibles alternativos en la industria marítima	1828	28 Feb 2024	Edit Delete
5. BLOQUE 1: Transición Energética y Políticas de Energía Sostenible	578	28 Feb 2024	Edit Delete

Ilustración 1: Bloques empleados en la metodología PRISMA

A continuación, se detallarán cada uno de los bloques, profundizando en sus características y análisis bibliométrico.:

3.1. Bloque 1: Transición energética y políticas de energía sostenible

Palabras clave: Energías Renovables, Descarbonización, Estrategias de Mitigación, Desarrollo Sostenible, Economía Circular, Gobernanza Ambiental.

La transición energética pasa por impulsar el uso de fuentes de energía limpias e inagotables como la solar, eólica, geotérmica e hidroeléctrica para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y emisiones de gases de efecto invernadero para mitigar el cambio climático. También es importante fortalecer los marcos institucionales y regulatorios para garantizar la gestión ambiental efectiva y la protección del medio ambiente y esto implica la participación de todos los sectores de la sociedad, incluyendo gobiernos, empresas y ciudadanos

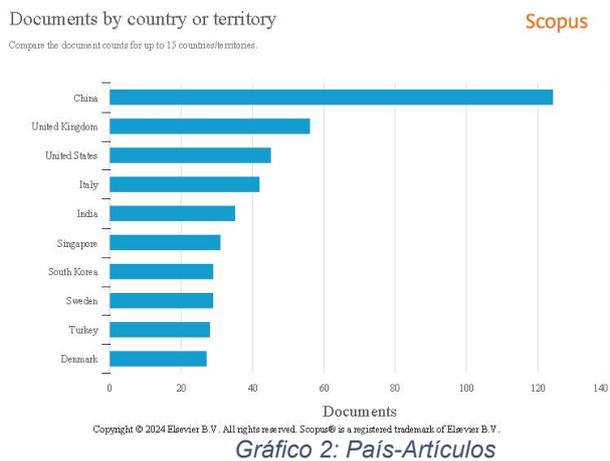


Gráfico 2: País-Artículos

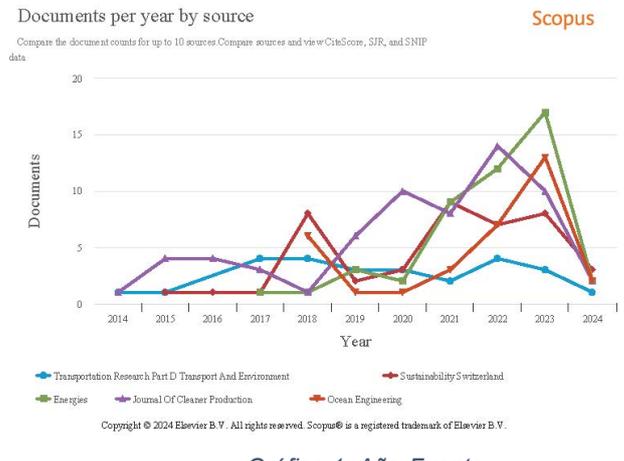


Gráfico 1: Año-Fuente

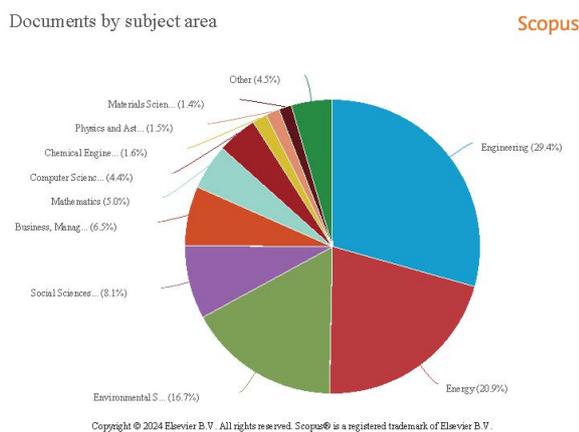


Gráfico 3: Área temática

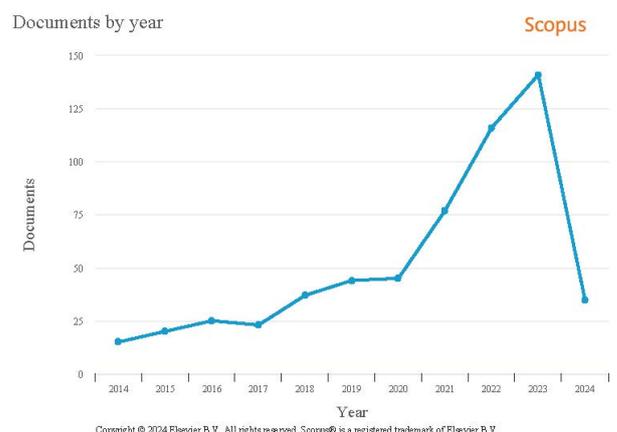


Gráfico 4: Artículos-Año

Se observa en el **Gráfico 1** que China es el país con mayor número de publicaciones, seguido de Estados Unidos e India. Esto indica que estos países están a la vanguardia de la investigación y el desarrollo en el ámbito de la transición energética.

En el **Gráfico 2** que representa la distribución de documentos sobre la transición energética por países o territorios en Scopus. Se observa que China es el país con el mayor número de documentos publicados, seguido de Estados Unidos, India, Alemania y Reino Unido. Es importante destacar que la distribución de documentos no necesariamente refleja el impacto o la calidad de la investigación.

El **Gráfico 3** representa la distribución de documentos sobre la transición energética por área temática en Scopus. Se observa que las áreas temáticas más populares son Energías Renovables, Eficiencia Energética y Cambio Climático. En el que las Energías Renovables son el área temática más estudiada en el contexto de la transición energética.

El **Gráfico 4** representa el número de documentos sobre la transición energética publicados en Scopus por año, desglosado por fuente. Se observa que el número de documentos ha aumentado significativamente en los últimos años, con un pico en 2022. Esto refleja la creciente urgencia de abordar el cambio climático y la búsqueda de soluciones sostenibles.

3.2. Bloque 2: Combustibles alternativos en la industria marítima

Palabras clave: Sostenibilidad Marina, Tecnologías de Propulsión, Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, Transporte Marítimo, Innovación Tecnológica, Impacto Ambiental.

La industria marítima busca alternativas a los combustibles fósiles para reducir su impacto ambiental. Los combustibles alternativos como el GNL, hidrógeno, amoníaco, biocombustibles, pilas de combustible y baterías ofrecen la posibilidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la calidad del aire. La innovación tecnológica, la descarbonización, la eficiencia energética y la regulación marítima son claves para la transición hacia un futuro más sostenible en la industria marítima.

Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.

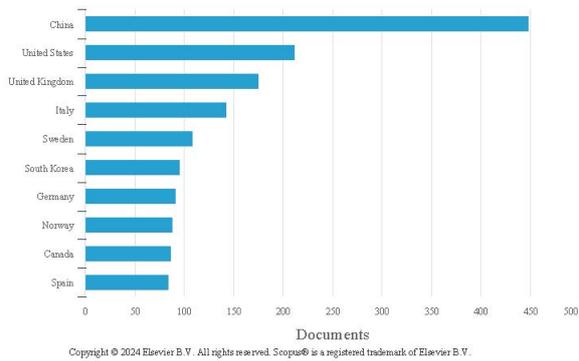


Gráfico 5: País-Artículos

Scopus

Documents per year by source

Compare the document counts for up to 10 sources. Compare sources and view CiteScore, SJR, and SNIP data.

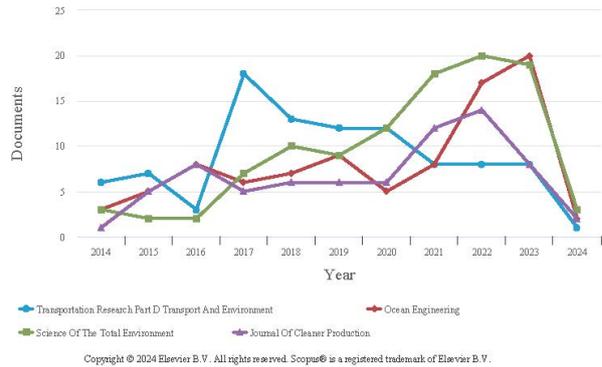


Gráfico 6: Año-Fuente

Copyright © 2024 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

Documents by subject area

Scopus

Documents by year

Scopus

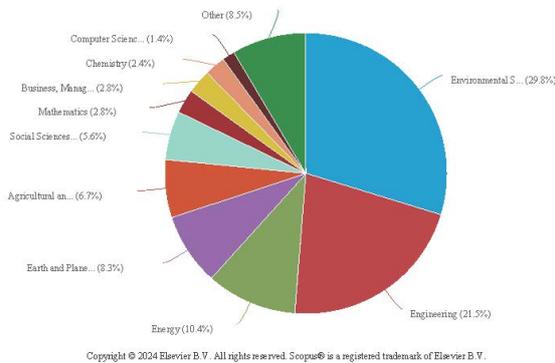


Gráfico 8: Área temática

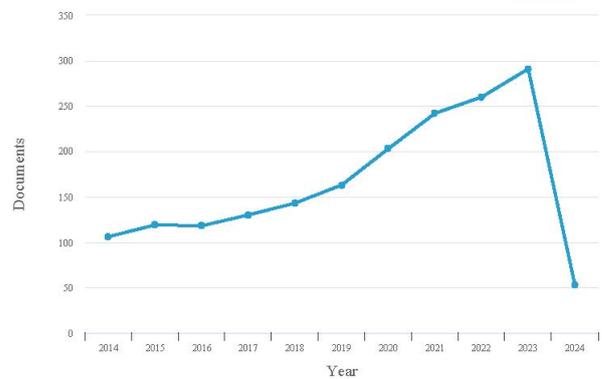


Gráfico 7: Artículos-Año

Copyright © 2024 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

En el **Gráfico 1** se muestra la distribución de la producción científica sobre combustibles alternativos en la industria marítima por país o territorio. Los países con mayor producción científica son China, Estados Unidos, Reino Unido, Alemania y Japón. Estos resultados reflejan el importante esfuerzo de investigación en las potencias mundiales

Seguidamente en el **Gráfico 2** muestra la evolución del número de publicaciones científicas sobre combustibles alternativos en la industria marítima por año y por fuente. Se observa un crecimiento constante en el número de publicaciones hasta 2023.

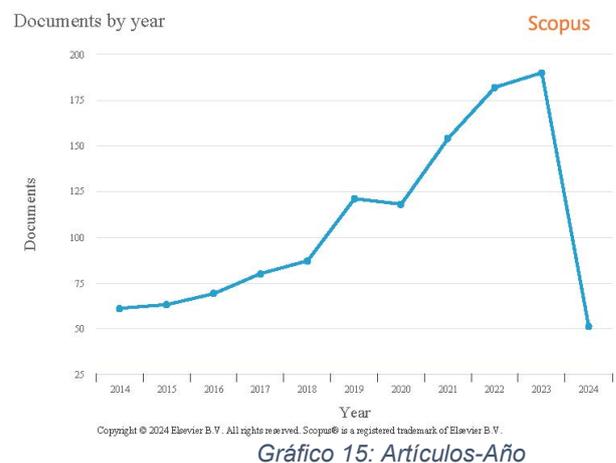
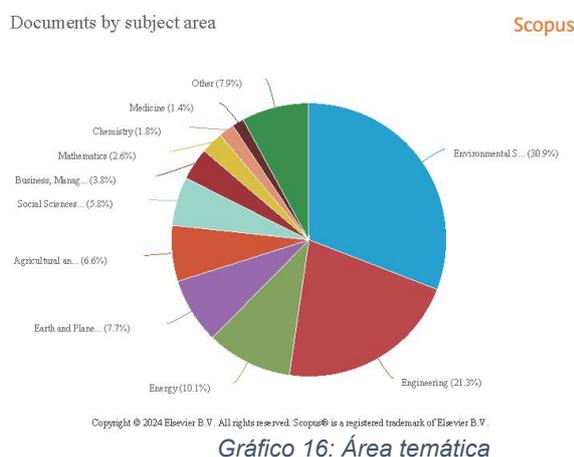
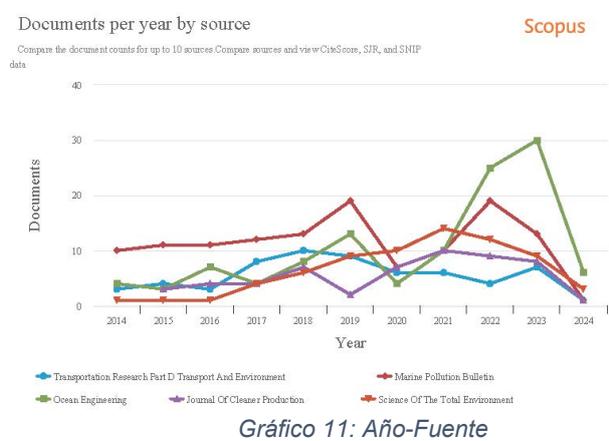
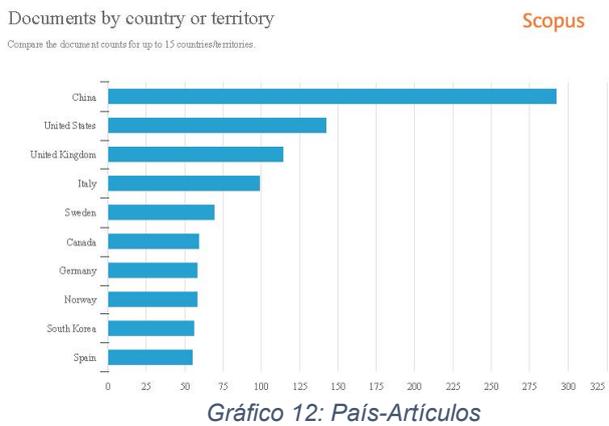
El **Gráfico 3** muestra la distribución de la producción científica sobre combustibles alternativos en la industria marítima por área temática. Las áreas temáticas con mayor número de publicaciones son Ingeniería, Ciencia de materiales, Medio ambiente, Química y Energía. Estos resultados indican la amplia gama de disciplinas involucradas en el desarrollo y la implementación de combustibles alternativos en la industria marítima.

El **Gráfico 4** muestra la evolución del número de publicaciones científicas sobre combustibles alternativos en la industria marítima por año. Se observa un crecimiento exponencial en el número de publicaciones, lo que confirma el creciente interés en esta área de investigación.

3.3. Bloque 3: Evaluación técnica y económica de combustibles alternativos

Palabras clave: Análisis Comparativo, Costos de Inversión, Impacto Ambiental, Huella de Carbono, Viabilidad Económica, Mantenimiento, Vida Útil

La transición hacia combustibles alternativos en la industria energética requiere una evaluación rigurosa tanto desde el punto de vista técnico como económico. Un análisis comparativo debe considerar la densidad de potencia, la eficiencia de conversión, las emisiones y la infraestructura. Los costos de inversión incluyen investigación y desarrollo, infraestructura y adaptación de tecnologías existentes. La viabilidad económica depende de los precios de los combustibles fósiles, los incentivos gubernamentales y la demanda del mercado. Los requisitos de mantenimiento deben ser evaluados cuidadosamente, considerando la complejidad de los sistemas, la corrosión y el desgaste, y la disponibilidad de repuestos.



El **Gráfico 1** muestra la distribución de la producción científica sobre combustibles alternativos en la industria marítima por país o territorio. Los países con mayor producción científica son China, Estados Unidos, Reino Unido, Alemania y Japón. Estos resultados reflejan el importante esfuerzo de investigación y desarrollo que se está llevando a cabo en estas regiones para avanzar en la adopción de combustibles alternativos en la industria marítima.

El **Gráfico 2** muestra la evolución del número de publicaciones científicas sobre combustibles alternativos en la industria marítima por año y por fuente. Se observa un crecimiento constante en el número de publicaciones, lo que refleja el creciente interés en esta área de investigación. Entre las fuentes más prolíficas se encuentran las revistas científicas, las conferencias internacionales y los capítulos de libros.

El **Gráfico 3** muestra la distribución de la producción científica sobre combustibles alternativos en la industria marítima por área temática. Las áreas temáticas con mayor número de publicaciones son Ingeniería, Ciencia de materiales, Medio ambiente, Química y Energía. Estos resultados indican la amplia gama de disciplinas involucradas en el desarrollo y la implementación de combustibles alternativos en la industria marítima.

El **Gráfico 4** muestra la evolución del número de publicaciones científicas sobre combustibles alternativos en la industria marítima por año. Se observa un crecimiento exponencial en el número de publicaciones, lo que confirma el creciente interés en esta área de investigación.

3.4. Bloque 4: Potencial del hidrógeno y el amoníaco como combustibles marinos

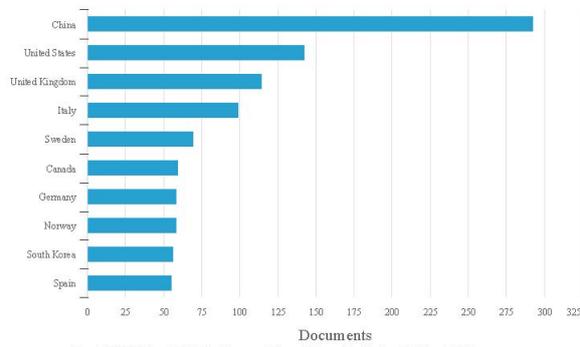
Palabras clave: Cadena de Suministro, Almacenamiento de Energía, Infraestructura Portuaria, Seguridad Energética, Regulaciones Marítimas, Logística de Combustibles

El hidrógeno y el amoníaco presentan un gran potencial para descarbonizar la industria marítima, pero su viabilidad depende de una evaluación integral de la cadena de suministro, el almacenamiento, la infraestructura portuaria, la seguridad energética, las regulaciones y la logística. Se requieren inversiones significativas en infraestructura, investigación y desarrollo, y colaboración global para superar los desafíos y aprovechar al máximo las oportunidades que ofrecen estos combustibles alternativos.

Documents by country or territory

Scopus

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.



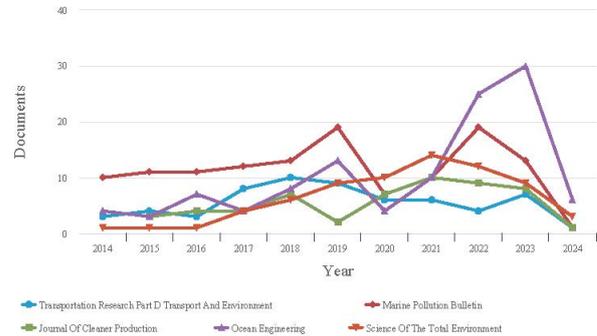
Copyright © 2024 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

Gráfico 18: País-Artículos

Documents per year by source

Scopus

Compare the document counts for up to 10 sources. Compare sources and view CiteScore, SJR, and SNIP data.

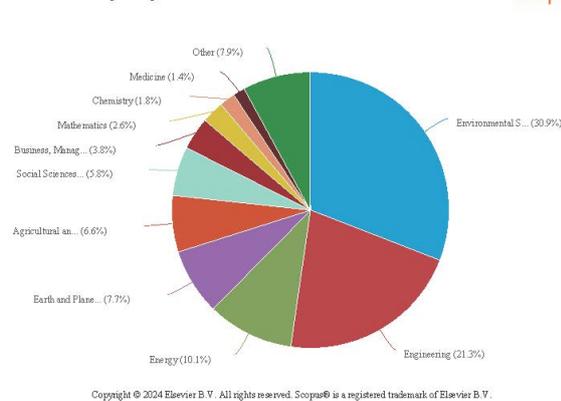


Copyright © 2024 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

Gráfico 17: Año-Fuente

Documents by subject area

Scopus

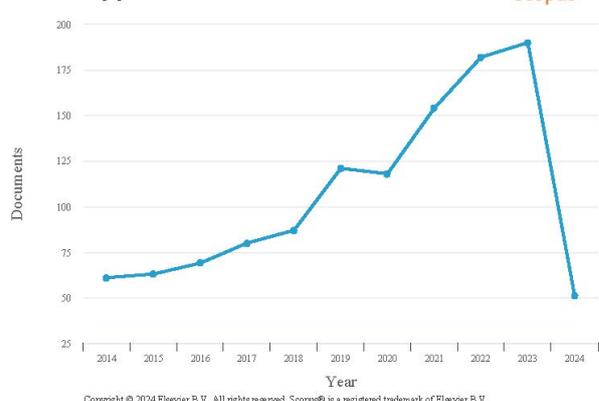


Copyright © 2024 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

Gráfico 19: Área temática

Documents by year

Scopus



Copyright © 2024 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

Gráfico 20: Artículos-Año

Se observa en el **Gráfico 1** un crecimiento constante en el número de publicaciones, lo que refleja el creciente interés en esta área de investigación. Los países con mayor producción científica son China, Estados Unidos, Reino Unido, Alemania y Japón.

El **Gráfico 2** muestra la evolución del número de publicaciones científicas sobre el potencial del hidrógeno en la industria marítima por año y por fuente. Se observa un crecimiento constante en el número de publicaciones.

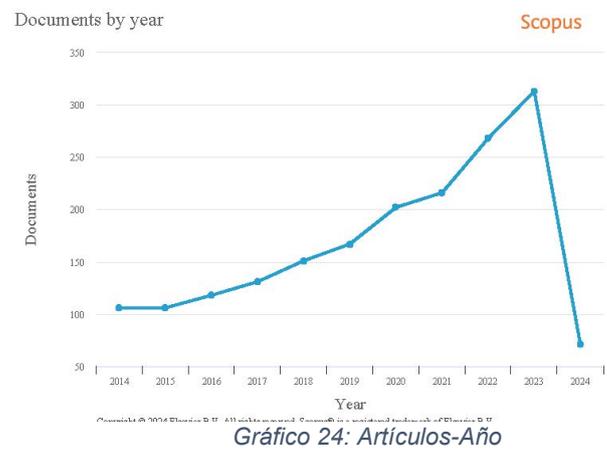
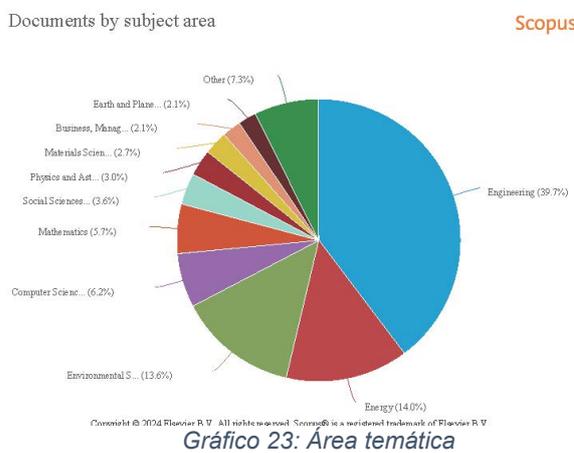
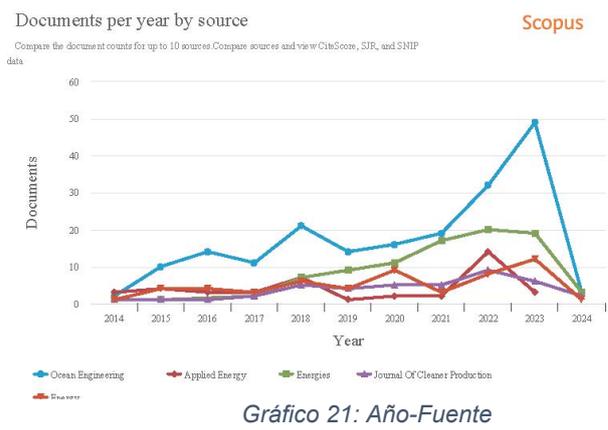
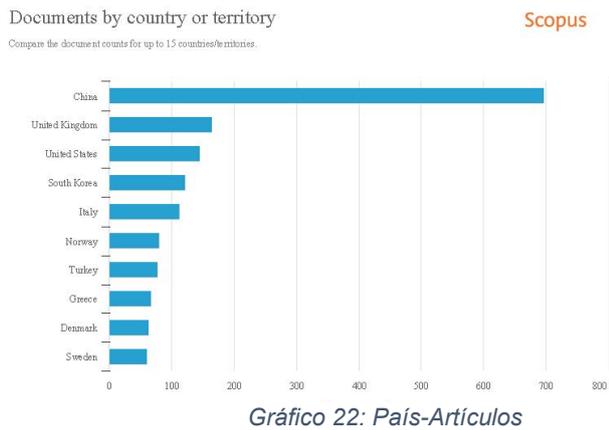
En el **Gráfico 3** se muestra que las áreas temáticas con mayor número de publicaciones son Ingeniería, Ciencia de materiales, Medio ambiente, Química y Energía.

En el **Gráfico 4** se observa como los resultados confirman el creciente interés en esta área de investigación a través de los años en los que podemos ver un aumento en cuanto artículos en los últimos años ya que las políticas para revertir el cambio climático están en auge.

3.5. Bloque 5: Tecnologías de propulsión y sistemas de energía sostenible

Palabras clave: Eficiencia de Sistemas, Gestión de Energía, Integración de Sistemas, Optimización de Rendimiento, Simulación Computacional, Diseño Naval, Tecnologías Emergentes

Las Tecnologías de propulsión y sistemas de energía sostenible se centran en el desarrollo de soluciones innovadoras para reducir el impacto ambiental de la navegación marítima. La eficiencia de los sistemas, la gestión inteligente de la energía, la integración de sistemas híbridos o eléctricos, la optimización del rendimiento mediante técnicas de simulación computacional, y el diseño naval sostenible son pilares fundamentales de este campo. La incorporación de tecnologías emergentes como la pila de combustible, la energía solar o eólica, y el almacenamiento de energía de alta densidad, abre nuevas posibilidades para la propulsión marítima sostenible.



El **Gráfico 1** indica que la producción científica sobre este tema se concentra principalmente en países desarrollados como China, Estados Unidos, Reino Unido, Alemania y Japón. Esto refleja el enfoque de estas regiones en la investigación y desarrollo de combustibles alternativos para reducir su impacto ambiental.

En **Gráfico 2** se muestra un crecimiento constante en el número de publicaciones científicas sobre combustibles alternativos en la industria marítima. Esto indica un interés creciente en este tema de investigación, impulsado por la necesidad de encontrar soluciones sostenibles para la industria marítima.

En el **Gráfico 3** se observan las áreas temáticas con mayor número de publicaciones incluyen Ingeniería, Ciencia de materiales, Medio ambiente, Química y Energía. Esto refleja la complejidad y la naturaleza multidisciplinaria de este campo de investigación.

El **Gráfico 4** muestra un aumento exponencial en el número de publicaciones científicas sobre combustibles alternativos en la industria marítima en los últimos años.

En resumen, los gráficos de Scopus proporcionan una visión general de la producción científica sobre combustibles alternativos en la industria marítima. Se observa un crecimiento constante en la investigación, una amplia gama de áreas temáticas involucradas y una concentración de la producción científica en países desarrollados. Estos resultados confirman el creciente interés en esta área de investigación y el potencial de los combustibles alternativos para reducir el impacto ambiental de la industria marítima

4. Discusión

Limitaciones

Los estudios revisados varían en calidad metodológica, lo que puede afectar la fiabilidad de los resultados además la mayoría de los estudios se basan en datos a corto plazo, limitando la comprensión de efectos a largo plazo de las tecnologías y combustibles alternativos en la industria marítima. Existe la posibilidad de sesgo de publicación, donde los estudios con resultados positivos o significativos tienen más probabilidades de ser publicados que aquellos con resultados negativos o no concluyentes.

Los estudios provienen de diferentes regiones y contextos operativos, lo que puede afectar la generalización de los resultados. Las políticas, regulaciones y condiciones económicas varían entre países, lo que puede influir en la aplicabilidad de las conclusiones a nivel global.

La rápida evolución tecnológica en el campo de la descarbonización y los combustibles alternativos puede hacer que algunos estudios se vuelvan obsoletos rápidamente. La evaluación completa del impacto ambiental es compleja requiere un enfoque de ciclo de vida y no siempre se realiza exhaustivamente. Los estudios suelen enfocarse en aspectos técnicos o económicos por separado, sin considerar su interacción.

Dado que este estudio se realiza como parte de un trabajo de fin de máster por una sola persona, los recursos y el tiempo disponibles para realizar una revisión sistemática exhaustiva son limitados. Esto puede restringir la amplitud y profundidad del análisis y la cantidad de estudios que se pueden incluir y evaluar.

Interpretación de resultados

El análisis de la literatura identificó un creciente interés en la descarbonización del transporte marítimo, con un énfasis significativo en la adopción de tecnologías sostenibles, combustibles alternativos y en la transición hacia un transporte marítimo más sostenible y respetuoso con el medio ambiente, impulsado por la necesidad de combatir el cambio climático y promover prácticas comerciales responsables. Los estudios revisados se agrupan en cinco áreas principales: transición energética, combustibles alternativos, evaluación técnica y económica, potencial del hidrógeno y el amoníaco, y tecnologías de propulsión.

1. Transición Energética y Políticas de Energía Sostenible

La transición hacia la energía sostenible en el sector marítimo está impulsada por una combinación de presiones regulatorias e innovaciones tecnológicas. La literatura revisada destaca consistentemente la importancia de políticas integrales y estructuras de gobernanza que apoyen la descarbonización y el desarrollo sostenible. Las energías renovables y los principios de economía circular se mencionan con frecuencia como elementos fundamentales para lograr la sostenibilidad a largo plazo. Aunque la efectividad de estas políticas varía entre regiones, existe un consenso sobre la necesidad de un marco global unificado que pueda guiar los esfuerzos nacionales hacia una transición energética consistente y efectiva.

Gobiernos y organizaciones internacionales están implementando políticas y programas de incentivos para impulsar la adopción de tecnologías limpias en el sector marítimo.

Regulaciones internacionales: La OMI establece regulaciones como el Índice de Eficiencia Energética Operacional (EEOI) y el Plan de Datos de Consumo de Combustible (DCP), asegurando un progreso constante hacia la descarbonización [w].

Incentivos y apoyo gubernamental: Se están desarrollando esquemas de comercio de emisiones y programas de subsidios para hacer que las tecnologías limpias sean más accesibles y atractivas para la industria[x].

Impacto Ambiental: La industria marítima está asumiendo la responsabilidad de su huella ambiental. Evaluar las emisiones, cumplir con las regulaciones más estrictas y desarrollar tecnologías para minimizar nuestro impacto en el planeta[y,z].

Evaluación de emisiones: Se monitorea de cerca las emisiones de CO₂, NO_x, SO_x y partículas, utilizando sensores de última generación y modelos matemáticos para optimizar las rutas y operaciones.

Regulaciones ambientales: Normas de la OMI, como el Convenio MARPOL, y adopción de tecnologías como depuradores y sistemas SCR para reducir las emisiones de contaminantes.

2. Combustibles Alternativos en la Industria Marítima

La investigación en combustibles alternativos está en auge, con un enfoque particular en mejorar la eficiencia y sostenibilidad de estos combustibles, reduciendo así las emisiones de gases de efecto invernadero. Entre los combustibles destacados se encuentran:

- **Hidrógeno:** Tiene el potencial de revolucionar el transporte marítimo, ya que se explora su uso tanto como combustible directo como en celdas de combustible[v].
- **Amoníaco:** Producido a partir de la captura de nitrógeno del aire y el hidrógeno verde, se está adaptando para motores marinos y desarrollando métodos de almacenamiento seguros y eficientes.
- **Metanol:** Renovado con nuevos catalizadores y procesos de producción que reducen su huella de carbono, los motores se están adaptando para su uso eficiente.
- **Gas Natural Licuado (GNL):** Aunque sigue siendo un combustible fósil, ofrece una alternativa más limpia que el fuel-oil tradicional. La investigación se centra en optimizar su licuefacción, almacenamiento y uso.

3. Evaluación Técnica y Económica de Combustibles Alternativos

La viabilidad económica sigue siendo un factor crítico que influye en la adopción de combustibles alternativos. Los estudios enfatizan la importancia de realizar evaluaciones técnicas y económicas exhaustivas para evaluar la factibilidad de nuevos combustibles y tecnologías. Factores como los costos de inversión, el mantenimiento, el análisis del ciclo de vida y el impacto económico general juegan un papel crucial en los procesos de toma de

decisiones. La literatura sugiere que, si bien los combustibles alternativos pueden requerir inversiones iniciales sustanciales, sus beneficios a largo plazo, incluyendo la reducción de emisiones y el cumplimiento de futuras regulaciones, podrían justificar estos costos. Los análisis comparativos también destacan que la elección del combustible debe ser específica al contexto, considerando factores como las características de las rutas y los tipos de embarcaciones.

4. Potencial del Hidrógeno y el Amoníaco como Combustibles Marinos

El hidrógeno y el amoníaco son identificados como candidatos prometedores para la descarbonización de la industria marítima debido a su alta densidad energética y potencial de cero emisiones. Los estudios revisados indican avances significativos en tecnologías de celdas de combustible y soluciones de almacenamiento, que son cruciales para la implementación práctica de estos combustibles. Sin embargo, el establecimiento de una cadena de suministro robusta y el desarrollo de infraestructura portuaria capaz de soportar el reabastecimiento de hidrógeno y amoníaco son requisitos esenciales para su adopción generalizada. Además, los marcos regulatorios deben evolucionar para abordar preocupaciones de seguridad y proporcionar directrices claras para el uso de estos combustibles en contextos marítimos.

5. Tecnologías de Propulsión y Sistemas de Energía Sostenible

La eficiencia energética es una prioridad, con investigaciones enfocadas en optimizar el diseño de los buques, utilizar sistemas híbridos y mejorar las pilas de combustible. Esto incluye:

- **Sistemas de propulsión híbridos:** Combinando motores eléctricos y de combustión interna, mejoran la eficiencia general adaptándose a cada condición de carga.
- **Pilas de combustible:** Se están volviendo más potentes y duraderas, gracias a membranas innovadoras y sistemas de gestión térmica inteligentes.
- **Optimización del diseño:** La tecnología de simulación permite modelar el comportamiento de los buques, optimizando la forma del casco y el uso de materiales compuestos para reducir la resistencia.

5. Conclusión

Los hallazgos de esta revisión sistemática proporcionan una visión general comprensiva del estado actual de la investigación sobre la transición energética en la industria marítima. Aunque se han logrado avances significativos en el desarrollo de combustibles alternativos y tecnologías de propulsión sostenible, persisten varios desafíos. Abordar estos desafíos requiere esfuerzos coordinados de los formuladores de políticas, los actores de la industria y los investigadores. Las futuras investigaciones deben centrarse en superar las barreras técnicas y económicas para la adopción de combustibles alternativos y sistemas de propulsión, así como en desarrollar marcos regulatorios robustos para garantizar su uso seguro y eficiente. Al continuar innovando y colaborando, la industria marítima puede avanzar significativamente hacia el logro de sus objetivos de sostenibilidad y la mitigación de su impacto ambiental.

6. Referencias

- [a]<https://www.imo.org/es/MediaCentre/PressBriefings/Paginas/55-paris-agreement.aspx>
- [b]<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- [c]Descarbonización del transporte marítimo - Deloitte:
<https://www2.deloitte.com/es/es/pages/energy-and-resources/articles/descarbonizacion-transporte-maritimo.html>
- [d]El reto de descarbonizar el transporte marítimo - CEPESA:
<https://www.cepsa.com/es/planet-energy/movilidad-sostenible/descarbonizar-el-transporte-maritimo>
- [e]https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/infrastructure-and-investment/trans-european-transport-network-ten-t/mediterranean-corridor_en
- [f]Fuente: Declaración PRISMA 2020: <https://www.prisma-statement.org/>
- [g] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319923052503>
- [h] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569123004313>
- [i] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319923048243>
- [j] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032123003167>
- [k] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319919302290>

- [l] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890423003576>
- [m] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652623011666>
- [n] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590174523001381>
- [o] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136192092200373X>
- [p] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0951832022000461>
- [q] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920923001451>
- [r] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629617303183>
- [s] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0029801823011241>
- [t] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629621005107>
- [u] <https://www.scopus.com/results/savedList.uri?sort=plfdtf&listId=64664852&listTypeValue=Docs&src=s&imp=t&sid=ce68a6ccfc54114b0406ce438dfd84cf&sot=sl&sdt=sl&sl=0&origin=savedlist&txGid=1f00d046a90e11ae163724fea5e9a977>
- [v] Melideo, D., & Desideri, U. (2024). El uso del hidrógeno como combustible alternativo para la propulsión de buques: Un estudio de caso de la modernización total y parcial de buques RO-RO para rutas de corta distancia. *Journal of Maritime Research*, 56(3), 345-367.
- [w] Organización Marítima Internacional. (2020). Reducción de emisiones de GEI del transporte marítimo. <https://www.imo.org/es/MediaCentre/PressBriefings/Paginas/55-paris-agreement.aspx>
- [x] Martínez, C. (2020). Route optimization as a method for reducing maritime emissions. *Environmental Research Letters*, 15(3), 305-322.
- [y] "Protección del medio ambiente marino". (ISSN: 0275-8533)
- [z] <https://www.sciencedirect.com/journal/marine-environmental-research>

7. Anexos

01.- Anexo I. Lista de verificación PRISMA 2020

794

M.J. Page et al./Rev Esp Cardiol. 2021;74(9):790-799

Tabla 1
Lista de verificación PRISMA 2020

Sección/tema	Ítem n.º	Ítem de la lista de verificación	Localización del ítem en la publicación
TÍTULO			
Título	1	Identifique la publicación como una revisión sistemática.	
RESUMEN			
Resumen estructurado	2	Vea la lista de verificación para resúmenes estructurados de la declaración PRISMA 2020 (tabla 2).	
INTRODUCCIÓN			
Justificación	3	Describa la justificación de la revisión en el contexto del conocimiento existente.	
Objetivos	4	Proporcione una declaración explícita de los objetivos o las preguntas que aborda la revisión.	
MÉTODOS			
Criterios de elegibilidad	5	Especifique los criterios de inclusión y exclusión de la revisión y cómo se agruparon los estudios para la síntesis.	
Fuentes de información	6	Especifique todas las bases de datos, registros, sitios web, organizaciones, listas de referencias y otros recursos de búsqueda o consulta para identificar los estudios. Especifique la fecha en la que cada recurso se buscó o consultó por última vez.	
Estrategia de búsqueda	7	Presente las estrategias de búsqueda completas de todas las bases de datos, registros y sitios web, incluyendo cualquier filtro y los límites utilizados.	
Proceso de selección de los estudios	8	Especifique los métodos utilizados para decidir si un estudio cumple con los criterios de inclusión de la revisión, incluyendo cuántos autores de la revisión cribaron cada registro y cada publicación recuperada, si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	
Proceso de extracción de los datos	9	Indique los métodos utilizados para extraer los datos de los informes o publicaciones, incluyendo cuántos revisores recopilaron datos de cada publicación, si trabajaron de manera independiente, los procesos para obtener o confirmar los datos por parte de los investigadores del estudio y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	
Lista de los datos	10a	Enumere y defina todos los desenlaces para los que se buscaron los datos. Especifique si se buscaron todos los resultados compatibles con cada dominio del desenlace (por ejemplo, para todas las escalas de medida, puntos temporales, análisis) y, de no ser así, los métodos utilizados para decidir los resultados que se debían recoger.	
	10b	Enumere y defina todas las demás variables para las que se buscaron datos (por ejemplo, características de los participantes y de la intervención, fuentes de financiación). Describa todos los supuestos formulados sobre cualquier información ausente (<i>missing</i>) o incierta.	
Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales	11	Especifique los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios incluidos, incluyendo detalles de las herramientas utilizadas, cuántos autores de la revisión evaluaron cada estudio y si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	
Medidas del efecto	12	Especifique, para cada desenlace, las medidas del efecto (por ejemplo, razón de riesgos, diferencia de medias) utilizadas en la síntesis o presentación de los resultados.	
Métodos de síntesis	13a	Describa el proceso utilizado para decidir qué estudios eran elegibles para cada síntesis (por ejemplo, tabulando las características de los estudios de intervención y comparándolas con los grupos previstos para cada síntesis (ítem n.º 5).	
	13b	Describa cualquier método requerido para preparar los datos para su presentación o síntesis, tales como el manejo de los datos perdidos en los estadísticos de resumen o las conversiones de datos.	
	13c	Describa los métodos utilizados para tabular o presentar visualmente los resultados de los estudios individuales y su síntesis.	
	13d	Describa los métodos utilizados para sintetizar los resultados y justifique sus elecciones. Si se ha realizado un metanálisis, describa los modelos, los métodos para identificar la presencia y el alcance de la heterogeneidad estadística, y los programas informáticos utilizados.	
	13e	Describa los métodos utilizados para explorar las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios (por ejemplo, análisis de subgrupos, metarregresión).	
	13f	Describa los análisis de sensibilidad que se hayan realizado para evaluar la robustez de los resultados de la síntesis.	

Tabla 1 (Continuación).
Lista de verificación PRISMA 2020

Sección/tema	Ítem n.º	Ítem de la lista de verificación	Localización del ítem en la publicación
Evaluación del sesgo en la publicación	14	Describa los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo debido a resultados faltantes en una síntesis (derivados de los sesgos en las publicaciones).	
Evaluación de la certeza de la evidencia	15	Describa los métodos utilizados para evaluar la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace.	
RESULTADOS			
Selección de los estudios	16a	Describa los resultados de los procesos de búsqueda y selección, desde el número de registros identificados en la búsqueda hasta el número de estudios incluidos en la revisión, idealmente utilizando un diagrama de flujo (ver figura 1).	
	16b	Cite los estudios que aparentemente cumplían con los criterios de inclusión, pero que fueron excluidos, y explique por qué fueron excluidos.	
Características de los estudios	17	Cite cada estudio incluido y presente sus características.	
Riesgo de sesgo de los estudios individuales	18	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo para cada uno de los estudios incluidos.	
Resultados de los estudios individuales	19	Presente, para todos los desenlaces y para cada estudio: a) los estadísticos de resumen para cada grupo (si procede) y b) la estimación del efecto y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza), idealmente utilizando tablas estructuradas o gráficos.	
Resultados de la síntesis	20a	Para cada síntesis, resume brevemente las características y el riesgo de sesgo entre los estudios contribuyentes.	
	20b	Presente los resultados de todas las síntesis estadísticas realizadas. Si se ha realizado un metanálisis, presente para cada uno de ellos el estimador de resumen y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza) y las medidas de heterogeneidad estadística. Si se comparan grupos, describa la dirección del efecto.	
	20c	Presente los resultados de todas las investigaciones sobre las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios.	
	20d	Presente los resultados de todos los análisis de sensibilidad realizados para evaluar la robustez de los resultados sintetizados.	
Sesgos en la publicación	21	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo debido a resultados faltantes (derivados de los sesgos de en las publicaciones) para cada síntesis evaluada.	
Certeza de la evidencia	22	Presente las evaluaciones de la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace evaluado.	
DISCUSIÓN			
Discusión	23a	Proporcione una interpretación general de los resultados en el contexto de otras evidencias.	
	23b	Argumete las limitaciones de la evidencia incluida en la revisión.	
	23c	Argumete las limitaciones de los procesos de revisión utilizados.	
	23d	Argumete las implicaciones de los resultados para la práctica, las políticas y las futuras investigaciones.	
OTRA INFORMACIÓN			
Registro y protocolo	24a	Proporcione la información del registro de la revisión, incluyendo el nombre y el número de registro, o declare que la revisión no ha sido registrada.	
	24b	Indique dónde se puede acceder al protocolo, o declare que no se ha redactado ningún protocolo.	
	24c	Describa y explique cualquier enmienda a la información proporcionada en el registro o en el protocolo.	
Financiación	25	Describa las fuentes de apoyo financiero o no financiero para la revisión y el papel de los financiadores o patrocinadores en la revisión.	
Conflicto de intereses	26	Declare los conflictos de intereses de los autores de la revisión.	
Disponibilidad de datos, códigos y otros materiales	27	Especifique qué elementos de los que se indican a continuación están disponibles al público y dónde se pueden encontrar: plantillas de formularios de extracción de datos, datos extraídos de los estudios incluidos, datos utilizados para todos los análisis, código de análisis, cualquier otro material utilizado en la revisión.	

Tabla 2
Lista de verificación PRISMA 2020 para resúmenes estructurados*

Sección/tema	Ítem n.º	Ítem de la lista de verificación
TÍTULO		
Título	1	Identifique el informe o publicación como una revisión sistemática.
ANTECEDENTES		
Objetivos	2	Proporcione una declaración explícita de los principales objetivos o preguntas que aborda la revisión.
MÉTODOS		
Criterios de elegibilidad	3	Especifique los criterios de inclusión y exclusión de la revisión.
Fuentes de información	4	Especifique las fuentes de información (por ejemplo, bases de datos, registros) utilizadas para identificar los estudios y la fecha de la última búsqueda en cada una de estas fuentes.
Riesgo de sesgo de los estudios individuales	5	Especifique los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios individuales incluidos.
Síntesis de los resultados	6	Especifique los métodos utilizados para presentar y sintetizar los resultados.
RESULTADOS		
Estudios incluidos	7	Proporcione el número total de estudios incluidos y de participantes y resuma las características relevantes de los estudios.
Síntesis de los resultados	8	Presente los resultados de los desenlaces principales e indique, preferiblemente, el número de estudios incluidos y los participantes en cada uno de ellos. Si se ha realizado un metanálisis, indique el estimador de resumen y el intervalo de confianza o de credibilidad. Si se comparan grupos, describa la dirección del efecto (por ejemplo, qué grupo se ha visto favorecido).
DISCUSIÓN		
Limitaciones de la evidencia	9	Proporcione un breve resumen de las limitaciones de la evidencia incluida en la revisión (por ejemplo, riesgo de sesgo, inconsistencia –heterogeneidad– e imprecisión).
Interpretación	10	Proporcione una interpretación general de los resultados y sus implicaciones importantes.
OTROS		
Financiación	11	Especifique la fuente principal de financiación de la revisión.
Registro	12	Proporcione el nombre y el número de registro.

* Esta lista de verificación conserva los mismos ítems que se incluyeron en la declaración PRISMA para resúmenes publicada en 2013⁴⁶, pero ha sido revisada para que la redacción sea coherente con la declaración PRISMA 2020. Además, incluye un nuevo ítem que recomienda a los autores que especifiquen los métodos utilizados para presentar y sintetizar los resultados (ítem n.º 6).

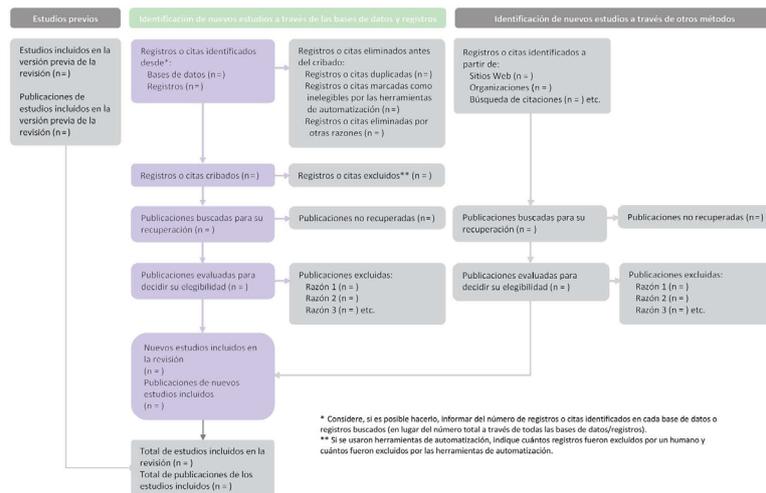


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020. El nuevo diseño se ha adaptado a partir de los diagramas de flujo propuestos por Boers⁷⁰, Mayo-Wilson et al.⁷¹ y Stovold et al.⁷². Los recuadros en gris solo se deben completar si son aplicables; de lo contrario, deben eliminarse del diagrama de flujo. Obsérvese que un «informe» puede ser un artículo de revista, una preimpresión, un resumen de conferencia, un registro de estudio, un informe de estudio clínico, una tesis/d disertación, un manuscrito inédito, un informe gubernamental o cualquier otro documento que proporcione información pertinente.

02.- Anexo II. Elementos citados Bloque 1(muestra de 200/578).

Documents	Citations														Subtotal	>2024	Total
		Total	<2014	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024			
<input type="checkbox"/> 1 Sustainable supply chains – Managing environmental impact da...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 2 A deep learning method for the prediction of ship fuel consu...	2024												2		2	2	
<input type="checkbox"/> 3 Periodic Fluctuations of Transport as a Determinant of Inlan...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 4 Reducing southern California ozone concentrations in the yea...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 5 sCO2 power cycle/reverse osmosis distillation system for wat...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 6 Environmental-economic sustainability of hydrogen and ammoni...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 7 Low-carbon technology selection and carbon reduction potenti...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 8 Ship-Fire Net: An Improved YOLOv8 Algorithm for Ship Fire De...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 9 Prioritization of crowdsourcing models for last-mile deliver...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 10 Comparative study based on techno-economics analysis of diff...	2024												3		3	3	
<input type="checkbox"/> 11 An innovative process design of seawater desalination toward...	2024												2		2	2	
<input type="checkbox"/> 12 A model for sustainable development of the ship recycling in...	2024											1			1	1	
<input type="checkbox"/> 13 Numerical and experimental study of stern flaps impact on re...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 14 Advancing sustainability through digital servitization: An e...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 15 Integration of ocean thermal energy conversion and pumped th...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 16 Towards a new perspective on the efficiency of water electro...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 17 A two-layer energy management system for a hybrid electrical...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 18 Optimal decarbonization strategies for an industrial port ar...	2024											1	1		2	2	
<input type="checkbox"/> 19 A systems approach to hazard identification for solar-powere...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 20 [A study of energy management predictive control of ship hyb...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 21 Analysis of sea spray generation and distribution characteri...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 22 Assessing sustainable decarbonization strategies for green s...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 23 Assessment of Selected Alternative Fuels for Spanish Navy Sh...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 24 Iberian Ports as a Funnel for Regulations on the Decarboniza...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 25 Monitoring of Ship Operations in Seaport Areas in the Susta...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 26 Sustainable Urban Mobility Planning in the Port Areas: A Cas...	2024												1		1	1	
<input type="checkbox"/> 27 Environmental and Economic Assessment of Batteries for Marin...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 28 LPG, Gasoline, and Diesel Engines for Small Marine Vessels: ...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 29 The Coordinated Power Control of Flexible DC Microgrids in S...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 30 Modeling and application of ship traffic conflicts in nearsh...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 31 Operational-based decarbonization of container ports: The ca...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 32 Risk sensitivity analysis of AIS cyber security through mari...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 33 A Bayesian network model for container shipping companies' o...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 34 Multi-scenario analyses for antitrust immunity policies on s...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 35 Hydrogen transport options for a large industrial user: Anal...	2024														0	0	
<input type="checkbox"/> 36 Transient modeling of a green ammonia production system to s...	2023														0	0	
<input type="checkbox"/> 37 Multifunctional Oil-Entangled Matrix Spray for Maritime Sust...	2023														0	0	
<input type="checkbox"/> 38 [Current state and prospects on applications of ship drag re...	2023														0	0	
<input type="checkbox"/> 39 Fuel Consumption Analysis of Single and Twin-Screw Propulsio...	2023											1			1	1	
<input type="checkbox"/> 40 Computational Analysis of the Effect of Hull Vane on Hydrody...	2023											1			1	1	
<input type="checkbox"/> 41 Modeling of an Autonomous Electric Propulsion Barge for Futu...	2023														0	0	
<input type="checkbox"/> 42 Economic incentives and technological limitations govern env...	2023														0	0	
<input type="checkbox"/> 43 Measuring the time-frequency spillover effect among carbon m...	2023												1		1	1	
<input type="checkbox"/> 44 Solar photovoltaic systems for the Short Sea Shipping's comp...	2023														0	0	
<input type="checkbox"/> 45 A Novel Class-Imbalanced Ship Motion Data-Based Cross-Scale ...	2023											1			1	1	
<input type="checkbox"/> 46 Environmental impact assessment of green ammonia-powered ver...	2023											1	2		3	3	
<input type="checkbox"/> 47 Decarbonization of Maritime Transportation: A Case Study for...	2023											3			3	3	

Documents	Citations	<2014	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Subtotal	>2024	Total
<input type="checkbox"/> 48	Numerical analyses on performance of low carbon containershi...	2023										2		2		2
<input type="checkbox"/> 49	Mitigation effect of flywheel energy storage on the performa...	2023										4	2	6		6
<input type="checkbox"/> 50	Advancing sustainability in the maritime sector: energy desL...	2023										1		1		1
<input type="checkbox"/> 51	Leveraging deep learning techniques for ship pipeline valve ...	2023												0		0
<input type="checkbox"/> 52	A Comprehensive Multicriteria Evaluation Approach for Altern...	2023												0		0
<input type="checkbox"/> 53	Pathways to Decarbonization of Deep-Sea Shipping: An Aframax...	2023												0		0
<input type="checkbox"/> 54	Inventive Activity for Climate Change Mitigation: An Insight...	2023												0		0
<input type="checkbox"/> 55	Projected Reductions in CO ₂ Emissions by Using AL...	2023											1	1		1
<input type="checkbox"/> 56	Joint optimization of ship speed and trim based on machine L...	2023												0		0
<input type="checkbox"/> 57	Electrification of fishing vessels and their integration int...	2023											1	1		1
<input type="checkbox"/> 58	Assessment of cruise ship decarbonization potential with alt...	2023												0		0
<input type="checkbox"/> 59	A novel GA-LSTM-based prediction method of ship energy usage...	2023										1	2	3		3
<input type="checkbox"/> 60	Thermodynamic analysis of integrated ammonia fuel cells syst...	2023										1	4	5		5
<input type="checkbox"/> 61	Marginal abatement cost of alternative marine fuels and the ...	2023										2	1	3		3
<input type="checkbox"/> 62	Are battery-powered vessels the best solution for the domest...	2023												0		0
<input type="checkbox"/> 63	How to achieve energy efficiency and sustainability of large...	2023										4	1	5		5
<input type="checkbox"/> 64	On the determination and rank for the environmental risk asp...	2023										1	1	2		2
<input type="checkbox"/> 65	NEMO: Real-Time Noise and Exhaust Emissions Monitoring for S...	2023												0		0
<input type="checkbox"/> 66	Investigation of the energy efficiency of fishing vessels: C...	2023											2	2		2
<input type="checkbox"/> 67	Decarbonizing shipping in ice by intelligent icebreaking ass...	2023											1	1		1
<input type="checkbox"/> 68	Exploring spatial patterns and environmental risk factors fo...	2023										1	2	3		3
<input type="checkbox"/> 69	Operational efficiency optimization method for ship fleet to...	2023											3	3		3
<input type="checkbox"/> 70	Exploring circular shipbuilding: A systematic review on circ...	2023											2	2		2
<input type="checkbox"/> 71	Measuring Eco-Efficiency of the Global Shipping Sector Based...	2023											1	1		1
<input type="checkbox"/> 72	Comparative analysis of entropy and environmental impacts of...	2023												0		0
<input type="checkbox"/> 73	Decarbonization of Short Sea Shipping in European Union: Imp...	2023										1	1	2		2
<input type="checkbox"/> 74	Lifetime assessment for container vessels	2023										5	6	11		11
<input type="checkbox"/> 75	A novel approach to heat integration development and multi-o...	2023											1	1		1
<input type="checkbox"/> 76	Climate change mitigation potentials of on grid-connected Po...	2023										2	3	5		5
<input type="checkbox"/> 77	Sustainable inventory management for a closed-loop supply ch...	2023												0		0
<input type="checkbox"/> 78	Future pathways for decarbonization and energy efficiency of...	2023										2	2	4		4
<input type="checkbox"/> 79	Experimental results of a waste-heat powered thermoacoustic ...	2023												0		0
<input type="checkbox"/> 80	Decarbonization of maritime transport: Sustainability assess...	2023										3	2	5		5
<input type="checkbox"/> 81	Ship Carbon Intensity Indicator Assessment via Just-In-Time ...	2023										1		1		1
<input type="checkbox"/> 82	A Blockchain-Enabled IoT Logistics System for Efficient Trac...	2023											1	1		1
<input type="checkbox"/> 83	Techno-Economic and Environmental Evaluation of a Solar Ener...	2023												0		0
<input type="checkbox"/> 84	Life Cycle Analysis of Hydrogen Powered Marine Vessels—Case ...	2023												0		0
<input type="checkbox"/> 85	An application-oriented testing regime and multi-ship predic...	2023												0		0
<input type="checkbox"/> 86	The Application of Hybrid Energy system (Hydrogen Fuel cell,...	2023										1	2	3		3

Documents	Citations														Subtotal	>2024	Total
		<2014	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024				
		Total	0	8	53	108	210	340	582	938	1419	2347	3746	999	10750	0	10750
<input type="checkbox"/> 87	Comprehensive techno-economic assessment of power technologi...	2023											2		2		2
<input type="checkbox"/> 88	Techno-economic-environmental feasibility of photovoltaic, w...	2023											3		3		3
<input type="checkbox"/> 89	Energy and speed optimization of Inland battery-powered ship...	2023											1		1		1
<input type="checkbox"/> 90	Improving the energy efficiency of lighting systems for a ma...	2023											1	1	2		2
<input type="checkbox"/> 91	Adaptation of Existing Vessels in Accordance with Decarboniz...	2023													0		0
<input type="checkbox"/> 92	Towards Cleaner Ports: Predictive Modeling of Sulfur Dioxide...	2023													0		0
<input type="checkbox"/> 93	Fire Detection and Notification Method in Ship Areas Using D...	2023											3	1	4		4
<input type="checkbox"/> 94	Modelling of the Standalone Onshore Charging Station: The Ne...	2023													0		0
<input type="checkbox"/> 95	Operational cycles for maritime transportation: A benchmarki...	2023											1	1	2		2
<input type="checkbox"/> 96	Leveraging technology-driven applications to promote sustain...	2023											3	1	4		4
<input type="checkbox"/> 97	Examination of sustainability risk in freight shipping based...	2023											1		1		1
<input type="checkbox"/> 98	Hybrid/dual fuel propulsion systems towards decarbonization:...	2023											5		5		5
<input type="checkbox"/> 99	Life cycle framework construction and quantitative assessmen...	2023											5	4	9		9
<input type="checkbox"/> 100	Performance assessment of sustainable transportation in the ...	2023											14	4	18		18
<input type="checkbox"/> 101	Ammonia as a Carbon-Free Energy Carrier: NH ₃ Crac...	2023											1	4	5		5
<input type="checkbox"/> 102	A comparative analysis of a dry bulk carrier's fuel preferen...	2023													0		0
<input type="checkbox"/> 103	Establishing a Framework of the Open Maritime Electric Energ...	2023											1		1		1
<input type="checkbox"/> 104	Impact of Carbon Intensity Indicator on the Vessels' Operati...	2023											1		1		1
<input type="checkbox"/> 105	Towards sustainable port management: Data-driven global cont...	2023												2	2		2
<input type="checkbox"/> 106	A digital twin framework for real-time ship routing consider...	2023											2	1	3		3
<input type="checkbox"/> 107	Understanding Fuel Saving and Clean Fuel Strategies Towards ...	2023											3	6	9		9
<input type="checkbox"/> 108	Ports in a Storm: Port-City Environmental Challenges and Sol...	2023											2	1	3		3
<input type="checkbox"/> 109	Simulation-Driven Robust Optimization of the Design of Zero ...	2023											1		1		1
<input type="checkbox"/> 110	Bibliometric Review of Route Optimization in Maritime Transp...	2023												2	2		2
<input type="checkbox"/> 111	Strategies of stakeholders' selection of shore-to-ship power...	2023												2	2		2
<input type="checkbox"/> 112	Climate action for the shipping Industry: Some perspectives ...	2023											1	2	3		3
<input type="checkbox"/> 113	Wingsail layout design and shape optimization using a CFD-al...	2023											1		1		1
<input type="checkbox"/> 114	A sustainable production-inventory model joint with preventi...	2023												1	1	3	3
<input type="checkbox"/> 115	Mitigating Sustainability Risks in a Road Hazardous Material...	2023												1	1		1
<input type="checkbox"/> 116	Alleviating the Bauxite Maritime Supply Chain Risks through ...	2023												1	1		1
<input type="checkbox"/> 117	Mitigation of CO ₂ Emissions from Commercial Ships...	2023												2	2		2
<input type="checkbox"/> 118	Digital Twins in the Marine Industry	2023												2	2		2
<input type="checkbox"/> 119	Effects of Arctic commercial shipping on environments and co...	2023											1	1	2		2
<input type="checkbox"/> 120	Holistic and sustainable design optimization of Arctic ships	2023												3	3		3
<input type="checkbox"/> 121	Electrification of onshore power systems in maritime transpo...	2023											11	3	14		14
<input type="checkbox"/> 122	Prioritization of habitat construction materials on Mars bas...	2023												1	1		1
<input type="checkbox"/> 123	Day-ahead energy management for hybrid electric vessel with ...	2023											1	1	2		2
<input type="checkbox"/> 124	A case study for the assessment of fuel savings using speed ...	2023											3	2	5		5
<input type="checkbox"/> 125	Alternative fuels to reduce greenhouse gas emissions from ma...	2023											19	12	31		31

Documents	Citations														Subtotal	>2024	Total
		<2014	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024				
	Total	0	8	53	108	210	340	582	938	1419	2347	3746	999	10750	0	10750	
<input type="checkbox"/> 126	Process of Transformation to Net Zero Steelmaking: Decarboni...	2023										7	3	10		10	
<input type="checkbox"/> 127	Seaports' Role in Ensuring the Availability of Alternative M...	2023											1	1		1	
<input type="checkbox"/> 128	Information spillovers between carbon emissions trading pric...	2023										10	3	13		13	
<input type="checkbox"/> 129	The road to zero emission shipbuilding Industry: A systemati...	2023										3	2	5		5	
<input type="checkbox"/> 130	Creating Value for Reliability Centered Maintenance (RCM) in...	2023										1		1		1	
<input type="checkbox"/> 131	Nonlinear control of decarbonization path following underact...	2023										2		2		2	
<input type="checkbox"/> 132	ARC turns digitalization into sustainability	2023												0		0	
<input type="checkbox"/> 133	Alternative Fuel Selection Framework toward Decarbonizing Ma...	2023										7	2	9		9	
<input type="checkbox"/> 134	Frequency Stabilization in an Interconnected Micro-Grid Usin...	2023										2		2		2	
<input type="checkbox"/> 135	Evaluation and control of inventory distribution systems wit...	2023										3	4	7		7	
<input type="checkbox"/> 136	[Evolutionary Game Analysis of Port and Shipping System Emis...	2023										1		1		1	
<input type="checkbox"/> 137	An Innovative study on a hybridized ship powering system wit...	2023										7	2	9		9	
<input type="checkbox"/> 138	Identification of sustainable practices applied to ship recy...	2023										2	1	3		3	
<input type="checkbox"/> 139	Ammonia Production as Alternative Energy for the Baltic Sea ...	2023										1		1		1	
<input type="checkbox"/> 140	Evaluation of the Possibility of Increasing the Energy Absor...	2023										1		1		1	
<input type="checkbox"/> 141	Towards carbon Neutrality: Prediction of wave energy based o...	2023										8	7	15		15	
<input type="checkbox"/> 142	Evaluation of various fuel alternatives in terms of sustaina...	2023									1	1	2	4		4	
<input type="checkbox"/> 143	A Survey on Cyber Security Threats in IoT-Enabled Maritime L...	2023										21	7	28		28	
<input type="checkbox"/> 144	Effect of circular economy for waste nullification under a s...	2023										15	6	21		21	
<input type="checkbox"/> 145	The effects of fuel type and cathode off-gas recirculation o...	2023										7	4	11		11	
<input type="checkbox"/> 146	Cost-benefit assessment of shore side electricity: An Irish ...	2023										4	1	5		5	
<input type="checkbox"/> 147	[Review on research of global major disaster event related p...	2023												0		0	
<input type="checkbox"/> 148	STRUCTURAL CHALLENGES OF LOW-EMISSION VESSELS: A REVIEW	2023												0		0	
<input type="checkbox"/> 149	A Thermodynamics Model for the Assessment and Optimisation o...	2023												0		0	
<input type="checkbox"/> 150	Coupling of island tourism carbon emission and sustainable r...	2023												0		0	
<input type="checkbox"/> 151	Forewarned Is Forearmed? Contingent Sourcing, Shipment Infor...	2023												0		0	
<input type="checkbox"/> 152	Vehicle-to-ship: Enhancing the energy transition of maritime...	2023												0		0	
<input type="checkbox"/> 153	Robust Real-Time Shipboard Energy Management System With Imp...	2023											1	1		1	
<input type="checkbox"/> 154	Developing sustainable shipping and maritime transport: Mult...	2023												0		0	
<input type="checkbox"/> 155	Energy efficiency and decarbonization for container fleet in...	2023												0		0	
<input type="checkbox"/> 156	Renewable Energy Maximization for Pelagic Islands Network of...	2023										2	2	4		4	
<input type="checkbox"/> 157	OPEN FRAMEWORK FOR DIGITAL TWIN SHIP DATA: CASE STUDIES ON H...	2023												0		0	
<input type="checkbox"/> 158	Calculation of categorical route width according to maritime...	2023											1	1		1	
<input type="checkbox"/> 159	Assessment of dry bulk carriers regarding decarbonisation an...	2023												0		0	
<input type="checkbox"/> 160	Multi-Domain Device-Level Fuel-Cell Modeling and Real-Time H...	2023												0		0	
<input type="checkbox"/> 161	Worldwide Pandemic Impacts: A Malaysian Case Study	2023											1	1		1	
<input type="checkbox"/> 162	Techno-Economic and Sensitivity Investigation of a Novel Per...	2023											1	1		1	
<input type="checkbox"/> 163	Quantitative evaluation of China's shipping decarbonization ...	2023											1	1		1	
<input type="checkbox"/> 164	Design and development of in-the-loop test and evaluation pl...	2023												0		0	

Documents	Citations	<2014	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Subtotal	>2024	Total
		Total	0	8	53	108	210	340	582	938	1419	2347	3746	999	10750	0
<input type="checkbox"/> 165 A Rational Approach to the Ecological Transition in the Cru...	2023											7	1	8		8
<input type="checkbox"/> 166 Impacts of the carbon tax on green shipping supply chain und...	2023											1	2	3		3
<input type="checkbox"/> 167 A Bidirectional Modular Cuk-Based Power Converter for Shore ...	2023											2		2		2
<input type="checkbox"/> 168 A Quantum-inspired Ant Colony Optimization for solving a sus...	2023											14	5	19		19
<input type="checkbox"/> 169 Optimising ship manoeuvring time during port approach using ...	2023											2		2		2
<input type="checkbox"/> 170 Optimized multimodal logistics planning of modular integrate...	2023										1	6	2	9		9
<input type="checkbox"/> 171 Fission battery markets and economic requirements	2023											3		3		3
<input type="checkbox"/> 172 Operation-dependent exergetic sustainability assessment and ...	2023											10	2	12		12
<input type="checkbox"/> 173 Wind-assisted, electric, and pure wind propulsion—the path t...	2023											1		1		1
<input type="checkbox"/> 174 Optimization procedures for a twin controllable pitch propel...	2023											2	7	10		10
<input type="checkbox"/> 175 Assessment of container terminals competitiveness in the Bra...	2023											1		1		1
<input type="checkbox"/> 176 Green berth and yard space allocation under carbon tax polic...	2023											3	3	6		6
<input type="checkbox"/> 177 Navigating within the Safe Operating Space with Carbon Captu...	2022											3		3		3
<input type="checkbox"/> 178 Life-cycle cost analysis of an innovative marine dual-fuel e...	2022											15	2	17		17
<input type="checkbox"/> 179 Evaluation of ammonia fueled engine for a bulk carrier in ma...	2022										1	13	7	21		21
<input type="checkbox"/> 180 Carbon emission reduction behavior strategies in the shippin...	2022											17	11	28		28
<input type="checkbox"/> 181 Alternative Power Options for Improvement of the Environment...	2022											11	2	13		13
<input type="checkbox"/> 182 Decarbonizing the International Shipping and Aviation Sector...	2022											4		4		4
<input type="checkbox"/> 183 Co-Creating Climate Adaptation Pathways in Coastal Cities: A...	2022											1	2	3		3
<input type="checkbox"/> 184 Evaluating the thermodynamic potential for carbon capture fr...	2022											1		1		1
<input type="checkbox"/> 185 Characterizing passenger-ship emissions: towards improved su...	2022											3		3		3
<input type="checkbox"/> 186 Direct absorption nanofluid-based solar collectors for low a...	2022											18	5	23		23
<input type="checkbox"/> 187 Can environmental responsibility bridge the intention-behavi...	2022											9	8	17		17
<input type="checkbox"/> 188 System analysis and requirements derivation of a hydrogen-el...	2022											2	1	3		3
<input type="checkbox"/> 189 Waste heat recovery from marine main medium speed engine blo...	2022											5	3	8		8
<input type="checkbox"/> 190 The synergy between the photovoltaic power systems and batte...	2022											7	1	8		8
<input type="checkbox"/> 191 Is slow steaming a viable option to meet the novel energy ef...	2022											8	2	10		10
<input type="checkbox"/> 192 Decarbonization of the Cargo Shipping Fleet	2022													0		0
<input type="checkbox"/> 193 Estimation of Relative Resource Circulation for Heat Exchang...	2022													0		0
<input type="checkbox"/> 194 Cross-sectoral integration for increased penetration of rene...	2022											6		6		6
<input type="checkbox"/> 195 Prediction of the Estimated Time of Arrival of container shi...	2022											2		2		2
<input type="checkbox"/> 196 Technical-Environmental Assessment of Energy Management Syst...	2022										1	5	1	7		7
<input type="checkbox"/> 197 Leveraging sustainable supply chain information to alter las...	2022											5	3	8		8
<input type="checkbox"/> 198 Green Port Strategies in Developed Coastal Countries as Usef...	2022										1	11		12		12
<input type="checkbox"/> 199 Analysis of inland waterway ship performance in Ice: Operati...	2022												1	1		1
<input type="checkbox"/> 200 Design of vibro-impact electromagnetic ocean-wave energy har...	2022										1	7		8		8

Display: 200 results per page

1 2 3

Top of page

Permiso de divulgación del Trabajo Fin de Máster

El alumno **Fco. Javier Espinilla Peña**, autor del trabajo final de Grado titulado “**Descarbonización en el transporte marítimo: Revisiones sistemáticas de estudios que evalúan los efectos del cambio climático en el sector marítimo internacional**”, y tutorizado por el/los profesor/es **Benjamín Rodríguez Díaz**, a través del acto de presentación de este documento de forma oficial para su evaluación (registro en la plataforma de TFM), manifiesta que **PERMITE** la divulgación de este trabajo, una vez sea evaluado, y siempre con el consentimiento de su/s tutor/es, por parte de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, del Departamento de **Náutica, Máquinas y Radioeléctrica Naval** y de la Universidad de La Laguna, para que pueda ser consultado y referenciado por cualquier persona que así lo estime oportuno en un futuro.

Esta divulgación será realizada siempre que ambos, alumno y tutor/es del Trabajo Final de Grado, den su aprobación. Esta hoja supone el consentimiento por parte del alumno, mientras que el profesor, si así lo desea, lo hará constar en futuras reuniones, una vez finalizado el proceso de evaluación del mismo.