<CUENTA DE COBRO	FECHA DE COBRO						NÚMERO
	DIA	31	MES	Marzo	AÑO	2025	2

EL INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO	NIT: 800.214.750-7
DIRECCIÓN: Calle 73 No. 76A-354	TELÉFONO: 4403208

DEBE A					
NOMBRE	LINDA SOFIA ATENCIO ORTIZ				
INSCRITO EN EL RÉGIMEN SIMPLIFICADO DEL IVA					
CÉDULA	1235041885	DV	0	EXPEDIDA EN:	CARTAGENA
DIRECCIÓN	CALLE 40 #93 - 49			TELÉFONO:	3134703869

CONCEPTO	PRESTACIÓN DE SERVICIOS COMO CONTRATISTA INDEPENDIENTE SIN VÍNCULO LABORAL, POR SU CUENTA Y RIESGO COMO PERSONAL DE APOYO EN LAS ACTIVIDADES DE DESARROLLO DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN 394 DE 2023, DENOMINADO “TULATO - TECNOLOGÍAS PARA LA ADOPCIÓN DE SISTEMAS ENERGÉTICOS Y DE MOVILIDAD EFICIENTES QUE FOMENTAN EL DESARROLLO SOSTENIBLE ORIENTADOS A REGIONES CON ALTO POTENCIAL BIO SOCIAL Y ENERGÉTICO COMO TUMACO, NARIÑO” DE LA CONVOCATORIA 938 DE 2023 FINANCIADO POR MINCIENCIAS				
CONTRATO	N°	7724	Dependencia	Dirección de investigaciones	
ADICION	N°	N/A			
PERIODO	Fecha Inicial	01/03/2025		Fecha Final	30/03/2025
VALOR	$3.900.000				
EN LETRAS	TRES MILLONES NOVECIENTOS MIL PESOS				
FAVOR CONSIGNAR EN LA CUENTA	AHORROS	BANCOLOMBIA	N°	085-764450-68	

FIRMA



NOMBRE: LINDA SOFIA ATENCIO ORTIZ

CÉDULA: 1.235.041.885

(Cartagena), 31 de MARZO de 2025

Daniel González Montoya
Director del Programa 394-2023 de Minciencias
EL INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO
DIRECCIÓN: Calle 73 No. 76A-354

Asunto: Informe de Actividades en el marco del Programa 394 - 2023 de Minciencias

Estimado/a Daniel González Montoya,

Me permito la presente para informar y documentar las actividades realizadas en el marco del Programa 394 - 2023 de Minciencias, las cuales fueron ejecutadas por Linda Sofia Atencio Ortiz en calidad de Personal de Apoyo Técnico.

A continuación, detallo las actividades realizadas:

Descripción de la Actividad 1: Apoyo en la búsqueda y formulación de nuevas propuestas de investigación.

En el marco del programa TULATO, se realizó un proceso sistemático de identificación y recopilación de información sobre proyectos previos ejecutados por la entidad líder del Proyecto 2. Esta actividad incluyó la revisión de documentos técnicos, reportes de avances y resultados, así como la consulta con actores clave involucrados en la ejecución de los proyectos. A partir de este análisis, se establecieron criterios de priorización para la formulación de nuevas propuestas de investigación alineadas con los objetivos estratégicos del programa y las oportunidades de financiamiento disponibles. Se exploraron enfoques innovadores que permitan fortalecer la capacidad de desarrollo tecnológico y sostenibilidad en futuras iniciativas.

Descripción de la Actividad 2: Elaboración de presentaciones para la socialización de resultados ante entidades y actores.

Para facilitar la comunicación y difusión de los hallazgos, se diseñaron materiales de presentación que sintetizan los proyectos ejecutados, sus impactos y lecciones aprendidas. Se estructuraron presentaciones dirigidas a diferentes audiencias, incluyendo instituciones gubernamentales, académicas y del sector productivo, con el fin de promover el intercambio de conocimientos y generar sinergias para futuras colaboraciones. Además, se incluyeron proyecciones estratégicas sobre posibles líneas de acción y nuevos proyectos a desarrollar en el marco del programa TULATO.

Productos generados:

Como resultado de estas actividades, se elaboró una presentación detallada que consolida la información sobre los proyectos ejecutados por la entidad líder del Proyecto 2 dentro del programa TULATO.

Descripción de la Actividad 3: Apoyo en la estructuración de un artículo científico sobre modelos y algoritmos para la selección de embarcaciones.

El artículo, titulado "Towards Efficient Ship Design: A Review of Methods and Attributes for Decision-Making in Ship Selection", presenta una revisión sistemática de la literatura sobre técnicas de toma de decisiones multicriterio (MCDM) aplicadas en diferentes fases del ciclo de vida de las embarcaciones desde una perspectiva de ingeniería de sistemas. El apoyo en esta actividad incluye la organización de la información, la estructuración del contenido, la revisión metodológica y la optimización de la argumentación en el manuscrito. Como resultado de esta actividad, se espera la finalización del artículo y su preparación para publicación en la revista Decision Making: Applications in Management and Engineering.

Productos generados:

Estructuración de 01 articulo de modelos y algoritmos para la selección de embarcaciones.

Descripción de la Actividad 4: Apoyo al director del proyecto en el seguimiento de cumplimiento de las actividades técnicas.

En el marco del proyecto, se diseñó una metodología para la caracterización y desarrollo de un instrumento que permitiera identificar las regiones prioritarias en términos de cumplimiento normativo e implementación de tecnologías. Para ello, se llevó a cabo un análisis de las regulaciones vigentes y de las necesidades técnicas en diferentes áreas geográficas, con el objetivo de establecer criterios que orientaran la toma de decisiones estratégicas.

Adjunto a la presente, encontrará los documentos respaldatorios que sustentan cada una de las actividades realizadas, como fotografías, informes técnicos, entre otros.

Cabe destacar que todas las actividades fueron ejecutadas de acuerdo con los lineamientos y objetivos establecidos en el Programa 394 - 2023 de Minciencias, cumpliendo con los plazos y requisitos establecidos.

En virtud de lo anterior, adjunto también la cuenta de cobro correspondiente por los servicios prestados, detallando los honorarios acordados y los impuestos aplicables.

Agradezco de antemano su atención a este informe y quedo a disposición para cualquier aclaración o información adicional que pueda requerir.

Atentamente,

Linda Sofia Atencio Ortiz

CC. 1.235.041.885

Personal de Apoyo Técnico

Vo.Bo. CC Edwin Giovanny Paipa Sanabria

Coordinador técnico proyecto No. 105897 – BERCO

Vo.Bo. Julián Andrés Zapata Cortes

Doctor del programa - TULATO

Vo.Bo.

Daniel González Montoya

Director del Programa de I+D+i

Institución Universitaria
Reacreditada en Alta Calidad
80 Años

PROYECTOS DE I+D+i A TRAVES DE LA ALIANZA DE LA QUINTUPLE HELICE

VIGILADA MINEDUCACIÓN

Convocatoria 879: Energía sostenible y su aporte a la planeación minero-energetica

PROYECTO FINALIZADO

Titulo	FerroFluvial 4.0 - Plan de investigación para la evaluación y priorización de tecnologías orientadas hacia la electromovilidad y su penetración e impactos en el fortalecimiento de encadenamientos productivos de Colombia en sus modos férreo y fluvial.
Línea temática	**Planificación enfocada al desarrollo sostenible / Innovación tecnológica y transformación digital**
Monto indicativo (en millones de pesos)	**$700**

ENTIDAD EJECUTORA

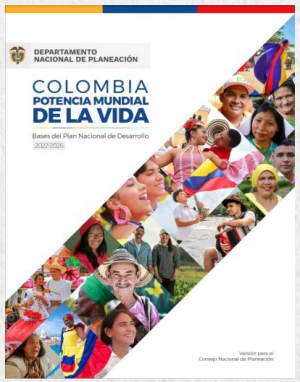
Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval Marítima y Fluvial



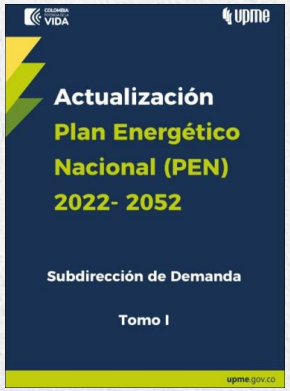
Catalizador: Transición energética justa, segura, confiable y eficiente para alcanzar carbono neutralidad y consolidar territorios resilientes al clima.



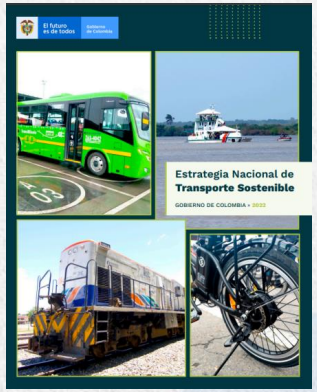
Mapa de ruta 2022 - 2050



Plan Nacional de Desarrollo 2022 2026



El PEN 2022-2052



Estrategia Nacional de Transporte Sostenible

COTECMAR · Universidad Nacional de Colombia · ITM Institución Universitaria · CEIPA Powered by Arizona State University · Universidad de Cartagena Fundada en 1827 · Universidad de La Sabana

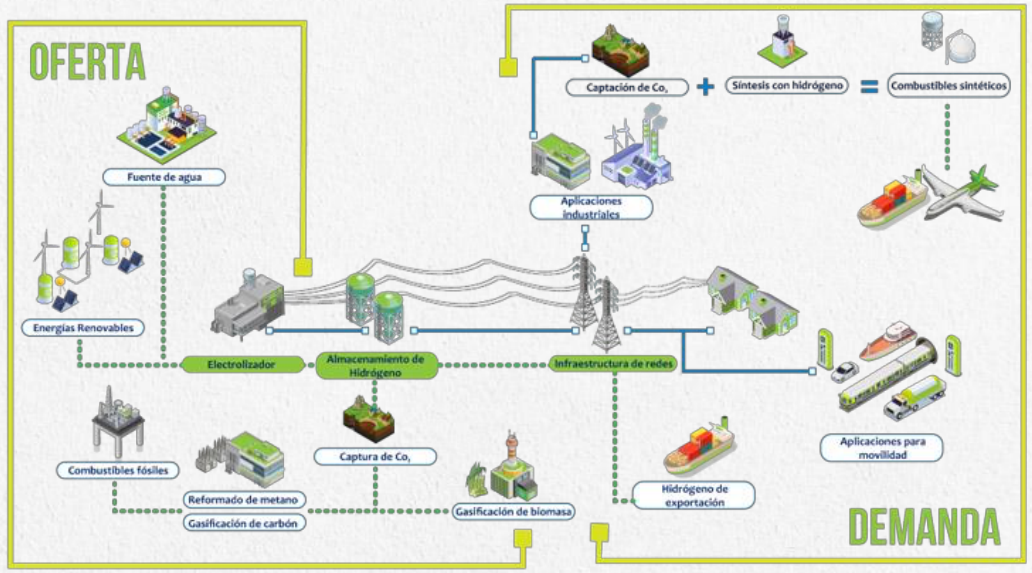
Financiado por: upme

VIGILADA MINEDUCACIÓN

Convocatoria 879: Energía sostenible y su aporte a la planeación minero-energética

Titulo	Modelo del sistema energético colombiano para la evaluación de escenarios de transición energética hacia la economía del hidrógeno.		
Área estratégica	**Energía**	**Reto**	**Creación de una Industria de Instrumentos, Control y Equipos para la Transición Energética.**
Monto indicativo (en millones de pesos)		**$700**	**Catalizador:** Generación de energía a partir de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER).

PROYECTO FINALIZADO





Libro de investigación





Presentación ante la 4ta y 5ta cámara del senado



Presentación ante la UPME



Socialización de resultados ante el DNP



Congreso

VIGILADA MINEDUCACIÓN

Convocatoria 932: Estancias con propósito empresarial

PROYECTO FINALIZADO

Titulo	Adopción tecnológica para el diseño y la integración de fuentes alternativas de energía o de bajas emisiones en embarcaciones menores desarrolladas por COTECMAR.
Foco temático	**1.** Tecnologías convergentes (nano, info y cognotecnología) – Industrias 4.0 **2.** Energía sostenible.

RECURSOS FINANCIADOS
$ 50.000.000

COLOMBIA POTENCIA DE LA VIDA · Ciencias · COTECMAR · ITM Institución Universitaria

TIEMPO DE ESTANCIA

5 MESES



Doctor	**Daniel Gonzalez Montoya**	**Ingeniero de control, Magister en automatización, Doctor en ingeniería automática**

ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- Caracterización del estado actual de las normas técnicas y análisis de oportunidad para la adopción/adaptación de normas aplicables.
- Revisión de la operación fluvial teniendo en cuenta aspectos energéticos, geográficos y ambientales
- Especificaciones de desempeño y restricciones al diseño para las embarcaciones
- Propuesta de diseño de propulsión eléctrica, compuesto por la selección de los motores, el almacenamiento de la energía y los sistemas de control

VIGILADA MINEDUCACIÓN

Convocatoria 914: Colombia hacia un nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo



PROYECTO EN EJECUCIÓN: 95%

Titulo	Desarrollo de una embarcación eléctrica ecoamigable, en el marco de la transición energética para el transporte fluvial de carga y pasajeros en el río Atrato

Área estratégica	**Energía**	**Reto**	**Creación de una Industria de Instrumentos, Control y Equipos para la Transición Energética.**
Monto indicativo (en millones de pesos)	**$2.972**	**ENTIDAD EJECUTORA**	**Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval Marítima y Fluvial**

Catalizador: Transición energética justa, segura, confiable y eficiente para alcanzar carbono neutralidad y consolidar territorios resilientes al clima



Socialización UPIT



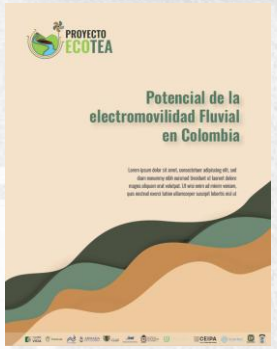
Hoja de ruta para la transición energética

Participación en Congreso de Sevilla









Libro de investigación B



Cursos de electromovilidad

VIGILADA MINEDUCACIÓN

Convocatoria 934: Estancias posdoctorales orientadas por misiones 2023

PROYECTO EN EJECUCIÓN: 30%

Titulo	Diseño de un modelo de gestión territorial para el desarrollo del bio-turismo bajo un enfoque inclusivo en el circuito Cartagena-Mompós.
Línea temática	**Bioeconomía, ecosistemas naturales, territorios sostenibles**

RECURSOS FINANCIADOS
$ 290.000.000

TIEMPO DE ESTANCIA
24 MESES

Doctora	**Odette Chams Anturi**	**Ingeniera industrial, Magister en administración de empresas, Doctora en dirección de empresas.**



ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- Conformación de mesa de trabajo con el centro de investigación de COTECMAR
- Diagnosticar el potencial turístico de los recursos naturales y su biodiversidad, contemplando atractivos turísticos alternativos para la ruta turística y el circuito.
- Establecer mecanismos de colaboración entre actores involucrados en la nueva ruta turística
- Determinar los impactos sociales, económicos sobre la biodiversidad.
- Capacitar a los actores de la cadena de valor para la puesta en marcha de modelos de negocio.

VIGILADA MINEDUCACIÓN

Convocatoria 938: Ecosistemas en energía sostenible, eficiente y asequible

PROYECTO EN EJECUCIÓN: 30.9%

Puesto No 3



Titulo	Tecnologías para la adopción de sistemas energéticos y de movilidad eficientes que fomentan el desarrollo sostenible orientados a regiones con alto potencial bio social y energético como Tumaco, Nariño.
Eje temático	**Movilidad eléctrica, eficiencia energética, almacenamiento de energía eléctrica y térmica**

BERCO - Desarrollo de un bote enfocado en la electromovilidad remotamente controlado para transporte de insumos logísticos de TRL 3 a TRL 5, como estrategia para validar la funcionalidad de estaciones de recarga que utilicen baterías de segundo uso.

Institución Universitaria ITM · Institución Universitaria de Envigado, Ciencia, educación y desarrollo · COTECMAR · Armada de Colombia · Universidad Cesmag · Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

RECURSOS FINANCIADOS
$ 6.900.000.000

VIGILADA MINEDUCACIÓN

Convocatoria 938: Ecosistemas en energía sostenible, eficiente y asequible

PROYECTO EN EJECUCIÓN: 30.9%

Titulo	Incremento del Grado de Madurez Tecnológico (TRL) de Sistemas Energéticos Sostenibles y Eficientes para la Transición Energética y la Reindustrialización del país
Eje temático	**Eficiencia energética e hidrógeno de bajas emisiones.**
Proyecto 1	**Alistamiento de un sistema de combustión sin llama para aplicar en procesos de calentamiento de alta temperatura y de secado de materiales granulados no metálicos y fertilizantes, para pasar de un TRL 8 a un TRL 9.**
Proyecto 2	Alistamiento y evaluación de un sistema PtG con diferentes fuentes de energía renovable y CO2, para pasar de un TRL 4 a un TRL 7.
Proyecto 3	Desarrollo de un paquete tecnológico para usar H2 en sistemas de combustión avanzada de bajo costo aplicado en procesos de calentamiento.





Categoría de proyecto de CTeI	**Desarrollo tecnológico o innovación**

RECURSOS FINANCIADOS
$ 6.900.000.000

GASURE Grupo de Ciencia y Tecnología del Gas y Uso Racional de la Energía · UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA · COTECMAR · UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA SHIKII EKIRAJIA PÜLEE WAJIIRA · ecopetrol · SUMICOL

VIGILADA MINEDUCACIÓN

Convocatoria 950: ColombIA inteligente

PROYECTO EN EJECUCIÓN: 4%

Titulo	Navegando hacia el Futuro: Integración de Mantenimiento 5,0 en el ciclo de vida de embarcaciones para un Desarrollo Sostenible
Objetivo	Implementar un sistema de mantenimiento inteligente 5.0 en el ciclo de vida de embarcaciones, fusionando IA, IoT y medición avanzada para potenciar la eficiencia operativa, reducir costos y minimizar el impacto ambiental, en apoyo al desarrollo sostenible de las regiones fluviales y marítimas del Caribe.
Nombre de la tecnología	**Sistema de Soporte al Ciclo de Vida 5.0**

RECURSOS FINANCIADOS
$ 6.900.000.000

Actividades a desarrollar

- Desarrollar una red de sensores IoT para el monitoreo de las condiciones operativas de las embarcaciones
- Implementar algoritmos de aprendizaje automático
- Integrar sistemas de análisis de datos avanzados basados en IA
- Integrar con la Plataforma de Gestión de Mantenimiento



VIGILADA MINEDUCACIÓN

CUMPLIMIENTO DE ACCIONES ESTABLECIDAS EN LA HOJA DE RUTA PARA EL DESARROLLO DE LA ELECTROMOVILIDAD

ACCIÓN

- Desarrollar programas de I+D+i que fortalezcan las **capacidades del sector astillero** y transformen productos del sector defensa en **tecnologías de uso dual**, promoviendo la **inclusión de la electromovilidad** a través del desarrollo tecnológico de sistemas, equipos y componentes.

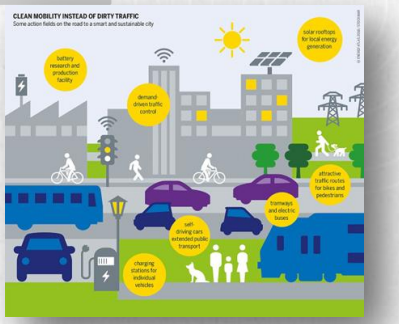
Tecnologías para la adopción de sistemas energéticos y de movilidad eficientes que fomentan el desarrollo sostenible orientados a regiones con alto potencial bio social y energético como Tumaco, Nariño.



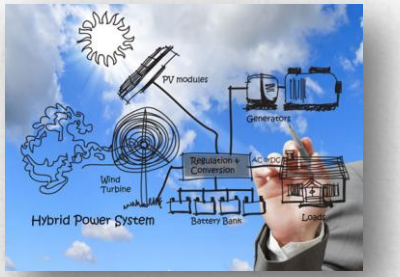
Incremento del Grado de Madurez Tecnológico (TRL) de Sistemas Energéticos Sostenibles y Eficientes para la Transición Energética y la Reindustrialización del país



Desarrollo de tecnologías funcionales en entorno pertinente para la mejora en la generación, distribución y uso final de la energía en ecosistemas sostenible en el departamento del Atlántico y en zonas no interconectadas de Colombia



Tecnologías basadas en integración de recursos energéticos en microrredes y en sistemas de almacenamiento de energía solar térmica para apoyar el proceso de transición energética sostenible de Santander y del país



Hoja de ruta para el Transporte Fluvial Eléctrico (TFE) en Colombia.



VIGILADA MINEDUCACIÓN

ACCIONES

- Generación de **programas de transferencia tecnológica** para el codesarrollo de alternativas tecnológicas en electromovilidad a través del intercambio de conocimientos de **empresas internacionales y nacionales.**
- Promover la participación de los **actores de la quíntuple hélice** que permita alinear los intereses de las iniciativas de innovación de las regiones con las del **sistema fluvial colombiano**
- Constituir un órgano de articulación de los actores clave de la **quíntuple hélice** para la asesoría, consulta, planificación y coordinación de los proyectos y las **acciones encaminadas a la penetración de la electromovilidad** en el sistema fluvial colombiano.
- **Creación de un observatorio de escalamiento tecnológico del sistema fluvial que permita la recolección, análisis, medición, evaluación, y vigilancia del avance de las condiciones y de la penetración de la electromovilidad.**
- **Establecer un observatorio de avance tecnológico de electromovilidad fluvial colombiano**



VIGILADA MINEDUCACIÓN

ACCIONES

- **Desarrollo de mesas de trabajo intersectoriales para la definición de proyectos priorizados a implementar en cada uno de los corredores fluviales del país.**



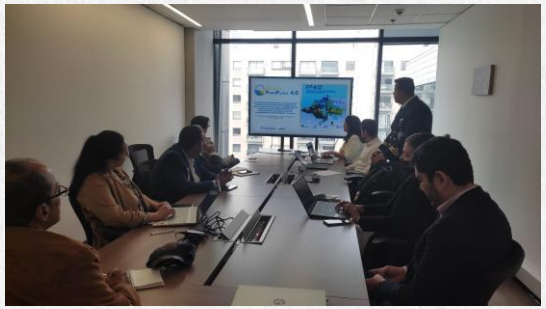
Socialización UPIT



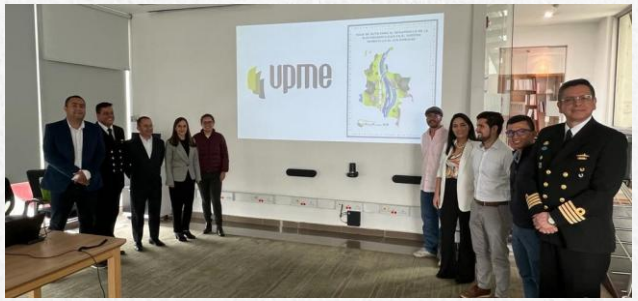
Hoja de ruta para la transición energética







Presentación ante el Ministerio del Transporte



Presentación de resultados ante la UPME





Congreso ante autoridades



Socialización ante INVIAS



Socialización de resultados ante DNP



Segunda visita a la cámara 5ta del senado



VIGILADA MINEDUCACIÓN

ACCIONES

- **Desarrollo de mesas de trabajo intersectoriales para la definición de proyectos priorizados a implementar en cada uno de los corredores fluviales del**



Foro/Taller Rio Sucio



Foro/Taller Vigía del Fuerte



Foro/Taller Beté





Participación en comité TC8 de embarcación mayores en Panamá





Participación en la Feria de Economías para la vida – FEV



Alcaldía de San Andrés de Tumaco

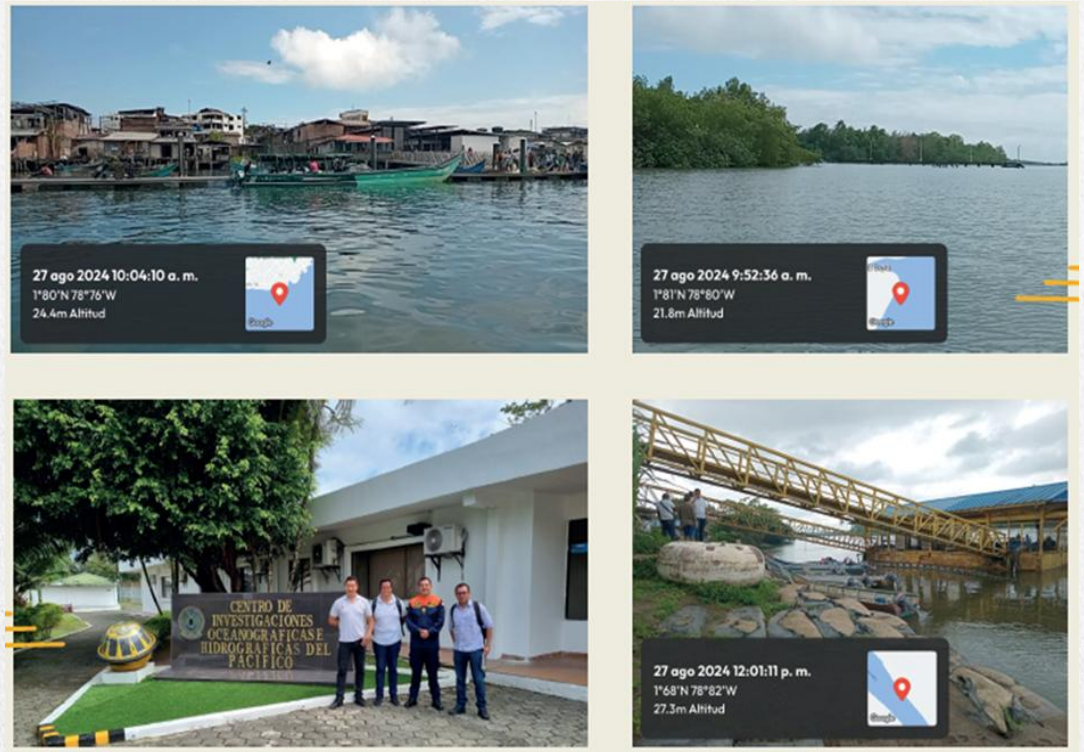
VIGILADA MINEDUCACIÓN

ACCIONES

- **Desarrollo de mesas de trabajo intersectoriales para la definición de proyectos priorizados a implementar en cada uno de los corredores fluviales del país.**



Socialización del proyecto BERCO en la COP16



Centro de investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacifico de San Andrés de Tumaco



VIGILADA MINEDUCACIÓN

ACCIONES

- **Fortalecer estrategias** para alinear las diferentes dependencias y entidades del gobierno responsables de la **planificación, desarrollo** y control del sistema fluvial colombiano, de cara a la **penetración de la electromovilidad.**

- **Integrar la política** de desarrollo del sistema fluvial en **el plan nacional de desarrollo** y en los planes sectoriales del Ministerio de Transporte a partir de este insumo.

- **Alineación de proyectos** y acciones propuestas para la penetración de la electromovilidad en el sistema fluvial con los **instrumentos de planificación** de carácter regional y nacional.

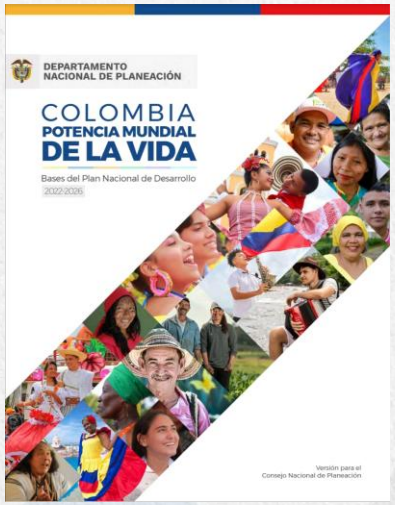
- Definir las **estrategias** que permitan incorporar proyectos y acciones encaminados a la **penetración de la electromovilidad** en los instrumentos de planificación de carácter regional y nacional



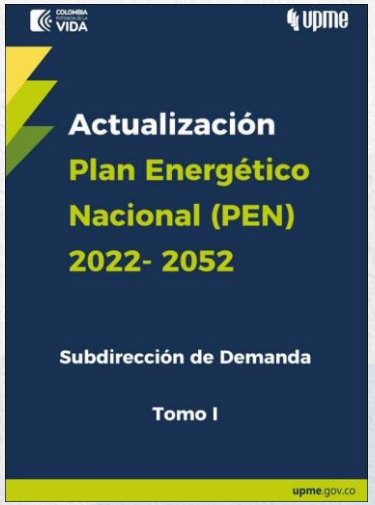
Mapa de ruta 2022 - 2050



Estrategia Nacional de Transporte Sostenible



Plan Nacional de Desarrollo 2022 2026

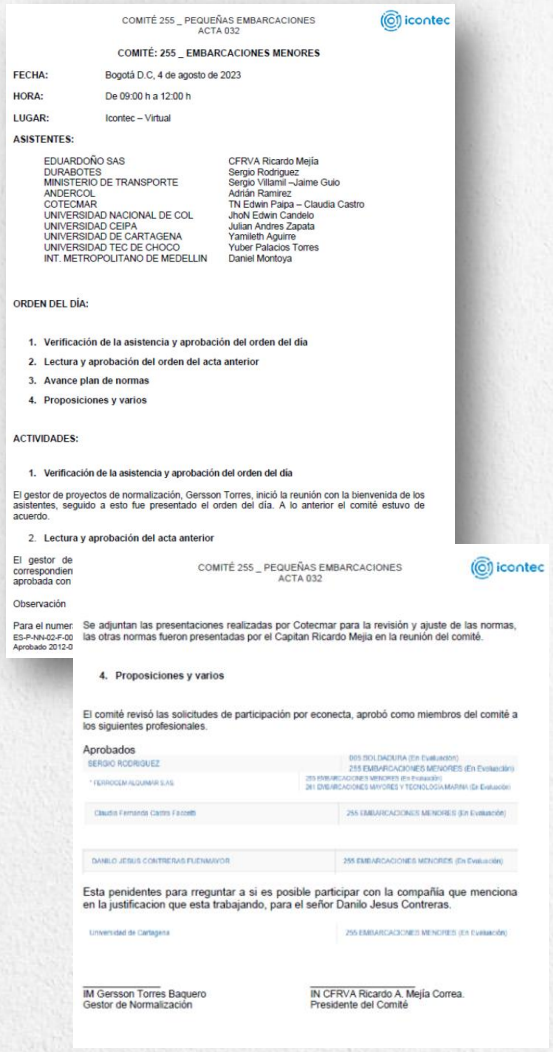


El PEN 2022-2052

VIGILADA MINEDUCACIÓN

ACCIONES

- **Fortalecer los comités de normalización** en el sistema fluvial orientado a la apropiación de la **electromovilidad** que permita adaptar y/o adoptar estándares internacionales.
- **Actualización del régimen legal del sector fluvial. Se debe incorporar herramientas legales rígidas y blandas encaminadas a la delimitación de la transición energética y a la electromovilidad.**
- **Revisar la normativa** existente relacionada con las actividades fluviales en el territorio nacional, a fin de determinar la necesidad o pertinencia de actualización del marco normativo que permita implementar la **electromovilidad fluvial Colombiano**.
- **Fortalecer la normatividad** relacionada con las actividades fluviales de forma que se facilite la implementación de la electromovilidad fluvial colombiano.



COMITÉ 255 _ PEQUEÑAS EMBARCACIONES
ACTA 032

COMITÉ: 255 _ EMBARCACIONES MENORES

FECHA: Bogotá D.C, 4 de agosto de 2023

HORA: De 09:00 h a 12:00 h

LUGAR: Icontec – Virtual

ASISTENTES:

EDUARDOÑO SAS	CFRVA Ricardo Mejía
DURABOTES	Sergio Rodriguez
MINISTERIO DE TRANSPORTE	Sergio Villamil – Jaime Guio
ANDERCOL	Adrián Ramirez
COTECMAR	TN Edwin Paipa – Claudia Castro
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COL	JhoN Edwin Candelo
UNIVERSIDAD CEIPA	Julian Andres Zapata
UNIVERSIDAD DE CARTAGENA	Yamileth Aguirre
UNIVERSIDAD TEC DE CHOCO	Yuber Palacios Torres
INT. METROPOLITANO DE MEDELLIN	Daniel Montoya

ORDEN DEL DÍA:

1. **Verificación de la asistencia y aprobación del orden del día**
2. **Lectura y aprobación del orden del acta anterior**
3. **Avance plan de normas**
4. **Proposiciones y varios**

ACTIVIDADES:

1. **Verificación de la asistencia y aprobación del orden del día**

El gestor de proyectos de normalización, Gersson Torres, inició la reunión con la bienvenida de los asistentes, seguido a esto fue presentado el orden del día. A lo anterior el comité estuvo de acuerdo.

2. **Lectura y aprobación del acta anterior**

El gestor de
correspondien
aprobada con

Observación

Para el numer
ES-P-NN-02-F-00
Aprobado 2012-0

COMITÉ 255 _ PEQUEÑAS EMBARCACIONES
ACTA 032

Se adjuntan las presentaciones realizadas por Cotecmar para la revisión y ajuste de las normas, las otras normas fueron presentadas por el Capitan Ricardo Mejia en la reunión del comité.

4. **Proposiciones y varios**

El comité revisó las solicitudes de participación por econecta, aprobó como miembros del comité a los siguientes profesionales.

Aprobados

SERGIO RODRIGUEZ	805 SOLDADURA (En Evaluación) 255 EMBARCACIONES MENORES (En Evaluación)
TERRODEM ALQUIMAR S.AS	255 EMBARCACIONES MENORES (En Evaluación) 261 EMBARCACIONES MAYORES Y TECNOLOGIA MARINA (En Evaluación)
Claudia Fernanda Castro Facetti	255 EMBARCACIONES MENORES (En Evaluación)
DANILO JESUS CONTRERAS FUENMAYOR	255 EMBARCACIONES MENORES (En Evaluación)

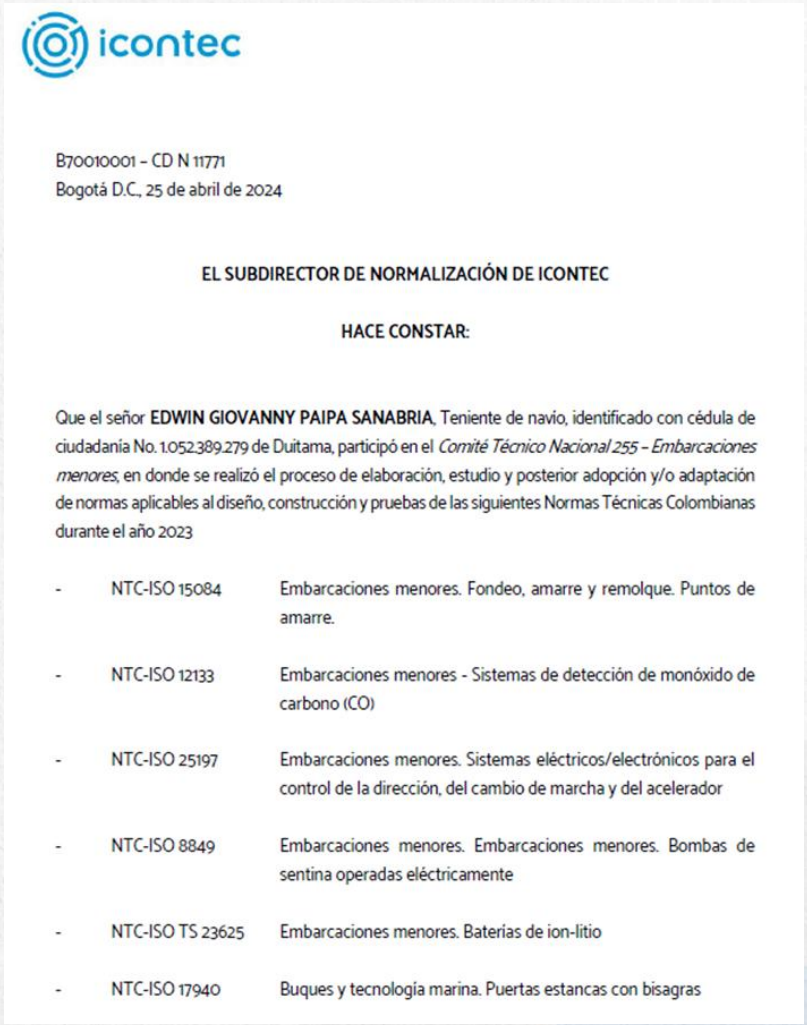
Esta penidentes para rreguntar a si es posible participar con la compañía que menciona en la justificacion que esta trabajando, para el señor Danilo Jesus Contreras.

Universidad de Cartagena	255 EMBARCACIONES MENORES (En Evaluación)

IM Gersson Torres Baquero
Gestor de Normalización

IN CFRVA Ricardo A. Mejía Correa.
Presidente del Comité

Acta de comité de pequeñas embarcaciones.



B70010001 - CD N 11771
Bogotá D.C., 25 de abril de 2024

EL SUBDIRECTOR DE NORMALIZACIÓN DE ICONTEC

HACE CONSTAR:

Que el señor **EDWIN GIOVANNY PAIPA SANABRIA**, Teniente de navío, identificado con cédula de ciudadanía No. 1.052.389.279 de Duitama, participó en el *Comité Técnico Nacional 255 – Embarcaciones menores*, en donde se realizó el proceso de elaboración, estudio y posterior adopción y/o adaptación de normas aplicables al diseño, construcción y pruebas de las siguientes Normas Técnicas Colombianas durante el año 2023

-	NTC-ISO 15084	Embarcaciones menores. Fondeo, amarre y remolque. Puntos de amarre.
-	NTC-ISO 12133	Embarcaciones menores - Sistemas de detección de monóxido de carbono (CO)
-	NTC-ISO 25197	Embarcaciones menores. Sistemas eléctricos/electrónicos para el control de la dirección, del cambio de marcha y del acelerador
-	NTC-ISO 8849	Embarcaciones menores. Embarcaciones menores. Bombas de sentina operadas eléctricamente
-	NTC-ISO TS 23625	Embarcaciones menores. Baterías de ion-litio
-	NTC-ISO 17940	Buques y tecnología marina. Puertas estancas con bisagras

VIGILADA MINEDUCACIÓN

ACCIONES

- **Socializar la importancia y las necesidades de un sistema fluvial impulsado por energía eléctrica para el desarrollo económico y el cumplimiento de compromisos ambientales del país y la diversificación de la matriz energética**



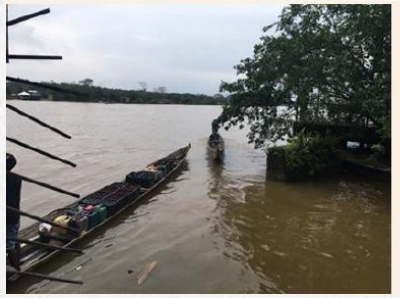

Embarcadero de carga y pasajeros de la plaza de mercado de Quibdó







Embarcadero de Pasajeros y Carga en el Malecón de Quibdó



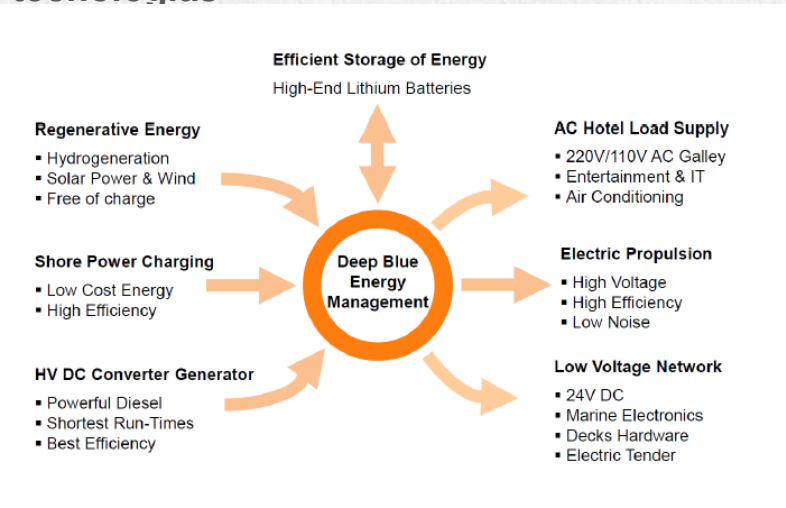

Embarcadero de transporte fluvial mixto, sector Sena Quibdó




VIGILADA MINEDUCACIÓN

ACCIONES

- **Incorporación de incentivos para la adquisición de equipos y la transferencia tecnológica para los procesos de desarrollo de la infraestructura de electrificación del sistema fluvial.**
- **Definición de los modelos contractuales alineados con la implementación de los incentivos para la adquisición de equipos y tecnologías**



ÍTEM	PROVEEDOR	SISTEMA	PAÍS
1	EVOY	Evoy Breeze outboard	Noruega
2	Torqueedo	Deep Blue 50 outboard	Colombia
3	Vision Marine Technology	Emotion 180E	Canadá
4	Pure Water Craft	Pure Outboard Sistem	USA
5	E-TECH	E-tech 14 pods	Polonia
6	Hyperelectric Marine	HyperElectric Motor	USA
7	Water World	Electric Drive System	USA
8	E'dyn Marine	E'dyn 2035	Eslovenia
9	Aqua Watt	Green Power	Austria
10	Elco	EP-50	USA

Envío de correo de invitación al proceso de RFQ a proveedores.



VIGILADA MINEDUCACIÓN

ACCIONES

- **Incentivar a través de los organismos estatales y privados la promoción y desarrollo del turismo (Turismo tradicional, alternativo, cultural, rural, agroturismo, ecoturismo, de aventura, cinegético), en los diferentes territorios fluviales, con potencial turístico.**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Titulo	Diseño de un modelo de gestión territorial para el desarrollo del bio-turismo bajo un enfoque inclusivo en el circuito Cartagena-Mompós.
Línea temática	**Bioeconomía, ecosistemas naturales, territorios sostenibles**



VIGILADA MINEDUCACIÓN

ACCIONES

- **Fortalecer los procesos de diseño, construcción, transferencia tecnológica, mantenimiento y logística en la industria astillera y férrea, que permitan la apropiación de la electromovilidad fluvial.**

Perfil operacional requerido Rio Atrato

Operación	Velocidad (kt)	Tiempo (%)
Maniobra	5	20%
Económica	12	20%
Máxima	27	60%

Perfil empleado para llevar a cabo las simulaciones de Rio Atrato con una distancia de 479km.

Embarcación gasolina - requerido 5M-12E-27Ma (kt)		
Alcance	479	**KM**
Tiempo de navegación (Autonomía)	20.4	**H**
Estación de recarga	2	**TANQUEOS**
tiempo de tanqueo	0.5	**MIN**
Trayecto total	21.4	**H**

Embarcación con ruta requerida 5M-12E-27Ma – eléctrica		
Alcance	479	**KM**
Tiempo de recarga	4.34	**H**
Numero de paradas	13	**Recargas**
Tiempo total de recargas	56.42	**H**
Recorrido total (recargas + recorrido requerido)	77.396	**H**
Recorrido sin contar las paradas	20.976	**H**

VIGILADA MINEDUCACIÓN

ACCIONES

- Promover la entrada de nuevas tecnologías para vehículos de transporte de carga y pasajeros en el modo fluvial al país, que permita obtener mayores eficiencias operativas y menor contaminación ambiental

Área estratégica	Energía
Reto	Creación de una Industria de Instrumentos, Control y Equipos para la Transición Energética.
Monto indicativo (en millones de pesos)	$2.972
ENTIDAD EJECUTORA	Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval Marítima y Fluvial

Catalizador: Transición energética justa, segura, confiable y eficiente para alcanzar carbono neutralidad y consolidar territorios resilientes al clima

Financiador	Coejecutor	Otros Aliados
Colombia Potencia de la Vida – Ciencias	Universidad de Cartagena; icontec; IIAP Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico	Armada de Colombia
Ejecutor	Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba; Universidad Nacional de Colombia; CEIPA Powered by Arizona State University	ITM Institución Universitaria Acreditada en Alta Calidad
COTECMAR		



VIGILADA MINEDUCACIÓN

ACCIONES

- Fomentar la creación de alianzas público-privadas orientadas al diseño, construcción, administración, operación y transferencia tecnológica de embarcaciones y trenes de cero y bajas emisiones en el modo fluvial del país.



Cámara de comercio de Cartagena – Armada de Colombia – Cotecmar

ARMADA DE COLOMBIA

Universidad de Cartagena
Fundada en 1827

Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

icontec

CECAR
Corporación Universitaria del Caribe

40 AÑOS JCT

CEIPA
Powered by Arizona State University

IIAP
Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico

Ingeniería Virtual
Industria 4.0

uts

MB

Visión Amazonía

ITM
Institución Universitaria
Acreditada en Alta Calidad

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

SUMICOL

UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA
SHIKII EKIRAJIA PÜLEE WAJIIRA

GASURE
Grupo de Ciencia y Tecnología del Gas y Uso Racional de la Energía

ecopetrol

hidrógeno COLOMBIA

RWTH AACHEN UNIVERSITY

SENA

Universidad de La Sabana

Generando CONFIANZA

CORMAGDALENA

epm

OCENSA

cenit
TRANSPORTE Y LOGÍSTICA DE HIDROCARBUROS

VIGILADA MINEDUCACIÓN

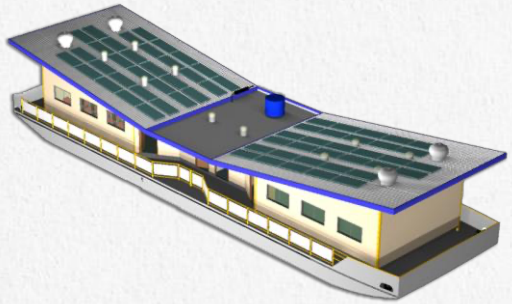
ACCIONES

- Fortalecimiento de programas educativos, técnicos, tecnológicos y profesionales existentes que puedan relacionarse con el desarrollo o incursión de la electromovilidad fluvial colombiano

ESLORA	28,00 metros
MANGA	8,00 metros
PUNTAL	1,20 metros
CALADO	0,45 metros

El artefacto naval tipo barcaza no propulsada, tendrá funciones de plataforma educativa y/o tecnológica, que considera las condiciones del canal navegable (radio de giro, profundidad, ancho) de los ríos Colombianos.













VIGILADA MINEDUCACIÓN

ACCIONES

- **Fortalecimiento de los programas posgraduales orientados al escalamiento tecnológico, adopción de nuevas tecnologías, sistemas logísticos y procesos administrativos relacionados con la electromovilidad fluvial colombiano.**

CONVOCATORIA 934: ESTANCIAS POSDOCTORALES ORIENTADAS POR MISIONES 2023

- Bio-turismo (enfoque inclusivo en el circuito Cartagena – Mompós)
- Implementación tecnología hidrógeno-gas / Electromovilidad sostenible
- Implementación técnica de Shearografía para inspección no destructiva de materiales compuestos.
- Producción de gas de síntesis con alto contenido de hidrógeno A partir de biomasa residual con miras a la generación de Hidrógeno verde con aplicación en la industria fluvial
- DISOLNAVAL - Desarrollo de Procedimientos para Disminuir Distorsiones por Soldadura en la Construcción Naval

CONVOCATORIA 932: ESTANCIAS CON PROPÓSITO EMPRESARIAL

- Adopción tecnológica para el diseño y la integración de fuentes alternativas de energía o de bajas emisiones en embarcaciones menores desarrolladas por COTECMAR
- Diseño de una metodología para la selección de la ubicación de estaciones de recarga de embarcaciones fluviales eléctricas e hibridas, que permita optimizar el consumo energético y la utilización de fuentes de energía limpias en el país







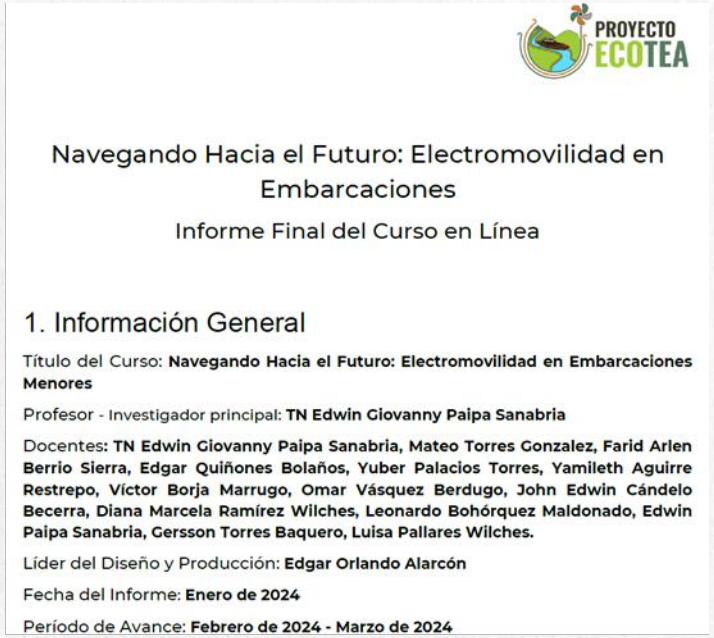
VIGILADA MINEDUCACIÓN

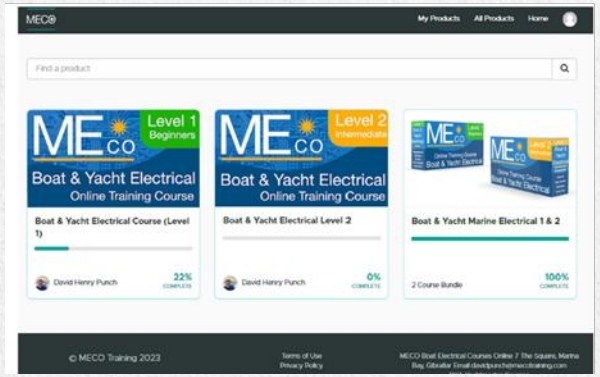
ACCIONES

- Generación de cursos de corta duración focalizados en las comunidades con el objetivo de formar capacidades técnicas y operativas relacionadas con la electromovilidad en las poblaciones aledañas e influenciadas por el sistema fluvial colombiano.











VIGILADA MINEDUCACIÓN

ACCIONES

- **Generación de cursos de corta duración focalizados en las comunidades con el objetivo de formar capacidades técnicas y operativas relacionadas con la electromovilidad en las poblaciones aledañas e influenciadas por el sistema fluvial colombiano.**

El “Desafío Naval: Impulsando la Innovación Sustentable en Colombia“, tiene como propósito reunir a diversas universidades nacionales e internacionales interesadas en la movilidad sostenible, el transporte fluvial, el desarrollo de la industria naval, la economía circular y la reducción de gases de efecto invernadero a través de embarcaciones eléctricas, con el objetivo de fomentar la innovación y la integración de diversos talentos con el sector productivo, mientras se impulsa el crecimiento tecnológico para la implementación de tecnologías limpias en el desarrollo de embarcaciones a nivel nacional.







VIGILADA MINEDUCACIÓN

ACCIONES

- Desarrollar proyectos y planes de desarrollo empresarial para empresas con capacidades de proveer insumos y servicios para la electrificación fluvial colombiano.

PROYECTO ECOTEA

Duratex

Madera

Certificación Forestal Voluntaria de Plantaciones Forestales en Colombia bajo el Esquema FSC®



Green Plastic Colombia SAS

Ofrece soluciones de reciclaje y transformación de residuos plásticos de un solo uso

GREENPLASTIC
www.greenplastic.co

Graphenstone

Tres botes de 15 litros absorben más de 10Kg de CO_2, la misma cantidad que un árbol adulto al año



Bambutex

Cortinas enrollables, madera, pintura, tapizados, Ratan Natural y Sintético, Mimbre

Bambutex
TRANSFORMA TU ESPACIO

GALTCO

Uso de Energía Hidroeléctrica renovable para producir Aluminio Verde, un elemento 100% reciclable y esencial para el futuro del mundo.

GALTCO COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN

ACCIONES

Desarrollar proyectos y planes de desarrollo empresarial para empresas con capacidades de proveer insumos y servicios para la electrificación fluvial colombiano.

PROYECTO ECOTEA



Visita al Laboratorio









Explicación Detallada de los Componentes de las Pinturas Ecoamigables



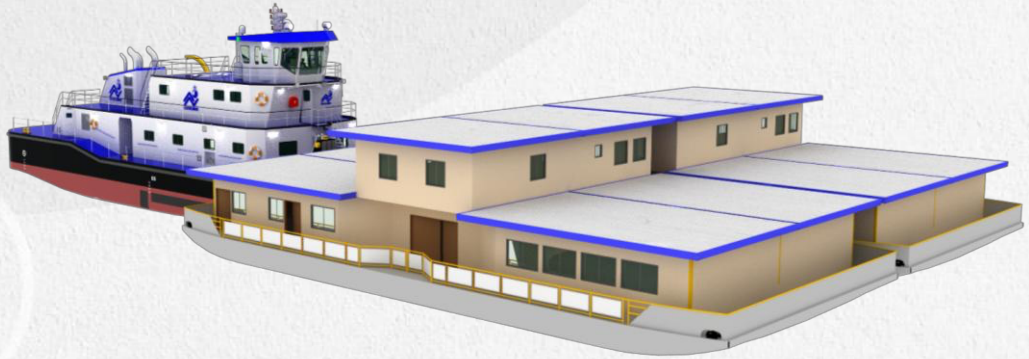




VIGILADA MINEDUCACIÓN

PROYECCIÓN DE PROYECTOS

EMPUJADOR Y AULAS FLOTANTES





El diseño y la construcción de la embarcación tipo empujador denominada EF-3527 será orientado para cumplir regulaciones que emite la Autoridad Marítima de Colombia para salvaguardar la vida humana y el medio ambiente.

El artefacto naval tipo barcaza no propulsada, tendrá funciones de plataforma educativa y/o tecnológica, que considera las condiciones del canal navegable (radio de giro, profundidad, ancho) de los ríos Colombianos.

ESLORA	28,00 metros
MANGA	8,00 metros
PUNTAL	1,20 metros
CALADO	0,45 metros

12 m³

35

02

Aulas 02 x 42 m² (c/u)

PROPULSIÓN

02 600

Motore

VIGILADA MINEDUCACIÓN

HACIA UN SISTEMA PESQUERO COLOMBIANO





Buque de investigación pesquera



Lancha artesanal pesquera

Descripción

Embarcación de pesca artesanal en PRFV con 45 pies de eslora para operación en el mar Caribe (San Andrés y Providencia)

Zona de operación

Mar caribe (San Andrés y Providencia)

Perfil de embarcación

Embarcación pesquera equipada para pesca de palangre y arrastre en zonas costeras, cuenta con capacidad de almacenamiento y bodega de frio, propulsión convencional y cabina con cocina y espacio para pernoctar de la tripulación.

Capacidades



VIGILADA MINEDUCACIÓN

Alcance

Procesos de CTeI para fortalecer capacidades comerciales y logísticas de productos agropecuarios y agroalimentarios que permitan el desarrollo de un campo productivo y sostenible en organizaciones indígenas localizadas en el Amazonas mediante la implementación de tecnologías 4.0 y/o bioeconomía.

Objetivo General	**Fortalecer capacidades comerciales y logísticas de productos agropecuarios y/o agroalimentarios a través de procesos de CTeI**

MERCADO FLOTANTE



EMBARCACIÓN PROPULSADA CON HIDROGENO

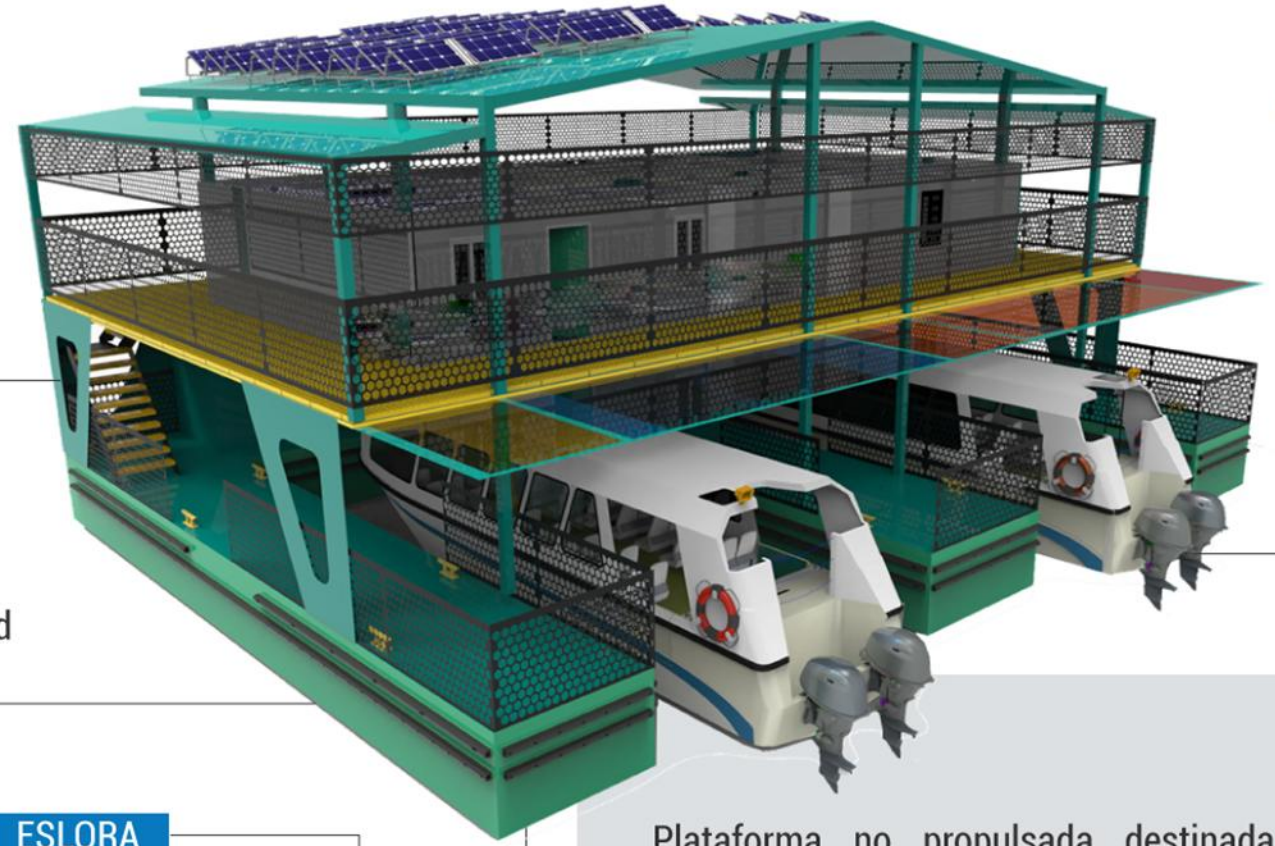


Aporte A La Transición Energética Del País

Objetivo	**Fortalecer el desarrollo de tecnologías de transporte fluvial con propulsión de H2 verde como medida de mitigación de GEI en la Región Caribe**
Catalizador	**Ascenso tecnológico del sector transporte y promoción de la movilidad activa.**

VIGILADA MINEDUCACIÓN

PLATAFORMA DE SERVICIOS



03 **Aulas** para 40 estudiantes (total)

Conectividad satelital

Transporte **Escolar Fluvial**

19,20M | ESLORA

15,00M | MANGA

1,40M | PUNTAL

MAX 0,9M | CALADO

Plataforma no propulsada destinada a prestar servicios de formación académica a poblaciones aisladas, superando barreras geográficas y socioculturales, promoviendo la presencia institucional.

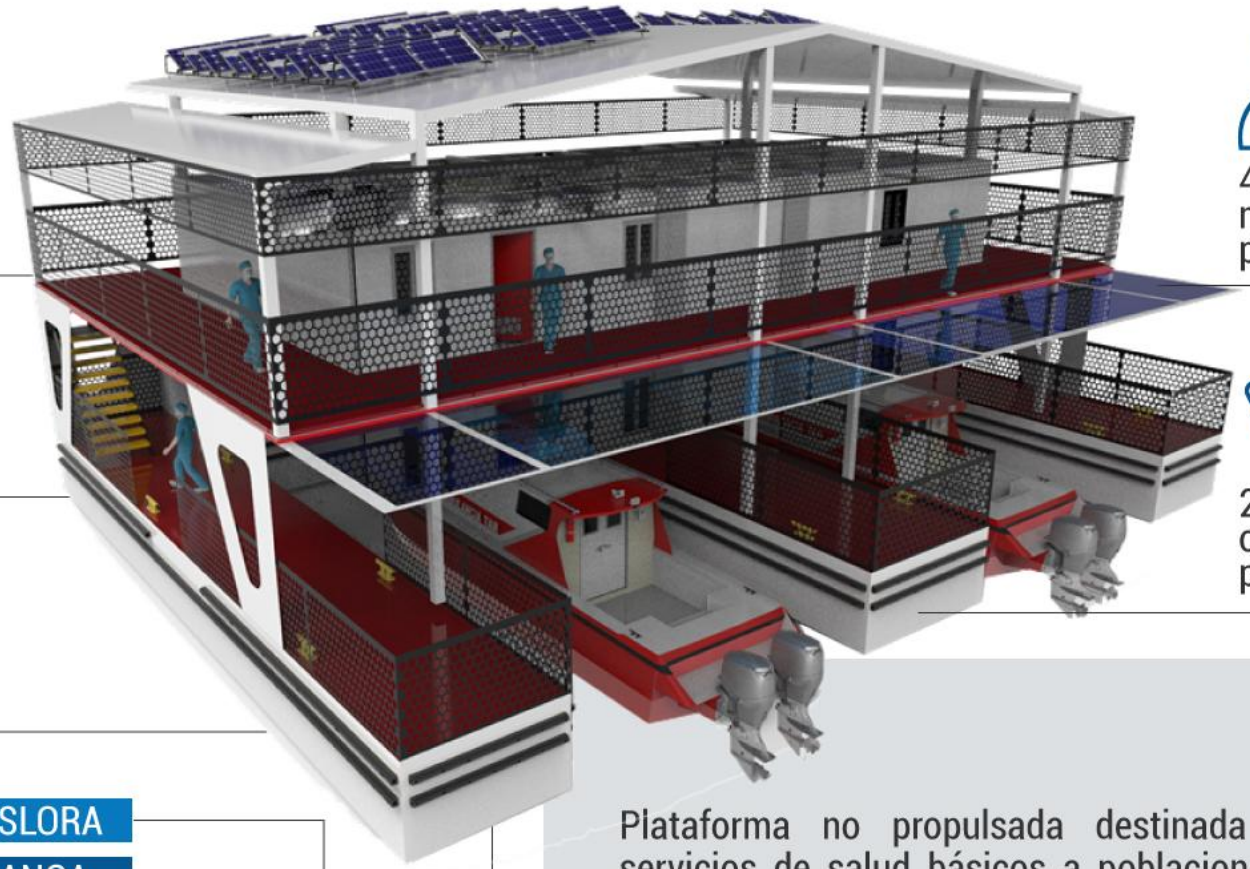
VIGILADA MINEDUCACIÓN

PLATAFORMA DE SERVICIOS

Medicina general

Odontología

Farmacia



42 Consultas médicas por día

21 Consultas odontológicas por día.

19,20M | ESLORA

15,00M | MANGA

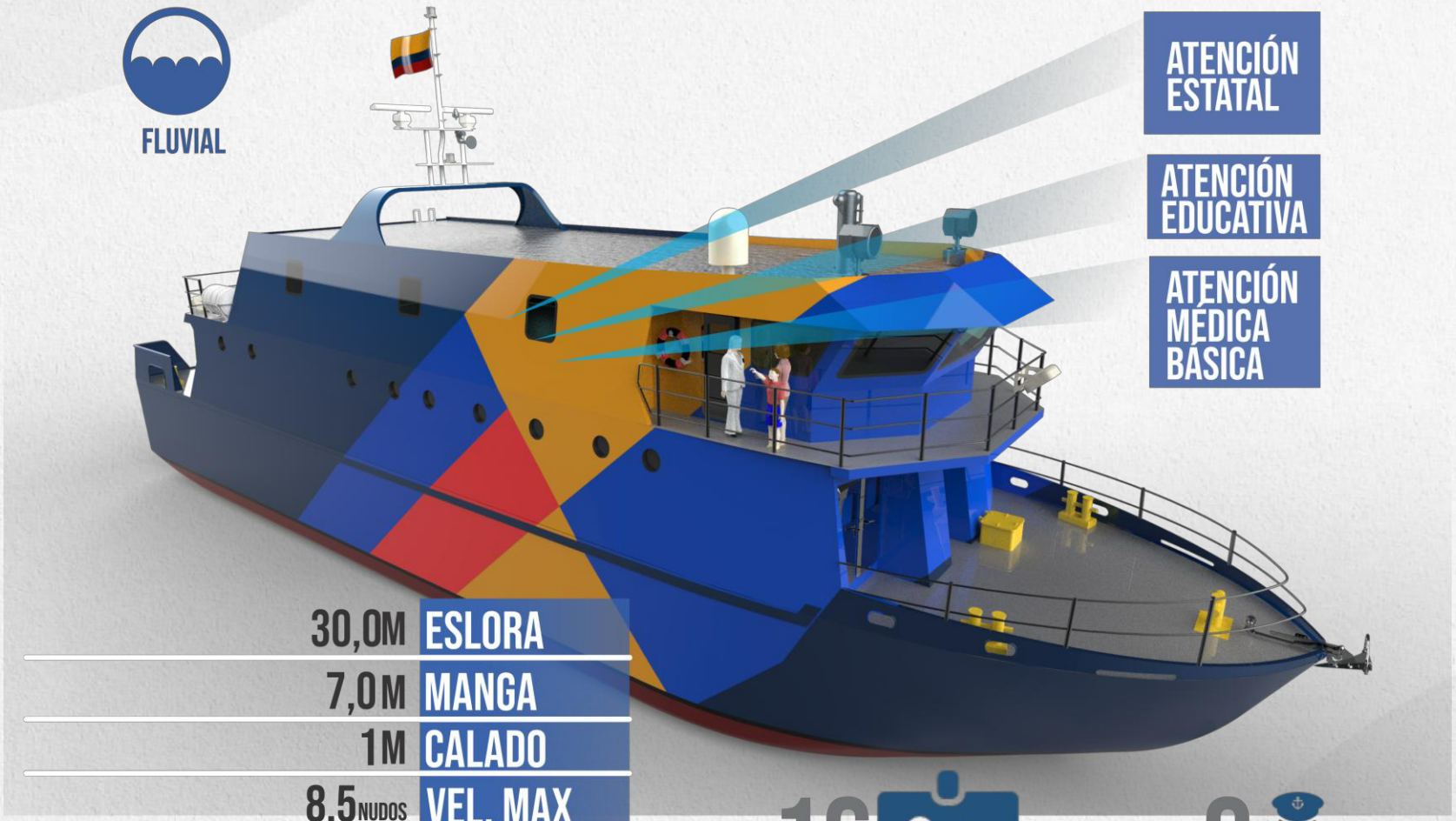
1,40M | PUNTAL

MAX 0,9M | CALADO

Plataforma no propulsada destinada a prestar servicios de salud básicos a poblaciones aisladas, dotada con capacidad para consulta medica general, consulta odontológica y atención de primeros auxilios.

VIGILADA MINEDUCACIÓN

BUQUE DE PROSPERIDAD SOCIAL



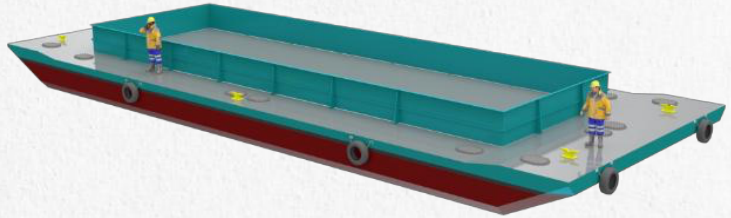
VIGILADA MINEDUCACIÓN

OTROS PROYECTOS FLUVIALES





TRANSBORDADOR FLUVIAL DE VEHÍCULOS DE CARGA



BARCAZA DE CARGA



700 Ton
Empuje

EMPUJADOR FLUVIAL EFC 400



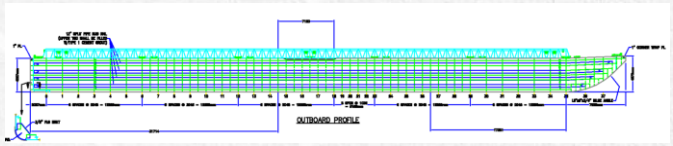
DRAGA DE CORTE Y SUCCIÓN CSD 500



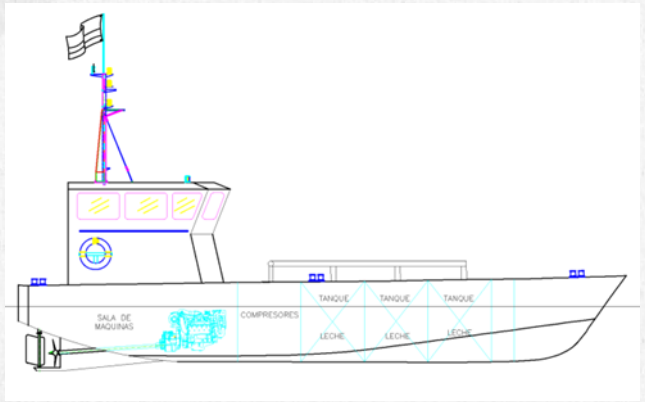
BARCAZA PARA TRANSPORTE DE SEMOVIENTES

VIGILADA MINEDUCACIÓN

OTROS PROYECTOS FLUVIALES



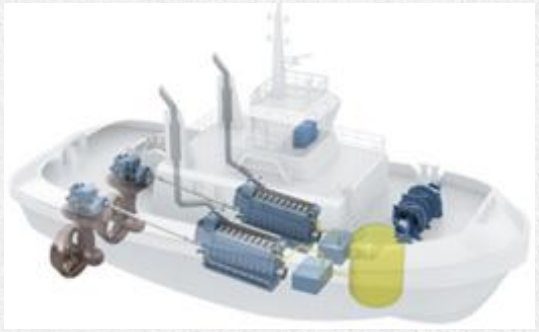
BARCAZA PARA TRANSPORTE DE SAL



BUQUE LECHERO



EMBARCACION A HIDROGENO



EMBARCACION A GNL



EMBARCACIÓN DE CAPTACIÓN DE RESIDUOS EN BAHÍA DE CARTAGENA



BONGO ECOTURISMO RÍO PUTUMAYO

VIGILADA MINEDUCACIÓN

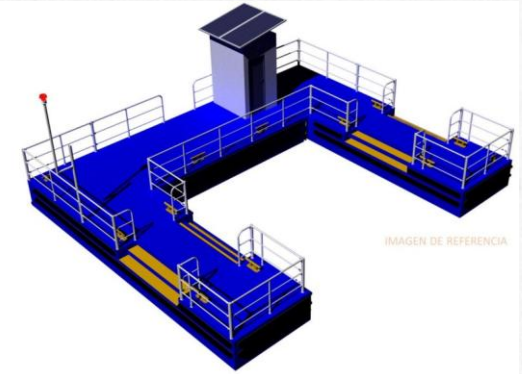
OTROS PROYECTOS FLUVIALES



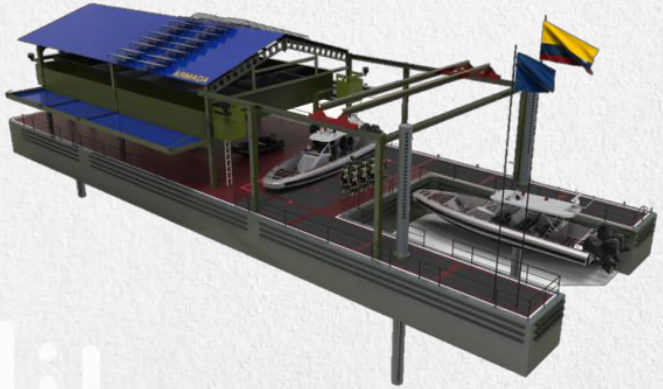
HOJA DE RUTA PARA EL TRANSPORTE FLUVIAL



LANCHA DE ASISTENCIA Y RESCATE



MUELLES



PLATAFORMA APOYO LOGÍSTICO NAVAL-(PALN).



WATERBUS



UNIDAD FLUVIAL PARA TRANSPORTE DE BASURAS

VIGILADA MINEDUCACIÓN

OTROS PROYECTOS I+D+i FORMULADOS

CaribeCol-DataNav: Desarrollo de una Plataforma de inteligencia artificial para la estimación de GEI y consumo energético de embarcaciones que surcan el Caribe colombiano con potencial aplicación para comunidades u organizaciones

OBJETIVOS

Desarrollar una plataforma tecnológica basada en inteligencia artificial para la estimación de GEI y consumo energético de embarcaciones que surcan el el Caribe colombiano con potencial aplicación para comunidades u organizaciones a partir del análisis de datos de tráfico marítimo.

1. Desarrollar y entrenar algoritmos de inteligencia artificial para el análisis y procesamiento de datos marítimos proporcionados por las Naciones Unidas, con el fin de identificar las emisiones de GEI y consumo energético de embarcaciones.
2. Desarrollar una plataforma tecnológica accesible que permita a las autoridades marítimas, operadores de transporte marítimo y comunidades locales, visualizar, simular y seleccionar una ruta marítima que optimicen el consumo energético y reduzca impacto ambiental en el Caribe colombiano.
3. Proyectar el impacto ambiental y energético de las rutas marítimas seleccionadas a partir del estudio comparativo de posibles escenarios de tráfico marítimo del Caribe colombiano.
4. Promover la capacitación y transferencia a las comunidades locales y operadores marítimos mediante la realización de talleres y cursos de formación sobre el uso y beneficios de la plataforma, asegurando su adopción efectiva y el aprovechamiento de sus capacidades para mejorar la sostenibilidad y eficiencia de las operaciones marítimas.



VIGILADA MINEDUCACIÓN

OTROS PROYECTOS I+D+i FORMULADOS

INTEOMAR - Integración, Tecnologías, Eólica, Offshore, Marina, Adaptación, Recurso.

Evaluación del potencial, desarrollo e integración de tecnologías de energía eólica marina flotante y su adaptación en las costas del caribe colombiano.

Evaluar el desempeño de las tecnologías de generación de energía eólica marina flotante adaptadas a las condiciones marítimas del caribe Colombiano, con el objetivo de contribuir a la diversificación de la matriz energética y a la transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles.

- Evaluar el potencial y las condiciones necesarias para la generación de energía eólica offshore en el Caribe colombiano, utilizando información de estudios previos realizados por entidades públicas y privadas, tanto nacionales como internacionales.
- Realizar un análisis de alternativas tecnológicas para la generación de energía eólica flotante offshore, evaluando su viabilidad técnica. Este análisis debe identificar beneficios, retos, dificultades, condiciones de operación y el potencial de generación en el Caribe colombiano.
- Diseñar una metodología que permita priorizar las tecnologías seleccionadas mediante un análisis multicriterio de sus características, condiciones de operación en el Caribe colombiano, resultados de pilotos y beneficios y riesgos identificados.
- Diseñar un modelo a escala para pruebas en un canal hidrodinámico de dos alternativas seleccionadas, de acuerdo con el modelo de priorización, con el objetivo de evaluar sus capacidades de generación energética, operación, estabilidad y métodos óptimos de implementación en la estructura productiva colombiana.
- Promover la apropiación social del conocimiento entre los actores interesados del sector energético colombiano.



VIGILADA MINEDUCACIÓN

Institución Universitaria
Reacreditada en Alta Calidad
80 Años

¡MUCHAS GRACIAS!

VIGILADA MINEDUCACIÓN

www.itm.edu.co

Alcaldía de Medellín
Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación

SCIENTIFIC OASIS

Decision Making: Applications in Management and Engineering

Journal homepage: www.dmame-journal.org
ISSN: 2560-6018, eISSN: 2620-0104



Towards Efficient Ship Design: A Review of Methods and Attributes for Decision-Making in Ship Selection

ARTICLE INFO

Article history:
Received 5 April 2024
Received in revised form 19 May 2024
Accepted 7 June 2024
Available online 29 June 2024

Keywords:
Ship Selection, MCDM, Life Cycle Analysis, System Engineering, Sustainable Naval Design

ABSTRACT

This study presents a systematic literature review on multi-criteria decision-making (MCDM) models implemented at different stages of the vessel life cycle from a systems engineering perspective. Special emphasis is placed on models applied in the design phase to select the best ship design or configuration based on criteria such as capabilities, effectiveness, and operational performance. For the selection of studies, the PRISMA methodology was used, reviewing 131 articles retrieved from Scopus and Web of Science, focusing on design, hierarchical configuration, and the evaluation of key attributes such as effectiveness, cost, and risk. These models enable the selection of optimal ship configurations and assess their impact on operational performance and environmental sustainability. The study concludes by highlighting the need to integrate multiple performance metrics (MOE, MOPs, TPMs, KPPs) to optimize ship design and operation. Additionally, it proposes a framework that facilitates the selection of more efficient and sustainable vessels aligned with environmental regulations.

1. Introduction

The acquisition of a vessel constitutes a strategic process that combines technical, financial, and legal analyses to ensure the project's operational and economic viability. This process includes identifying specific needs based on the intended operation, selecting according to capacities and routes, evaluating total costs (purchase, maintenance, and operation), complying with customs and registration regulations, and formalizing financing and purchase, integrating all these elements within a framework that ensures compliance with commercial and regulatory objectives [1].

* *Corresponding author.*
E-mail address: fischersz@sze.hu

https://doi.org/10.31181/dmame8120251181

By applying the systems engineering principles, a vessel is conceived as a complex system comprised of numerous interconnected components, each with a specific function, that enables maritime or riverine navigation and mission fulfillment [2]. Therefore, understanding it as an integrated system composed of interconnected subsystems makes life cycle planning crucial to ensure that operations proceed without disruptions.

Based on the above, implementing techniques that allow for an appropriate evaluation of a vessel's life cycle in the initial phases ensures optimal performance and resource efficiency, extending its service life while meeting its design objectives [3]. Morris and Pinto [4] mention that a significant portion of a system's total cost is defined in the early stages of its development. This underscores the challenge and importance of making strategic decisions from the initial phases of the project, as these decisions, primarily made during the planning and conceptual design stages, can have a long-term impact. In this sense, the initial stages offer a unique opportunity to maximize costs and reduce risks without affecting system performance.

- This document will analyze the application of multicriteria decision-making (MCDM) in the naval industry, focusing on the life cycle phases of vessels, examining aspects such as the configuration of hierarchical decomposition levels of a vessel (systems, subsystems, components, and consumables), measures of effectiveness (MOE), performance (MOP and TPM), and the MCDM methodologies or methods used for their selection. The primary objective is to establish a structure of technical, environmental, social, and regulatory criteria that allow for an evaluation, through the dimensions of effectiveness, cost, and risk, of how the life cycle analysis of a vessel can positively impact the environment. To achieve this, the following questions will be addressed:

- RQ1: According to the ESWBS applied to vessels, at what hierarchical decomposition levels have MCDM techniques been investigated?
- RQ2: At which stages of the vessel life cycle have studies on multicriteria decision-making focused?
- RQ3: What attributes or criteria are commonly considered in the multicriteria decision-making models applied to the selection, design, and operation of vessels?
- RQ4: What MCDM techniques have been used in the selection, design, optimization, and operation of vessels as Systems of Interest (SOI)?

The remainder of the document includes an initial literature review on defining the vessel life cycle, systems engineering, and multicriteria selection models in the theoretical background section. Subsequently, the methodology used for the literature review will be presented, followed by the results and their respective discussion, addressing the research questions raised, and presenting a framework for vessel selection through the exposition of currently considered general attributes. The document concludes with the limitations, future recommendations, and conclusions, highlighting the most important points of the research and the contributions made.

2. Theoretical Background

The complexity involved in vessel development requires a detailed analysis of the multiple systems, subsystems, components, and consumables that comprise and define it. Below, key theoretical concepts related to the subject of study will be presented.

2.1 Design and Lifecycle of Vessels

The design and development of technology must consider the interests of customers and target audiences. These interests are classified into four categories (perceived usefulness, effort expectancy, social influence, and facilitating conditions) according to the principles of the diffusion of innovations theory [5]. This implies that the design of products or services must take into account economic conditions, logistics, ergonomics, quality, safety, and image without neglecting the specific function of their purpose [6], as well as the inclusion of sustainability considerations related to the impact of their use on civil society and the environment [7].

The preferred design tool for considering these dimensions is lifecycle analysis. This analysis is defined as a methodology that enables quantifying and comprehensively evaluating the resources required in transformation processes throughout a product's supply and value chain [8]. Its application extends to assessing the offered products' capabilities, uses, and services.

In the naval industry, lifecycle analysis must be effectively integrated into developing and managing systems from their inception, ensuring the vessel's purpose and economic viability. Poor planning for integrating its systems can increase project risks, leading to higher costs or a reduced lifespan. Therefore, incorporating a lifecycle approach from the design phase facilitates technology management by considering the interests and needs of stakeholders throughout the different stages of the product's lifecycle [9, 10, 11].

Nevertheless, implementing lifecycle analysis presents challenges, requiring a comprehensive and detailed vision of the produced vessel. Despite advancements in the standardization of methods and processes, this complicates the selection of methodologies and frameworks for developing the analysis, given that each discipline and type of product incorporates its own evaluation criteria, creating a diverse range of highly complex alternatives [12].

Multiple authors describe and propose various lifecycle models for a product or system, typically considering five general phases: concept, development, production, utilization, and disposal [12]. The INCOSE manual [13] highlights that the selection of the lifecycle model should be based on the project's specific characteristics, such as size, complexity, associated risks, and time and budget constraints. The model proposed by NATO [14], presented in Figure 1, is commonly used to evaluate and analyze a vessel's lifecycle.

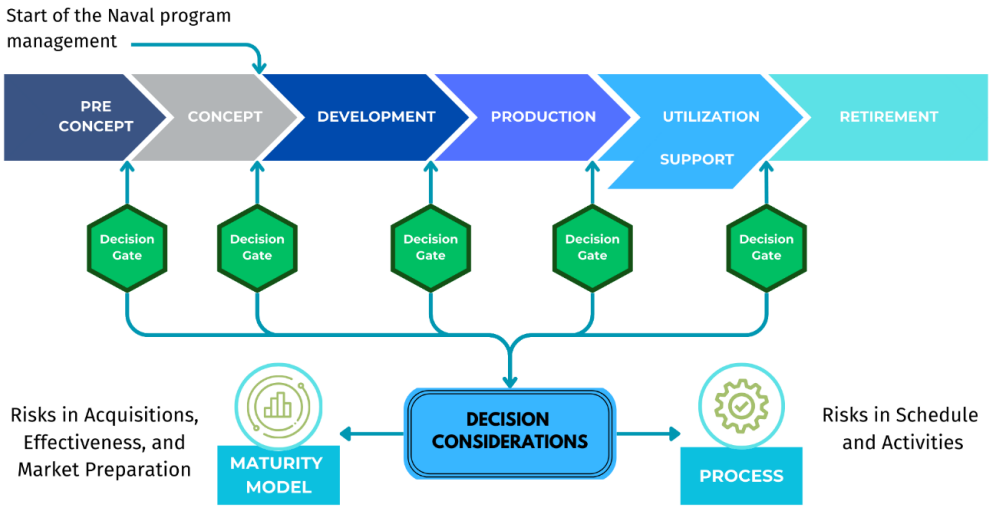


Figure 1. Lifecycle Model (Own elaboration based on NATO *[14]*)

The model presented in Figure 1 includes seven phases for lifecycle management:

- **Pre-concept:** Defined as the preliminary research phase, characterized by the identification and documentation of requirements, ensuring technological feasibility and availability in terms of cost and time.
- **Concept:** Characterized by the refinement and expansion of studies, experiments, and engineering models, establishing preliminary requirements and assessing the technical feasibility of the design.
- **Development:** In this phase, the proposed concept undergoes detailed engineering assessment, where both physical and virtual prototypes are created, tested, and certified, leading to the birth of new technology.
- **Production:** Once the design is certified, this phase marks the beginning of technological scaling, where the company or production system responsible for replicating the developed artifact is designed. This stage involves the design of support, production, and quality systems required for technology manufacturing.
- **Utilization and Support:** This phase is defined by the operational use of the technology, fulfilling the purpose of its design. Key activities in this phase include usage, maintenance, and logistical support for consumables, closely linked to technological support.
- **Disposal:** The purpose of this phase is to close the vessel's lifecycle by dismantling and decommissioning the artifact safely and efficiently. While this phase is often not included in lifecycle planning for many products, in the case of vessels, it may involve system upgrades or the repurposing of systems and components.

2.2 Systems Engineering and the Definition of a Vessel

The complexity of vessel design requires a more detailed perspective on the activities necessary for its manufacturing and operation. Systems Engineering (SE) provides a clear, detailed, and comprehensive perspective on the characteristics of a product throughout all phases and stages of its lifecycle [15]. The V-Model is the most widely recognized model for lifecycle analysis through the application of SE. This model follows a systematic approach, beginning with defining project objectives and continuing with the search for technical solutions that address the challenges posed in subsequent phases of the development and operational use of the naval project to meet these objectives [16]. This model is illustrated in Figure 2.

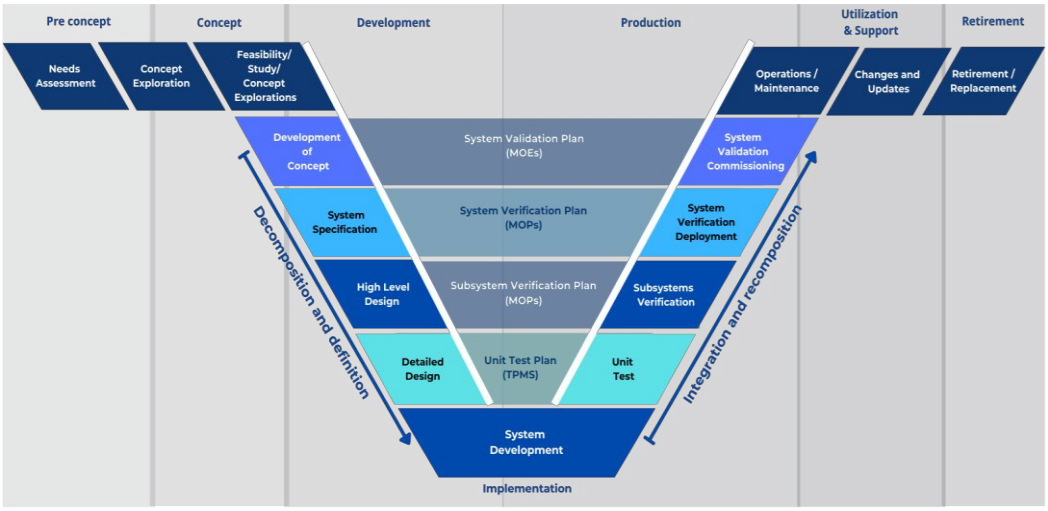


Figure 2. V-Model of Systems Engineering (Own elaboration based on Bottero and Gualeni [15])

The V-Model is recognized for its V-shape. Its analytical approach focuses on the development and production phases, detailing critical activities that must be examined to ensure the proper creation and scaling of the technology. According to the U.S. Department of Transportation [17], the model consists of two "wings" that divide the lifecycle phases under study.

The left-wing encompasses the pre-conceptual, conceptual, and development stages, whose purpose is to capture the voice of stakeholders, translating their interests into a set of requirements that will guide system development and the subsequent search for technical solutions until technological creation is achieved. The activities in this section are recognized as system decomposition and definition, divided into needs assessment, concept exploration, feasibility study, concept development, system specifications, high-level design, detailed design or engineering, and development while progressing through the initial lifecycle phases.

The right-wing of the model focuses on the joint evaluation of the created system and the design of the facilities that will enable technological scaling. These activities are identified as system integration and recomposition, encompassing unit testing, subsystem verification, system deployment verification, system validation, operation, maintenance, upgrades, and disposal, emphasizing the final lifecycle phases.

Technical solutions require clear and specific definitions from the concept to the development of the naval artifact. Therefore, literature related to vessel design and the application of systems engineering uses hierarchical metrics that define system capabilities from their most general concept to their most specific details, allowing for subsequent verification once configuration has been achieved through development [13].

According to Hootman [18] and Bottero and Gualeni [15], the hierarchical classification of metrics to be considered in the different design stages of a vessel includes four levels in addition to Key Performance Indicators (KPIs), whose general purpose is to measure activity progress [19]. According to [15, 20], these four metric levels, classified from the most general to the most specific, are:

- **Measures of Effectiveness (MOEs):** They determine the degree of effectiveness with which the technological artifact fulfills its primary mission, considering a specific set of conditions that may influence its performance and functionality.
- **Measures of Performance (MOPs):** Their objective is to describe the physical and functional characteristics of the system, considering the operating environment conditions (location, temperature, humidity, wind, pressure, fluid currents, atmospheric composition, etc.) and the interaction of the system with these conditions, ensuring the effective fulfillment of the established mission. MOPs are characterized by detailed qualitative descriptions of the required capability.
- **Technical Performance Measures (TPMs):** They aim to evaluate the level of compliance or degree of satisfaction achieved regarding the objective or technical goal established in the MOPs through physical dimensions or quantitative performance values. A MOP is a metric that can be described through multiple TPMs.
- **Key Performance Parameters (KPPs):** They intend to precisely determine the set of limit values or quantitative objectives the system of interest must meet within its TPMs to satisfy the defined goals.

Due to the vessel's complex composition, a precise definition of this system is necessary. According to the RAE [21], a vessel is a vehicle capable of navigating bodies of water with autonomous propulsion. In systems engineering, products and technology are decomposed into

simpler parts according to a hierarchical level configuration (SWBS), classified into different scales of subordination, facilitating project planning, resource allocation, and control during manufacturing.

In vessels, the Expanded Ship Work Breakdown Structure (ESWBS) classification system divides the main vessel systems into nine groups (000 to 800) [22, 23]. ESWBS provides a standardized structure that allows for the systematic and functional classification and organization of ship elements, facilitating the evaluation of data such as costs, weight, specifications, and system functionality, among others, throughout all lifecycle stages [22].

In compliance with MIL-STD-1388 [24], vessels (SOI) (Level 1) define the general mission objectives through the vessel's typology (for example, maritime transport, naval warfare, scientific exploration). Systems (Level 2) correspond to the primary functional areas (propulsion system, electrical system, and similar categories), which are grouped into the nine ESWBS categories. Subsystems (Level 3) break down the equipment that enables system operation (engines, propellers, and other key components). Components (Level 4) specify elements requiring regular maintenance or replacement (pistons, filters, and the like). Finally, parts, pieces, and consumables (Level 5) correspond to unitary elements with physical and chemical attributes associated with a single manufacturing material (such as color, odor, shape, texture, and other properties), which either form a component or are consumed during operations (gears, fabrics, fuel, coatings, among others). Thus, through the SWBS, vessels can be defined as systems composed of systems, subsystems, components, parts, and consumables, enabling a specific crew or cargo to navigate a body of water with autonomous propulsion capability [14].

As demonstrated and according to Kossiakoff et al. [25], as missions, system attributes, and technical requirements are established within different MOEs, MOPs, and TPMs, the system's technological capacity is also broken down, associating a specific function with each hierarchical decomposition level. This fact complicates the definition of a vessel's functions and the criteria for evaluating the SOI.

According to the previously defined metric classification, vessel typology establishes the specific MOE as the intended use of the naval vehicle (military, transport, cargo, research, rescue, support, tourism, leisure, and other applications). As the decomposition of the vessel concept continues within its system hierarchy, a series of physical attributes and qualitative levels of satisfaction are identified, allowing the determination of the MOPs and TPMs. Table 1 presents an updated definition of a vessel based on this metric hierarchy.

Table 1.
MOPs and TPMs of a Vessel (own elaboration based on Bottero and Gualeni [15])

Performance Measures (MOPs)	Technical Performance Measures (TPMs)
Buoyancy	- **Base Buoyancy**: Baseline draft, required draft during operation - **Reserve Buoyancy**: Changes in buoyancy due to damage, wear, or modifications - **Load Distribution**: Operational buoyancy under hydrodynamic conditions and submersion
Stability	- **Intact Stability:** Resistance to inclination under normal conditions - **Damage Stability**: Resistance to inclination in the presence of damage
Structural Strength	- **Global Structural Strength**: Structural resistance to loads from operational stress and climatic degradation - **Local Structural Strength**: Resistance under specific conditions
Power Generation	- **Propulsion Power Generation:** Power required to move the vessel at sustained and maximum speed

	- **Equipment Power Generation:** Electrical power generation for vessel subsystem operation - **Emergency Power Generation**: Power generation under degraded or emergency conditions
Control	- **Propulsion**: Ability to change the vessel's speed - **Steering**: Ease of handling and responsiveness in vessel maneuvering
Internal Communication	- **Internal Communication**: Information systems for controlling and directing internal operations
Navigation	- **Detection**: Ability to detect environmental changes and information from nearby vessels - **Route Planning**: Route establishment based on environmental conditions
Command and Control	- **Situation Assessment**: Interpretation of information received from the operational environment - **Support**: External monitoring and feedback on operations
External Communication	- **External Communication**: Managing and maintaining effective communication with external vehicles and buildings

2.3 The Decision-Making Process and Its Tools

According to Andrews and Erikstad [26], the conceptual phase is an iterative process that involves discussion, evaluation, and decision-making. A selection process is required from the problem definition stage and throughout the different lifecycle phases; the. This selection process is known as multi-criteria decision-making (MCDM), and its primary characteristic is finding an optimal balance between alternative configurations while ensuring compliance with different satisfaction criteria.

Processes involving MCDM represent a broad and well-researched field within operations research. Benjamin Franklin recognized that decision-making involves a comparative evaluation of divergent perspectives [27]. This highlights that decision-making is influenced by a diverse set of personal or organizational factors, which are assumed to be judgment criteria. However, for a long time, decision models were limited to a single-criterion perspective, which resulted in an oversimplification of problems with a multifaceted nature [27].

In the early stages of MCDM modeling, optimality conditions always aimed to maximize utility or minimize cost as the sole selection criterion [28]. Utilitarian methods, such as Multi-Attribute Utility Theory (MAUT), were developed based on the premise that the decision-maker acts in an entirely rational manner, expressing their preferences clearly by establishing preference or indifference relationships for each criterion, always choosing the option that provides the most significant economic benefit or utility [29].

With the evolution of these models, new theoretical approaches have emerged, shifting the focus from economic utility to decision-maker satisfaction [30]. Keen [31] states that in selection processes, satisfaction is prioritized, which is not necessarily linked to economic maximization. The recognition of satisfaction among technology adopters—whether in the form of products or services—aligns with the principles of innovation diffusion theory, which highlights various criteria that often surpass purely monetary considerations.

Decision-making processes employ different multi-criteria selection methods, including various structures and methodologies. These are classified into two categories based on the decision-makers objectives and the nature of the available information: Multi-objective decision-making (MODM) methods, characterized by mathematical programming models and metaheuristic algorithms, are typically used in problems involving continuous data; Multi-Attribute Decision-Making (MADM) methods are more suitable for evaluating discrete decision spaces where predefined alternatives exist [32, 33]. Figure 3 presents some decision-making methods classified

into MODM and MADM categories.



Figure 1. Classification of MCDM Methods (own elaboration based on Davila *[34]*)

The selection of decision-making models is not mutually exclusive, and as it depends on attributes, criteria, and variables, hybrid methodologies combining MODM and MADM models have been developed [35, 36]. It is important to highlight that selecting a decision-making method that effectively addresses the target problem requires a detailed case-specific analysis, meaning that the choice of a method is closely linked to the nature of the problem.

In the case of vessels, the complexity of these systems makes it impossible to define a complete set of requirements from the pre-conceptual and conceptual phases, turning the design process into an iterative, labor-intensive, and experimental task [37]. Vessels are characterized as systems that integrate multiple elements with diverse and intricate attributes and behaviors, influenced by different operating environments where the joint execution of the SOI must be optimized [38].

In this context, MCDM techniques are fundamental for addressing problems involving multiple, often conflicting attributes [39]. These techniques allow the evaluation of common design alternatives in vessel engineering, such as material selection, components, systems, subsystems, parts, route optimization, fuel management, regulatory compliance, and more [40]. They balance technical, economic, operational, and environmental factors, providing a structured, comprehensive, and transparent selection approach [41].

To this end, the Aerospace Studies Office [20] and the United States Air Force [13] established a selection methodology based on the Systems Engineering (SE) perspective, known as the Analysis of Alternatives (AoA). The primary goal of AoA is to provide an objective and structured foundation to facilitate decision-making in system acquisition processes, integrating attribute verification and MCDM techniques selection. AoA considers three key dimensions or types of criteria. The effectiveness criterion, fundamental to technological development, must align with hierarchical metrics (MOEs, MOPs, TPMs, KPPs) as objectives are defined and technical solutions are reached by integrating various available technologies associated with ESWBS levels. The cost criterion is a broad selection factor that involves assessing the economic feasibility of different lifecycle stages

about monetary variables such as acquisitions, investments, returns, operational and support costs, salaries, and other activities. Lastly, the risk criterion is associated with the probability of failure or planning difficulties and is categorized into technological, programmatic, and operational risks. Each of these criteria employs different assessment techniques and types of information, making MCDM techniques essential in the selection process to fulfill AoA objectives.

- **Identification of Viable Solutions:** Examine all available alternatives (both present and future) to determine which meet the identified operational needs.
- **Cost-Effectiveness Comparison:** Identify cost-efficient and effective solutions by combining effectiveness and lifecycle cost analysis.
- **Support for Strategic Decisions:** Provide reliable and well-founded information to support decision-making regarding system acquisitions.
- **Development of Operational Requirements:** Contribute to refining operational requirements, concepts of employment, and evaluation and testing frameworks for the selected alternatives.
- **Justification of Acquisitions:** Demonstrate the necessity and value of proposed solutions about political considerations (both internal and external), budgets, technological risks, and the broader social, political, and economic environment.

3 Methodology

The present study employs the PRISMA methodology due to its level of standardization and academic recognition. This methodology consists of a checklist for conducting systematic literature review studies. It compiles best practices for selecting and identifying relevant documents associated with a research topic of interest, subject to constant and continuous updating and review [42, 43]. According to its guidelines, it is necessary to clearly define the central research topic by establishing selection criteria, information sources, and a search strategy based on key concepts and keywords, allowing for an appropriate selection of documents [44].

According to Page et al. [44], the PRISMA methodology requires preliminary research on the topic of interest. Subsequently, a search is conducted to compile a sample of related documents. Once the sample is consolidated, relevant information is extracted and synthesized in accordance with the study's objectives and interests. Finally, the findings are analyzed, discussed, and concluded concerning the research objectives.

The comprehensive search process involves four key steps: identification, screening, eligibility, and inclusion, which facilitate the selection of the relevant document sample [45]. In line with the objectives of this research, during the review, extraction, and synthesis phase, documents will be classified and analyzed based on their sector of application, hierarchical breakdown structure, and lifecycle phase. Figure 4 summarizes the selection process used, following the chosen methodology.

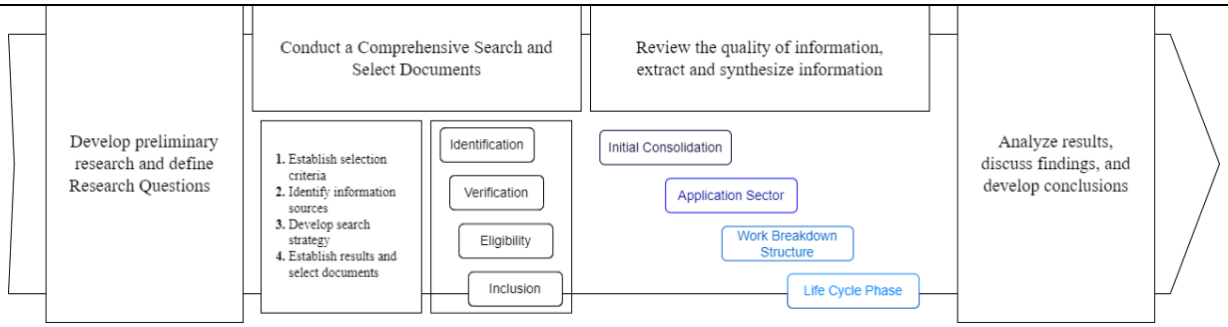


Figure 2. Simplified Steps of the PRISMA Methodology (Own elaboration based on Page et al. *[44]*)

3.1 Selection Criteria

Determining the selection criteria is essential to ensuring the organization, comprehension, quality, and transparency of information during the document selection process [46]. These criteria delineate the sample of documents to be studied and guide the research toward the topic of interest, reinforcing the validity and reliability of the information [47]. En la Table 2 se presentan los criterios de selección.

Table 2
Selection Criteria.

Criterion	Description
Relevance	The selected documents met one of the following criteria: a) Presented multi-criteria or multi-objective selection techniques for vessel design selection. b) Addressed the selection of specific systems for vessels using decision-making techniques. c) Presented decision-making methodologies for selecting naval components.
Document Type	The nature of the documents is strictly academic (Articles, Literature Reviews, Book Chapters, Conference Papers).
Time Coverage	No time restrictions were established in the document search.
Language	Only documents in English and Spanish were included.
Accessibility	Only open-access publications were included, allowing other researchers to verify the results of this study.

The relevance criterion establishes a direct relationship between the selected documents and the research objective. Regarding the time coverage, no specific period was imposed due to the limited number of documents obtained after information classification, thorough record review, and eliminating duplicate documents. This approach provides a comprehensive perspective on the historical evolution of the application of selection methodologies and techniques within this thematic area.

3.2 Information Sources

Currently, numerous search engines and websites are available for academic research and inquiries. This study used databases Scopus and Web of Science (WoS) as information sources. According to Chadegani et al. [48], these two platforms possess characteristics that make them indispensable for this type of analysis. Below are some of their key features:

- The documents indexed in both search engines are academic and undergo peer review, ensuring the credibility and reliability of the results.
- Both search engines are continuously updated, ensuring the available information is always current and accurate.
- Both platforms allow for detailed information analysis through various academic metrics, such as authors, citations, impact indices, keyword rankings, and concepts. Additionally, their web design and accessibility facilitate research activities.
- Both platforms offer methods for easily extracting information, allowing results to be examined in greater depth using compatible software tools.

3.3. Search Strategy

Formulating the search equations used to identify this research's key concepts established two main groups of keywords. The first group comprises terms related to the naval industry, while the second encompasses concepts associated with multi-criteria decision-making.

The Boolean operator "OR" was used within each group to structure the search equations to include as many relevant documents as possible within each thematic area. Then, terms from different groups were combined using the Boolean operator "AND," allowing the identification of documents that simultaneously address both research areas. Table 3 presents the search expressions used, reflecting the strategy designed to cover the relevant literature to meet the objectives of this study.

Table 3
Search expressions for document sample selection

Group	Search Expression
Naval Industry	"Naval industry" OR "Shipbuilding" OR "Shipbuilding Industry" OR "Shipyard" OR "Shipyards" OR "Ships" OR "Ship" OR "Boats" OR "Boat" OR "Vessels" OR "Vessel" OR "Naval Vessels" OR "Fluvial" OR "Maritime" OR "Watercraft" OR "Small craft" OR "Yatch" OR "Sailing" OR "Pushboat" OR "Barge" OR "Ferry" OR "Riverboat" OR "Naval"
MCDM	“Multi-criteria Decision Making" OR "MCDM" OR "Multi-Criteria Decision Analysis" OR "MADM" OR "multi criteria decision making method" OR "AOA" OR "Analysis of Alternatives"

Since search engines allow expressions in specific search fields, each expression shown in Table 3 was entered into an independent search field using the abstract, title, and keyword options. These were then linked using the Boolean operator "AND" to gain greater control over the results, facilitate search adjustments, and prevent the search engine from misinterpreting the relationships between terms.

Table *3*

3.4 Selection Process

Once the initial research results were obtained, accessibility criteria, document type, and language were applied using the search engines' filtering tools. This process allowed the identification of two sets of documents (one from each search engine), which were extracted as BibTeX format files. The metadata associated with these samples was cleaned and consolidated by removing duplicate documents using RStudio software (R version 4.4.2).

The information was organized and analyzed in a matrix using Microsoft Excel following the methodological guidelines. At this stage, titles, abstracts, and keywords were reviewed to eliminate irrelevant or unrelated documents. Subsequently, an in-depth review of the selected records was

performed, classifying them according to their application sector, hierarchical breakdown structure, and lifecycle phase, thereby addressing the research questions posed.

4. Results and Discussion

Based on the results obtained from searches conducted in the Scopus and Web of Science databases, a document repository was compiled, consisting of 1,296 records. During the review of titles, abstracts, and keywords within this repository, 395 studies related to the naval industry were identified. Subsequently, documents associated with ports, shipyards, or vessels were classified, allowing for the identification of 219 documents within the sample that focused exclusively on vessels.

Following the theoretical background outlined in the previous section, the records were classified according to hierarchical review levels, the lifecycle phases considered in the study, the evaluation dimensions, and the MCDM techniques applied. This classification process reduced the sample to 131 general documents and 42 related explicitly to studying vessels as Systems of Interest (SOI). The details of the classification and selection process are presented in Figure 5.

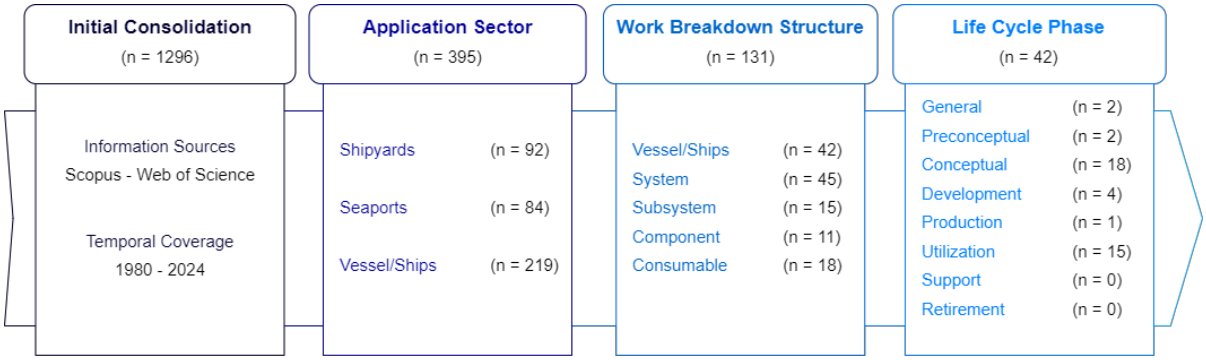


Figure 3. Sample selection process.

The limited number of studies applying multicriteria decision-making techniques to vessels as SOI raises questions about the relevance of this research topic. Figure 6 presents the number of documents published annually during the analyzed period, highlighting that it is not yet possible to determine whether this is an emerging field or one with stable academic production. Consequently, decision-making processes in vessels such as SOI constitute a research area in its early stages.

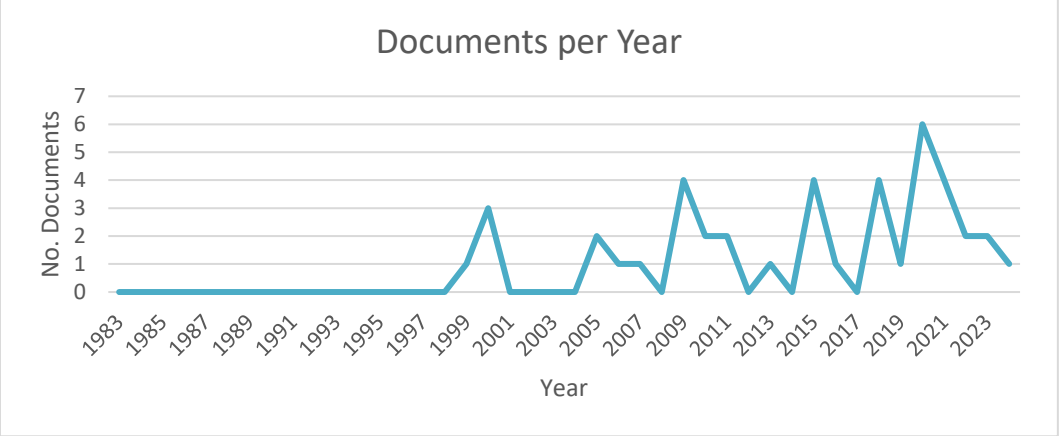


Figure 6. Annual document production.

The following section presents the responses to the research questions posed based on the analysis of the selected sample:

RQ1: According to the ESWBS applied to vessels, at what hierarchical decomposition levels have MCDM techniques been investigated?

As one moves down the ESWBS hierarchy, it becomes crucial to select appropriate technological alternatives to ensure compliance with technical requirements in vessels. The application of MCDM techniques for this purpose is essential, as verifying the compatibility of attributes and characteristics between systems is necessary to function the assembled product properly [25]. Figure 7 illustrates the distribution of studies according to the five ESWBS classification levels described in previous sections.

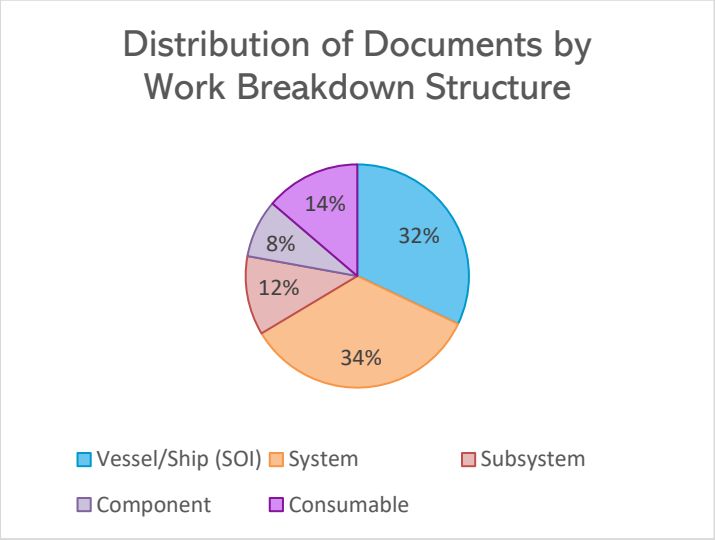


Figure 7. Distribution of documents according to hierarchical decomposition levels in vessels

As shown in Figure 5 and Figure 7, documents focusing on the complete analysis of vessels as the System of Interest (SOI) account for 32% of the target sample, totaling 42 documents. MCDM models are more commonly used to analyze alternative selection for vessel systems, as evidenced by 45 identified documents (34% of the sample). However, these systems can be classified under ESWBS and associated with different technologies. The document reviews identified studies related to the hull structural system (Group 100), propulsion systems (Group 200), electrical generation systems (Group 300), navigation systems (Group 400), and auxiliary systems (Group 500).

As the analysis delves deeper into the technological subordination scales, documents focused on subsystems and components representing 12% and 8% of the reviewed samples. In these documents, a shift in the SOI is notable, where the performance of the immediately higher system category—such as the hull, engine, heating, ventilation, and others—is evaluated. The application of different MCDM techniques at the hierarchical breakdown levels corresponding to subsystems and components allows for analyzing the efficiency or effectiveness of the system by employing different alternative configurations within these categories, as observed in Bui and Perera [49], Balin et al. [50], and Matulja et al. [51].

Regarding consumables, such as coatings, paints, or fuels, the reviewed documents focus on the decision-making process, primarily guided by the emissions generated by their consumption or degradation [52]. In this regard, 18 related documents were identified at this hierarchical level,

representing 14% of the study sample. On the other hand, although parts and components belong to this final level, this study excluded an in-depth review of documents associated with these elements. This decision was made due to excessive disaggregation, which goes beyond the scope of this research, and the absence of MCDM techniques applied in the identified cases.

RQ2: At which stages of the vessel life cycle have studies on multicriteria decision-making focused?

Decision-making based on lifecycle phases is an essential and fundamental process for assessing a given technology's current and future impacts. This activity must be carried out from the earliest stages of the project, such as the concept and design phases, as well as in selecting alternatives or resolving specific operational problems [12]. Figure 8 presents the distribution of documents according to lifecycle phases associated with the design and selection of vessels.

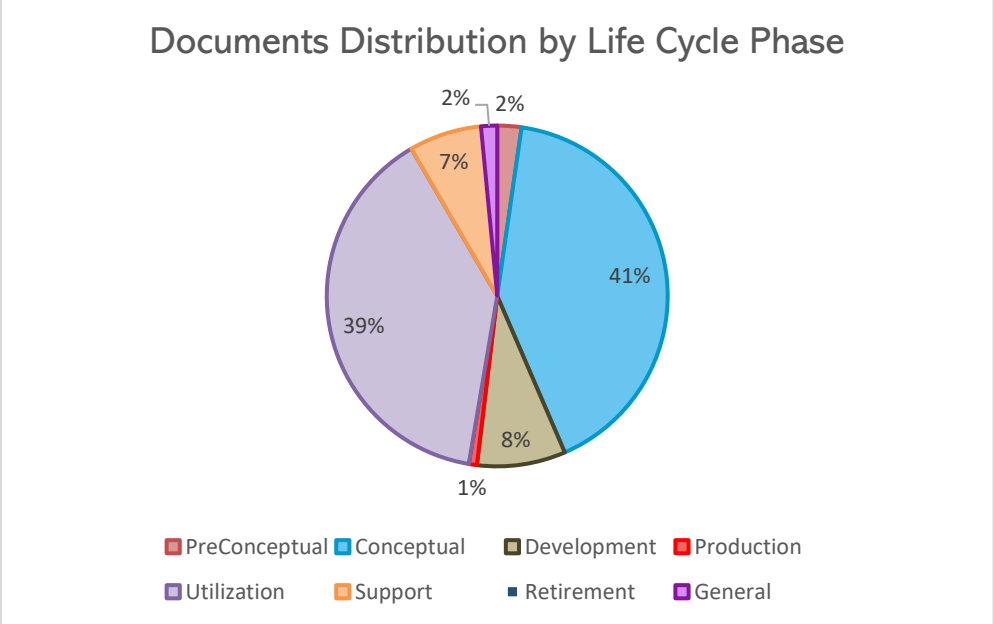


Figure 8. Decision-making documents by lifecycle phase

Figure 8 shows that the most studied lifecycle stages are the conceptual stage, with 54 documents (41% of the analyzed sample), and the utilization stage, with 51 documents (39% of the analyzed sample). This finding suggests that studies tend to focus on the development or application of MCDM (Multi-Criteria Decision Making) in pre-acquisition technological decisions and on the use of vessel SOIs (Systems of Interest) to support operational decisions and explore their capabilities in various situations and environments.

As observed in the V-model of Systems Engineering (SE) in Figure 2, the development and support phases are closely related to the conceptual and utilization stages, respectively. In the conceptual design stage, evaluating alternatives is crucial in transitioning from concept to detailed engineering. In the utilization stage, elements associated with support engineering are also studied as they assist the vessel's operation. For this reason, a significant proportion of studies can be observed: 11 documents in the development phase (8%) and nine in the support phase (7%).

This relationship between model phases and lifecycle stages allows for identifying the most relevant areas of study in the decision-making process concerning the various technologies that can be integrated into vessels. In this context, by focusing the review on decision-making related to vessels considered SOIs, priority was given to studies emphasizing the acquisition or design of the

entire vessel, aiming to understand the extent to which MCDM contributes to supporting strategic and operational decisions across the different aspects involved in a vessel's lifecycle, from design to final disposition. Figure 9 illustrates the distribution of studies categorized by lifecycle phase.

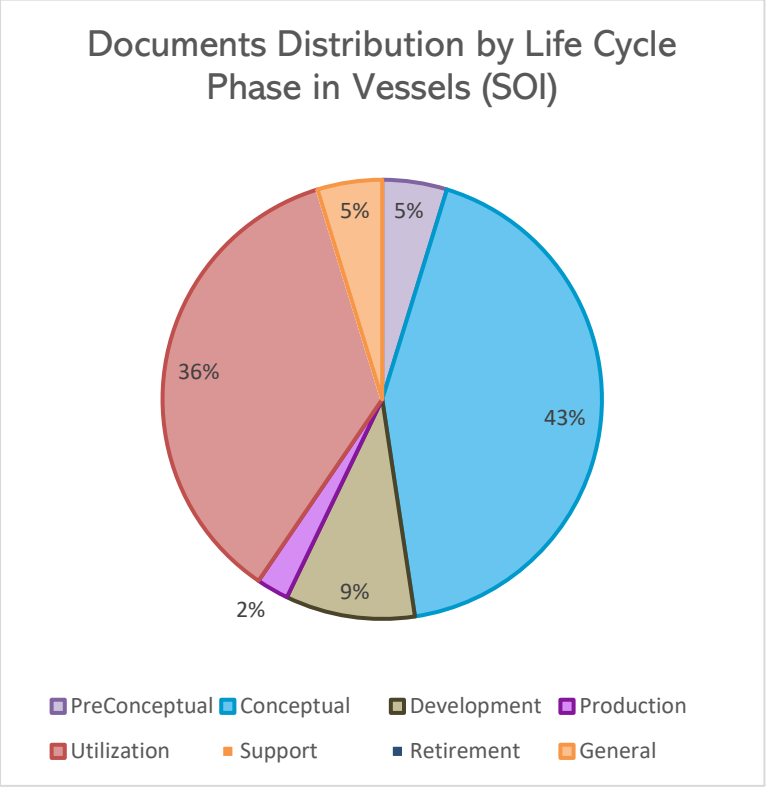


Figure 9. Distribution of documents by vessel lifecycle phase

On the other hand, Figure 9 shows that the conceptual and utilization phases continue to be of great interest in literature, with a sample proportion of 43% and 36%, respectively. The conceptual and development phases maintain a similar proportion of studies to those shown in Figure 8, which could be attributed to their linkage with the support of concept development and detailed engineering in vessels.

A noteworthy finding is the scarcity of studies associated with the support phase. This may be due to the lack of detailed support-related information in the early planning stages. As more information becomes available, support activities are often linked to the vessel's external infrastructure, such as services provided at ports and shipyards [53], the study of lower hierarchical breakdown levels such as specific systems or subsystems [54, 55, 56], failure evaluation in operation associated with risk, or maintenance scheduling [57, 58, 59].

Another relevant result shown in Figures 8 and 9 is the presence of studies that broadly evaluate the vessel lifecycle. This evaluation does not focus on analyzing the capabilities of these systems but instead on the comprehensive assessment of costs associated with concept, development, production, usage, support, and disposal [60, 61]. This type of analysis exceeds the objectives of this research, as it does not represent an evaluation of technical effectiveness.

RQ3: What attributes or criteria are commonly considered in the multicriteria decision-making models applied to the selection, design, and operation of vessels?

Although the models and case studies observed in the selected document sample use selection

criteria for classifying vessels and, more broadly, technology based on preferences, the sets of characteristics observed in the selection process are defined as attributes. Attributes are sets of alternative parameters that describe characteristics, qualities, and performances that have not yet been subjected to a rigorous classification and ranking evaluation [62]. ased on this definition, the various criteria observed will be presented as comparative attributes.

As presented in previous sections, within the SE V-model, when defining MOEs and MOPs and as the requirements for technical feasibility are detailed in alignment with the product's proposed objectives, TPMs are established. Their purpose is to fulfill the KPPs as precise measures of system capabilities (see Figure 2). Table 4 classifies the attributes associated with TPM measurement, as identified in the literature review sample, according to the MOPs outlined in Table 1.

Table 4.
Attributes and Metrics for Vessel Selection

Characteristic (MOPs)	Selection attributes identified (TPMs)	Reference
Buoyancy	Draft of vessel	[35] [63] [64] [65] [66] [67] [68] [69] [70] [71] [72] [73] [74] [40]
	Gross Tonnage	[63] [65] [67] [69]
	Load Capacity	[63] [65] [66] [75] [76] [77] [78] [79]
	Depth	[35] [74]
	Dead weight	[67] [73] [80] [81]
	Crew Accommodation Capacity	[74] [82]
	Propeller immersion	[78]
	Load limit	[79]
	Width (Sleeve)	[35] [65] [66] [67] [68] [69] [70] [71] [72] [73] [82]
	Overall length (Length)	[35] [67] [68] [69] [74] [40] [81] [82] [83]
	Stacking length	[68]
	Longitudinal prismatic coefficient	[68]
	Maximum sectional area coefficient	[68]
	Vertical prismatic coefficient	[68]
	Strut	[69]
	Medium Draft	[78]
	Trimming	[78]
	Metal frame mass	[73] [78] [84] [85] [86]
	Length of perpendiculars	[73] [81]
	Length between perpendiculars	[65] [66] [81]
	Height of perpendiculars	[81]
	Number of perpendiculars	[81]
	Length of pillars	[81]
	Height of pillars	[81]
	Number of pillars	[81]
	Hull shape	[83] [87]
	Weight of operating equipment	[85]
	Hull health management	[88]
	Height	[66] [82] [81]
Stability	Length of perpendiculars	[73] [81]
	Height of perpendiculars	[81]
	Number of perpendiculars	[81]
	Length of pillars	[81]
	Height of pillars	[81]
	Number of pillars	[81]
	Conditions of ballast tanks	[67]

	Work capacity	[79]
	Work area on the roof and distribution	[74] [80] [83] [87]
	Distribution and towing equipment and cargo handling	[87]
	Cargo handling	[63] [70] [71] [72]
	Cargo Volume	[65] [73] [85]
	Trimming	[78]
	Available deck space	[87]
	Cargo Space	[73]
	Stability at sea	[87]
	Ballast systems	[63] [67]
	Boat breaks	[81]
Structural resistance	Double bottom height	[69]
	Width of double side	[69]
	Side hull plating thickness	[70] [71] [72]
	Thickness of plating on the outer or lower hull	[63] [70] [71] [72]
	Length of perpendiculars	[73] [81]
	Height of perpendiculars	[81]
	Number of perpendiculars	[81]
	Length of pillars	[81]
	Height of pillars	[81]
	Number of pillars	[81]
	Year of Construction	[65] [67]
	Age of boat	[70] [71] [72]
	Lifespan of a vessel	[89]
	Optimum and maximum bending moment	[66] [81]
	Hull Shape	[87]
	Vibration resistance	[77]
	Maintainability	[77] [78] [79] [87] [88]
	Hull health management	[88]
	Average structural wear in life cycle	[61]
Power Generation	Speed	[35] [64] [67] [73] [74] [40] [77] [80] [87] [89]
	Transit speed	[68] [82]
	Speed of resistance	[68] [74] [82] [89]
	Sprint speed	[68] [82]
	Blocking coefficient	[35] [66] [73]
	Engine power	[65] [67] [73]
	Propulsion power	[76] [82] [90]
	Fuel consumption	[68] [70] [72] [75] [76]
	Fuel Resistance	[82] [39]
	Energy consumption	[67]
	Type of propulsion	[76]
	Energy storage capacity	[87]
	Traction power	[87]
	Propeller health management	[88]
	Energy system management	[88] [91]
	Propulsion system management	[88] [91]
	Electric power generation capacity	[63] [80]
	Electrical system performance	[80]
Control	Crew	[65]
	Displacement	[66] [74] [82]
	Maneuverability	[64] [40] [75] [77] [87]
	Blocking coefficient	[35] [66] [69]
	Maximum speed	[65] [67] [68] [82] [87]
	Propeller health management	[88]
	Speed optimization	[88]

	Autopilot	[88]
	Propulsion system reliability	[63] [70] [71] [72]
	Center of mass	[80]
Internal Communication	Onboard information systems	[80] [92]
Navigation	Traffic conditions	[40]
	Types of encounter	[40]
	Environmental conditions	[40]
	Hours of operation	[40]
	Navigation area type	[40]
	Navigation status	[64]
	Operation time	[64] [76] [39]
	Time of resistance	[39]
	Level of replenishment at sea	[82]
	Operating range	[64] [68]
	Localization Capability	[64]
	Effective Observationobservation	[64] [40]
	Travel Timetime	[76]
	SeaworthinessNavigability	[75]
	Autonomy	[82] [39]
	Support Stationsstations	[75] [91]
	Radius of Action Radius	[89] [39]
	Operational EnvironmentWork environment	[87]
Command and Control	Navigator's Experience	[40]
	Crew Experience	[64]
	Interoperability level	[82]
External Communication	Radar Sweeping and Action Capability	[82]
	Tactical Diameter	[68]
	Communications Range	[82]
	Radar Type	[82]
	UAV available on the vessel	[82]

The selection of these attributes can become more complex due to the interaction between different subsystems and structures that define the vessel's physical characteristics. This is evident when a single attribute influences multiple MOP categories. For example, structural elements such as the dimension and arrangement of pillars and perpendiculars simultaneously affect buoyancy, stability, and structural resistance [63, 65, 40, 78]. Similarly, power control and generation are influenced by the vessel's dimensions, geometries, and generation systems, all of which must be considered for propulsion and maneuverability [35, 40]. Beyond physical characteristics, other fundamental aspects related to support and operation must also be considered. For instance, a vessel's command and control capabilities are determined by the communicative and detection capacities of information systems and by the roles assigned to the crew, as noted by Fiskin [40] and Morris, Cook, and Cannon [82]. Additionally, external factors exert a significant influence on vessel selection, where attributes such as traffic conditions, operating environment, schedules and operational times, location, travel time, and the availability of support infrastructure within the geographical space are recognized as factors impacting navigation and vessel purpose [40, 93, 94].

In addition to technical and operational performance characteristics, economic, environmental, and social dimensions must also be considered in the vessel selection process [18, 20, 95]. Table 5 presents the selection attributes identified in the reviewed document sample associated with these analysis dimensions.

Table 5

Attributes and Metrics for Vessel Selection

Dimensions	Attributes	References
Economic	Crew Salary	[63] [70] [71] [72] [77] [82] [96]
	Purchase Price	[65] [67] [87]
	Fuel Cost	[40] [76] [84] [86] [90]
	Vessel Cost	[35] [69] [73] [74] [81] [89]
	Transportation Cost	[35]
	Annual Cargo	[35]
	EBITDA	[60]
	Crew	[65] [77]
	Fuel Consumption	[65] [67] [70] [71] [72] [40] [78] [84] [86] [90]
	Consumables Cost	[70] [71] [72] [77]
	Operational Expenses	[77]
	Operation and Maintenance Cost	[65] [76] [78] [82] [84] [86] [87] [89] [39] [92] [97] [60]
	Manufacturing Cost	[36] [73] [78] [84] [92]
	Recycling and Other Costs	[92]
	Construction Cost	[60] [73] [75] [76] [86] [39]
	Acquisition Cost	[74] [80] [89] [61] [39]
	Final Disposal, Dismantling, or Scrapping Cost	[84] [86] [39]
	Modernization Cost	[39]
	Net Present Value (NPV)	[75] [77] [78] [60]
	Capital Expenditure (CapEx)	[77] [60]
	Internal Rate of Return (IRR)	[77] [78] [89]
	Modified Internal Rate of Return (MIRR)	[77]
	Average Freight Rate	[75] [60]
	Return on Investment (ROI)	[67] [77] [60]
	Operational Efficiency	[36]
	Circulation Benefit	[36]
	Financing Possibility	[87]
	Useful Life Subsidies	[80]
	Reduction of Labor and Human Work	[80]
	Overall Life Cycle Cost	[78] [80] [82] [84] [86] [61] [39]
	Supply Cost	[82]
	Insurance Service Cost	[77]
	Productivity	[77]
	Revenue	[84] [86]
	Investment Payback Period	[77]
Environmental	Decommissioning and Recycling	[92]
	Manufacturing	[92]
	Operation	[92] [98]
	Atmospheric Noise	[77] [92]
	Underwater Noise	[77] [90]
	Fuel Type	[75]
	CO2 Emissions	[75] [76] [77] [90]
	NOx y SOx Emissions	[70] [71] [72] [77] [60] [97]
	Life Cycle Equivalent Emissions	[77]
	Environmental Attributes	[36]
	Energy Attributes	[36]
	Resource Attributes	[36]
	Manufacturing Technology	[36]
	Operation Technology	[36]
	Recycling Technology	[36]
	Energy Efficiency Design Index (EEDI)	[60]
	Solid Waste Emission	[98]
	Sewage Emission	[98]

	Pollution from Anti-Fouling Paints	[98]
	Combustion Oils and Bilge Water	[98]
	Ballast Water	[98]
	Fuel Management	[88]
Social	Vessel Environment and Hygiene	[92] [96]
	Comfort and Convenience	[92]
	Service Level and Compliance	[92]
	Recorded Incidents and Accidents	[75]
	Habitability Autonomy	[39]
	Legal Compliance Level	[78] [82] [96] [97]
	Support From Local Businesses	[97]
	Availability of Skilled Personnel	[97]
	Support and Usage Infrastructure	[91] [97]
	Community Awareness and Recognition	[97]
	Company Reliability	[96] [97]
	Promotion System	[96]
	Business Continuity	[96]
	Occupational Health and Safety Conditions	[77] [96] [97]
	Work Schedules	[96]
Risk	Delivery Time	[63] [87]
	Construction and Vessel Delivery Schedule	[61] [39]
	Intact Cargo Delivery	[63]
	Safety Measures	[77] [92]
	Safety Equipment	[92]
	Training and Prevention of Incidents and Accidents	[92] [97]
	Fire Protection	[75] [77]
	Probability of Loss	[67] [89]
	Availability of Auxiliary Vessels	[82]
	Expected and Acceptable Average Spill Flow	[66] [77] [78]
	Damage Survival	[77] [80]
	Energy System Management	[88]
	Management of Propeller Condition, Propulsion System, and Hull	[88]
	Local and Global Safety Measures	[81] [84] [86] [88]
	Uncertainty and Technological Maturity	[36] [74] [77] [97]
	System Failure Rate	[61]
	Searchability	[77]
Others	Vessel Type	[63] [64] [40] [89]
	Existence of Specific Operational Equipment	[67] [76] [91]
	Capacity of Specific Operational Equipment	[66] [67] [83] [85] [87] [91]

As previously shown, the Analysis of Alternatives (AoA) methodology [20] considers evaluation models based on effectiveness, cost, and risk. Therefore, an in-depth examination of these attributes requires an exclusive analysis of the risk and cost dimensions. Although the focus of this study is limited to the application of Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methodologies in assessing the technical and operational effectiveness of vessels, it is essential to consider which attributes belong to these dimensions to ensure a comprehensive diagnosis of the selection characteristics and the application of the models.

When analyzing these dimensions in greater depth, it becomes evident that the economic dimension encompasses three study approaches: cost and expense reduction across different lifecycle stages [35, 78, 80, 39], increased profitability or productivity [77, 84, 86]; and investment risk assessment using ROI, IRR, NPV, or CapEx [60, 75, 77, 78, 89]. Meanwhile, the risk dimension includes time-related risks associated with vessel manufacturing and naval project execution [61, 63, 87, 39], operational risks related to occupational safety, accident prevention, and action plans

[81] [84] [86] [88] [92] [97], and technology readiness and maturity risks [36] [74] [77] [97]. Evaluations in this dimension seek to ensure stakeholder confidence, guaranteeing economic savings and the proper fulfillment of objectives in the short and medium term.

The social and environmental dimensions are considered in sustainability. The social dimension includes attributes associated with employment health and safety, service reliability and compliance for the target population, and sociocultural impacts on external stakeholders involved in the use and operation of the vessel [39, 94, 96]. These attributes are primarily related to workplace conditions and labor guarantees, ensuring workers' health and safety in vessel-related activities. Additionally, they involve the alignment between vessel acquisition and the operational region's needs, recognizing the target population's interests and improving regional well-being. This, in turn, supports long-term activity continuity through technology transfer [99].

Regarding the environmental dimension, vessel selection can consider impacts associated with operation, manufacturing, and decommissioning, ensuring compliance with environmental regulations [95]. Identified attributes in this area include pollutant emissions, ecosystem disruption, and resource efficiency [36] [75] [77] [92] [98]. However, there is limited depth in the analysis of vessel decommissioning, particularly regarding micro-level circular economy indicators, such as lifespan extension, design for disassembly, and waste management, which could be incorporated from the concept and design phases [100]. These factors are important for economic valuation, planning activities, and reducing environmental impacts.

Finally, a unique typology of attributes, categorized as "Other," is identified. This category focuses on the vessel's mission and operational purpose, which may include military, coast guard, medical, tourism, or recreational functions, among others, defined based on Measures of Effectiveness (MOEs) from the early design stages of the naval project [15]. It is important to emphasize that the vessel typology determines the target Key Performance Parameters (KPPs), which can vary significantly, influencing system interactions and the desired attribute values.

RQ4: What MCDM techniques have been used in the selection, design, optimization, and operation of vessels as Systems of Interest (SOI)?

Since one of the objectives of this study is to analyze the techniques and methodologies applied in the selection, design, optimization, and operation of vessels, the following section presents the MCDM techniques identified in the study sample.

Table 6
Documents Based on MCDM in Vessels

Reference	Application	Classification	Technique	Approach
[60]	Indicators to improve the design of vessel fuel loading	MODM	BoD	Effectiveness-Cost
[61]	Life cycle management of modular vessels with test system	MODM	LCC	Effectiveness-Cost
[69]	Multi-Criteria Optimization Applied to Preliminary Vessel Design	MODM	Pareto Tanker Genetic Algorithm (PATANGA)	Effectiveness-Cost
[84]	Multi-level decision support methodology for	MODM	SLP, MOPSO, LCC	Effectiveness-Cost

	the structural design of ROPAX vessels			
[85] [78]	Optimization of oil flow and cargo capacity in an AFRAMAX vessel design	MODM	Multi-Objective Genetic Algorithm (MOGA)	Effectiveness-Risk
[74]	Conceptual Exploration of DDGXDDG51	MODM	Multi-Objective Genetic Algorithms (MOGA)	Effectiveness-Cost-Risk
[40]	Determining the domain size of a vessel	MADM	AHP FUZZY	Effectiveness-Risk
[92]	Ferry design evaluation	MADM	AHP FUZZY	Effectiveness-Cost
[88]	Measurement of operational energy efficiency of vessels	MADM	AHP FUZZY	Effectiveness
[96]	Selection of the ideal vessel for offshore watch officers	MADM	AHP FUZZY	Effectiveness
[39]	Selection of war vessels	MADM	AHP	Effectiveness-Cost
[101]	Risk assessment in naval projects	MADM	AHP	Effectiveness-Risk
[90]	Selection of vessel parking methods to reduce environmental impacts	MADM	TOPSIS	Effectiveness-Cost
[64]	Selection of maritime search and rescue units	MADM	PROMETHEE II FUZZY	Effectiveness-Risk
[75]	Selection of new gas carrier vessels	MADM	EVAMIX	Effectiveness-Cost
[67]	Selection of bulk carrier vessels	MADM	TOPSIS FUZZY	Effectiveness-Cost
[71]	Vessel selection in uncertain environments	MADM	TOPSIS FUZZY	Effectiveness-Risk
[98]	Marine pollution caused by vessel operations	MADM	DEMATEL	Effectiveness-Risk
[72]	Uncertainty and multiple criteria in vessel selection	MADM	Evidential Reasoning (ER)	Effectiveness-Cost
[63]	Evaluation of second-hand liquefied natural gas (LNG) vessels	COMBINED	Delphi and Additive Relative Assessment (ARAS)	Effectiveness-Cost
[35]	Multi-Objective Design Optimization of Cargo Vessels	COMBINED	NSGA-II - WSM - MADM - Control Function	Effectiveness-Cost
[65]	Selection of suitable second-hand chemical tanker vessels	COMBINED	TOPSIS – WASPAS FUZZY	Effectiveness-Cost
[66]	Selection of internal distribution designs for vessels	COMBINED	Shannon Entropy and Monte Carlo Simulations	Effectiveness-Cost
[36]	Evaluation of the Green Degree of Vessels	COMBINED	ENTROPIA FUZZY – TOPSIS FUZZY	Effectiveness-Cost
[87]	Evaluation and selection of a suitable tugboat	COMBINED	ENTROPIA FUZZY-TOPSIS FUZZY	Effectiveness-Cost-Risk
[76]	Configuration of barges in pushed convoys in the Amazon	COMBINED	AHP - DEMATEL – ELECTRE	Effectiveness-Cost

[97]	Compliance of vessels with Regulation 14 of Annex VI of MARPOL	COMBINED	AHP - AHP FUZZY – TOPSIS	Effectiveness-Cost
[79]	Optimization of subdivisions in Ro-Ro vessels	COMBINED	MOGA-FRONTIER (PODAs)-(FMAGDM)-TOPSIS	Effectiveness

PI4.1 Methodological Background of Selection Techniques

The methodological selection standard proposed by the AoA establishes a decision-making framework for vessels. According to the studied sample, this design methodology was addressed by Raber and Perin [80], McWhite [83], and Chewning & Moretto [91] in the design application of U.S. Navy aircraft carriers under the CVX program. This program aimed to replace, modernize, and improve the efficiency of Navy aircraft carriers by comparing and evaluating various technical characteristics. The expanded ESWBS structure was introduced, enabling a detailed analysis of the ship's systems and components. Similarly, Rains [89] applied the AoA methodology to assess the effectiveness of different naval fleet compositions in fulfilling missions based on costs and capabilities, focusing primarily on optimizing the design and structure of naval forces while considering budget constraints and future operational requirements.

However, while the AoA methodology classifies decision-making criteria into three major analytical segments, most documents adopt a more straightforward approach, selecting specific criteria for the problem of interest without developing a complex dimensional analysis. In the design and selection process, during the conceptual and pre-conceptual phases, Zanic et al. [86], Sulligoi et al. [68], and Zanic & Cudina [73] developed a general selection strategy based on optimizing key relationships between technical attributes to reduce costs and risks while maintaining the project's technical effectiveness.

The approach proposed by these authors suggests that the process should begin with a design description and the establishment of variables, aiming to model technical characteristics using computational design tools such as MAESTRO, OCTOPUS, and DeMak. This stage involves identifying optimization objectives and the mathematical relationships between attributes to be optimized, considering a set of constraints related to safety, effectiveness, and cost. It has been identified that this problem definition phase utilizes the finite element method (FEM), which aims to reduce the mathematical complexity of integrating different effectiveness measures in the SOI configuration and to establish a three-dimensional model that enables the visualization of relationships in the vessel's preliminary design [81] [78]. Subsequently, the application of MCDM techniques diverges in this process. First, mathematical relationships are optimized using MODM techniques, identifying solutions that form a Pareto frontier ensuring compliance with threshold values in the three dimensions of analysis. The identified solutions are then classified using MADM techniques based on the objectives and requirements of clients or decision-makers. Finally, the models conclude with an evaluation of the experimental design, which examines the sensitivity of the solution to variations in the criteria assessments and its robustness and reliability.

PI4.2 Use of MODM Techniques in Vessel Selection

The MODM techniques identified for the development of optimizations of mathematical objective relationships consider the application of heuristics such as Multi-Objective Genetic Algorithms (MOGA), Sequential Linear Programming (SLP), Monte Carlo Simulations, Multi-Objective Particle Swarm Optimization (MOPSO), and Benefit of the Doubt (BoD).

The most widely used optimization techniques were MOGAs and their variations. MOGAs are inspired by natural evolution and are designed to solve problems with multiple conflicting objectives [85]. These algorithms use principles such as natural selection, mutation, and survival of the fittest to approximate the set of optimal solutions known as the Pareto Frontier, which represents solutions where improving one objective cannot be achieved without worsening another [85]. Stepanchick and Brown [78], Papanikolaou et al. [85], and Martins & Burgos [69] applied this technique in the conceptual design review of different types of vessels to assess their effectiveness, cost, and risk. This technique allowed for the exploration of the design space, generating multiple balanced alternatives where technical effectiveness was ensured while minimizing costs and risks by existing regulations. These applications facilitated decision-making by presenting key metrics and highlighting tools that enhance the efficiency of the design process.

On the other hand, Zanic et al. [84], applied the MOPSO and SLP techniques to establish the efficient Pareto frontier in selecting modular vessel designs. The SLP metaheuristic was applied to rapidly generate initial solutions, while the MOPSO metaheuristic was used to obtain more significant solutions over a longer computation time. Once the efficient frontier was obtained, the authors highlighted alternatives that minimized the life cycle cost according to the client's cost-saving interests (manufacturing, operation, maintenance, or dismantling) and optimized the vessel deck distribution, reporting savings in resource consumption, costs, and emissions.

MODM techniques are not exclusively applicable in the design phase. Smirlis and Nonazountas [60], used BoD based on Data Envelopment Analysis formulation to define composite indicators by selecting values that maximize the utility function. This technique improves the relationship between sub-indicators associated with risk or cost, contributing to evaluating alternatives when sufficient information regarding the optimization objective is available. In this research, the technique helped establish composite cost and environmental impact indicators. Another application example is seen in Kabashjin and Zvaigzne [61], who, despite not mentioning a specific MODM technique, conducted an in-depth study on the costs associated with the manufacturing, operation, maintenance, and decommissioning of modular vessel designs, enriching the decision-making analysis.

These observations highlight the existing preference for using MOGAs in the vessel design phase. However, alternative techniques are also available that can reduce computational resource consumption. Additionally, MODM techniques have been applied in the study of dimensions and selection alternatives, enabling the establishment of priority values and identifying situations that alter the estimation of selection variables.

PI4.3 Use of MADM Techniques in Vessel Selection

Regarding MADM (Multi-Attribute Decision-Making) techniques, several extended methodologies have been identified, including the Analytic Hierarchy Process (AHP), Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (PROMETHEE II), Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL), Evidential Reasoning (ER), and Additive Ratio Assessment (ARAS). These techniques are described as follows:

The AHP technique is characterized as a hierarchical and compensatory method designed to solve problems involving a moderate number of alternatives and criteria. It facilitates pairwise

comparisons through a structured approach that balances cognitive effort and precision in result differentiation [39]. This technique was examined in several documents within the study sample. Dos Santos et al. [39] applied AHP to select a new corvette model for the Brazilian Navy from three design alternatives, considering nine technical and economic criteria. The steps included the creation of pairwise comparison matrices, data normalization, and calculating priority rankings using weighted vectors, validating the selection through a subsequent sensitivity analysis. Liu et al. [101] utilized AHP to assess risks associated with the lifecycle of a naval project, from scheduling to decommissioning. In these studies, AHP demonstrated advantages over other methods due to its ability to structure problems and provide a straightforward resolution. Its flexibility and systematic approach proved decisive in addressing decision-making challenges in both cases.

Integrating MADM techniques with fuzzy logic has emerged as a new paradigm in alternative evaluation. Most of the observed techniques have opted to apply fuzzy logic due to its ability to manage subjectivity in interpreting linguistic scales present in some decision-making processes [40, 88, 96]. Fuzzy logic defines values within intervals and sets that enable the formulation of objective interpretation vectors, significantly influencing decision-making.

According to the sample, several applications of FUZZY AHP were identified, each serving different purposes. Fiskin [40] developed a model that combines fuzzy AHP and a Fuzzy Inference System (FIS) to define a critical safety zone, considering 20 factors grouped into vessel, situation, and environment categories, which were prioritized through comparisons based on triangular fuzzy numbers. Similarly, Beşikçi et al. [88] applied fuzzy AHP to prioritize operational measures within the Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP), allowing uncertainty management in decisions and operations. Likewise, Cheemakurthy and Garme [92] proposed a fuzzy AHP-based methodology for evaluating ferries in public water transport, integrating economic, social, and environmental criteria. This approach translates subjective preferences into a Decision Performance Index (DPI) and handles uncertainties in decision-making. Furthermore, Uğurlu [96] applied fuzzy AHP to identify the ideal vessel type to enhance the career continuity of maritime officers, evaluating criteria such as salary, working conditions, and risks, establishing preferences among cargo ships, tankers, container ships, and Ro-Ro/Ro-Pax vessels. In these studies, the fuzzy AHP method was employed due to its ability to handle multi-criteria decision-making problems in scenarios involving uncertainty, incomplete data, or subjective evaluations. This methodology was chosen in each case to more accurately reflect human judgment and the uncertainties associated with the evaluated factors.

In applying the TOPSIS technique, Vakili et al. [90] focus their study on the selection of whether or not to use tugboats in ports to reduce marine noise, considering operational costs and noise emissions. Their findings conclude that using tugboats reduces noise pollution in bodies of water and leads to collective savings associated with fuel costs for all vessels, thereby decreasing the environmental impact of maritime activities. Similarly, Yang et al. [67] apply this technique for vessel selection using fuzzy numbers. Applying the TOPSIS technique maximizes the selection distance from the worst possible ideal evaluation while minimizing the distance from the best possible one, assuming that the selection criteria can be compared and measured using a single linguistic ranking scale. However, Mayszko [64] applies the PROMETHEE II technique for the selection of search and rescue vessels, which also maximizes and minimizes distances between alternatives in evaluating the utility function. However, it accounts for the fact that criteria evaluations may not be subject to a single linguistic scale, associating criteria with assessments with

their linguistic ranking scale.

In the study by Yang et al. [72] , the ER technique is used to conduct a Bayesian evaluation of the degree of compliance or non-compliance of an alternative against a set of attributes applied to the general selection of vessels in a specific scenario. This fuzzy-based technique employs an associated linguistic scale that considers belief probability values regarding attribute compliance directly linked to the utility function based on set theory. Complementarily, Smirlis and Nonazountas [60] emphasize the importance of identifying the most relevant attributes based on relationships between criteria to address the selection problem adequately. In this line, Ozdemir et al. [98] apply the DEMATEL technique to determine which attributes and criteria have the most significant influence on forms of water pollution during vessel operations. This approach allows weighting values to be assigned to criteria to establish practical utility functions.

Finally, in the study by Görçün et al. [63], the ARAS technique is designed to assess and select LNG transport fleets. The methodology employs the Delphi method to select relevant criteria through a fuzzy logic-based survey. Subsequently, the ARAS technique is used to calculate the utility functions of the alternatives based on the prior classification of selection criteria and the degree to which each alternative meets the evaluated criteria. The study discusses that applying this technique facilitates decision-making compared to TOPSIS, WASPAS, VIKOR, and EDAS, citing improvements in flexibility, application complexity, and execution time. However, expert evaluation is required to ensure proper implementation.

As observed in the various examples, the application of MADM techniques proves helpful in ranking the importance of attributes and evaluating the extent to which an alternative meets the assessed attributes. Implementing fuzzy logic is essential due to the diverse interpretations decision-makers may have of the linguistic scale used.

PI4.3 Application of Combined Techniques

Given the challenges associated with integrating multiple criteria in the evaluation of vessel design and selection, various authors have combined techniques to reduce application complexity and obtain a more comprehensive range of solutions. The review identified several combinations of MCDM (Multi-Criteria Decision-Making) techniques. One such combination involved the Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II), based on an elitist mechanism that estimates the density of solutions surrounding a particular solution within the population by calculating the ratio between population density and solution density. This was combined with the Weighted Sum Method (WSM), the simplest multi-objective optimization method, which intuitively transforms into a scalar preference function using a weighted sum function; a hybrid MADM method used to enhance the value of multi-objective functions; and a control function that guided the optimization process to obtain a practical solution meeting-imposed requirement. The primary goal of this combination was to minimize construction and transportation costs while maximizing the vessel's annual transported cargo [35].

Other studies have demonstrated the application of Fuzzy Entropy, Fuzzy TOPSIS, and AHP. These studies highlight the importance of addressing problems characterized by uncertainty and subjectivity, such as the environmental evaluation of ships and selecting the most suitable tugboats in industrial processes. Liu et al. [36] developed a hybrid method to assess the ecological rating of ships, considering their environmental impacts throughout their lifecycle. The innovation in this study lies in the integrated calculation of weights for criteria and experts, providing a robust

approach for prioritizing alternatives. This system supports decision-making in environmental policy and sustainable operations, making it useful for governments and ecological organizations. Similarly, Balin et al. [87] tackled the complex problem of selecting tugboats in the maritime industry, which requires considering multiple criteria such as performance, sustainability, operating costs, and technological adaptability. Their model employs the Analytic Hierarchy Process (AHP) to structure the problem into a hierarchy of criteria and calculate their relative weights. It also applies fuzzy entropy to objectively determine the criteria' importance, reducing human evaluation bias.

Lameira et al. [76] analyzed the optimal barge configuration for pushed convoys in the Amazon region, focusing on iron ore transport along the Marabá–Vila do Conde route. A hybrid MCDM approach was applied to address this challenge, integrating AHP, which identified and weighted key criteria such as operational costs, maintenance costs, construction costs, cargo capacity, fuel consumption, and environmental preservation. DEMATEL was then used to analyze the causal relationships between criteria, while ELECTRE IV validated the alternatives without relying on initial weightings, ensuring a robust analysis. This methodological approach provides an effective solution for improving logistics in inland waterway transport and demonstrates the effectiveness of combining MCDM methods in complex decision-making problems.

Furthermore, Animah et al. [97] examined the barriers, challenges, and opportunities vessels face in complying with Regulation 14 of Annex VI of the MARPOL Convention in the Gulf of Guinea subregion. Their analysis classified key barriers and proposed strategies to address these challenges using AHP and TOPSIS techniques. The findings suggest that infrastructure improvements, notably to support using Liquefied Natural Gas (LNG) as an alternative fuel, represent a significant regional opportunity. Additionally, the study highlights the importance of promoting research and technical training to ensure personnel are appropriately educated on the safe handling of alternative fuels.

5. Limitations

The study represents a significant contribution to the field, substantially advancing knowledge in this area. However, it is important to acknowledge certain limitations that should be considered:

5.1 Methodological Limitations

Among the main limitations identified in this study is the selection of keywords, which constitutes a fundamental element for structuring both search strategies and the article's content [102]. An imprecise or insufficient choice of these keywords can significantly hinder access to relevant and diverse information sources, restricting the possibility of exploring different perspectives and approaches to the research topic. This limits the depth of the results obtained and the ability to substantiate the study comprehensively. A lack of precision in the keywords may lead to the omission of essential studies or the inclusion of irrelevant information, affecting the relevance of the findings and, consequently, the quality of the academic or research work. One improvement opportunity identified in the reviewed studies is the inclusion of the ESWBS system as classification terms in titles, abstracts, and keywords, as it can contribute to the search for a specific technology to be evaluated or studied.

On the other hand, another significant limitation was encountered in unopened access documents. This represents a barrier to information collection, as access was not available to documents that could be relevant and that could enrich the theoretical framework, discussion, or

analyses. The inability to consult these studies due to paywalls or lack of subscriptions restricts the literature review to only open-access sources. This affects the research's depth, quality, and validity, especially if the inaccessible documents contain key data, methodologies, or findings relevant to the studied topic.

5.2 Limitations in Sources

Selecting the Scopus and Web of Science databases ensures the quality and reliability of the information used for the analysis. However, this choice may have limited the study's scope by excluding publications from lesser-known journals or regions less represented globally. Although less visible, these sources could offer enriching perspectives or significant data that may be absent from high-impact publications.

5.3 Limitations in the Analysis

The study addressed vessels' effectiveness, including their definition and the decision-making methods for evaluating their selection, design, and operation. However, cost and risk analysis is an important aspect that should be further investigated. These dimensions are crucial for evaluating options and applying Systems Engineering across a vessel's lifecycle, covering design, development, production, operation, and decommissioning [18, 20].

6. Conclusions

This literature review complements the existing body of knowledge on the definition of vessel capabilities, as established by authors such as Bottero & Gualeni [15], Morris et al. [82], Del Castillo [103], and Aspen et al. [77]. It recognizes the key attributes that should be considered in these systems during the selection process, categorizing them according to the metrics acknowledged in the literature.

Additionally, this document explores the techniques used for classification and selection, compiling application cases and methodological combinations that contribute to research in design operations, procurement, and technology acquisition. This examination of selection operations can include social and environmental dimensions, where new methods and mechanisms can be developed concerning these dimensions and attributes.

However, despite the vast amount of literature available, the available literature becomes significantly more limited when delving into a specific technology viewed as a System of Interest (SOI). For this reason, several future research directions point towards the specific selection of technologies that make up vessels, exploring system sub-analysis levels according to different attributes related to effectiveness. These studies on technology selection could serve as an essential source for designing procurement and acquisition models, shaping value and supply chains between companies, and fostering the joint sustainability of operations [104].

References

[1] A. Kuper, "Adquisición de un buque de carga," Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas, 2008.

[2] A. Sanders and J. Klein, "Systems engineering framework for integrated product and industrial design including trade study optimization.," *Procedia Computer Science,* 2012.

[3] U. Kumar, C. J. J. Knezevic and M. El-Haram, Reliability, maintenance and logistic support:-A life cycle approach., Springer Science & Business Media, 2012.

[4] P. Morris and J. Pinto, The Wiley guide to project technology, supply chain, and procurement management, vol. 4, John Wiley & Sons, 2007.

[5] V. Venkatesh, M. Morris, G. Davis and F. Davis, "User acceptance of information technology: Toward a unified view," *MIS quarterly,* vol. 27, no. 3, 2003.

[6] Y. Li, D. Xue and P. Gu, "Design for product adaptability. Concurrent Engineering," *Concurrent Engineering,* 2008.

[7] B. Rodríguez, "El análisis del ciclo de vida y la gestión ambiental," *Boletin IiE,* pp. 91-97, 2003.

[8] L. Godás, "El ciclo de vida del producto," *Offarm,* 2006.

[9] K. Lambert, "Supporting high-technology systems during periods of extended life-cycles by means of integrated logistics support.," *South African Journal of Industrial Engineering,* 2017.

[10] İ. Özaslan and S. Eski, "The effect of integrated logistics support system on life cycle management," *Journal of Mehmet Akif Ersoy University Economics and Administrative Sciences Faculty,* 2022.

[11] P. Amaral, Aplicação do suporte de logística integrado, ILS sx000i, nos procedimentos de manutenção em companhias aéreas., 2019.

[12] K. Paetzold and L. Vaskić, "The System Life Cycle Turbine: A proposal for a Universal System Life Cycle Model in Aerospace and Defense," *IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation,* 2019.

[13] INCOSE, INCOSE systems engineering handbook, San Diego: John Wiley \& Sons, 2023.

[14] NATO, *Programme Management Framework (NATO Life Cycle Model), AAP 20,* C ed., 2015.

[15] M. Bottero and P. Gualeni, "Systems Engineering for Naval Ship Design Evolution," *Journal of marine science and engineering,* 2024.

[16] D. Carmona, Teoría General de Sistemas: un enfoque hacia la ingeniería de sistemas, Segunda ed., Lulu. com, 2011.

[17] U. DOT, "Systems Engineering for Intelligent Transportation Systems," *Federal Highway Administration \& Federal Transit Administration,* 2007.

[18] J. C. Hootman, Artist, *A Military Effectiveness Analysis and Decision Making Framework for Naval Ship*

Design and Acquisition. [Art]. Webb Institute of Naval Architecture, 2003.

[19] V. Ortiz Buitrago and H. F. Pardo López, Artists, *Importancia y Ventajas de los KPI (Key Performance Indicators) en los proyectos: Enfoque de procesos en el sector ptrolero.* [Art]. Universidad Pontificia Bolivariana, 2021.

[20] COMMAND–AFMC, A Guide for Performing Analysis Studies: For Analysis of Alternatives or Functional Solution Analyses., Kirtland Air Force Base, 2004.

[21] Real Academia Española, "Embarcación," 6 12 2024. [Online]. Available: https://dle.rae.es/embarcaci%C3%B3n.

[22] M. Pal, "Ship work breakdown structures through different ship lifecycle stages.," *International conference on computer applications in shipbuilding.,* 2015.

[23] Department of Navy, "Ship work breakdown structure," Washington D.C., 1973.

[24] Deparment Of Defense USA, MIL-STD-1388-1A, 1983.

[25] A. Kossiakoff, W. N. Sweet, S. J. Seymour and S. M. Biemer, Systems Engineering: Principles and Practice, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011.

[26] D. Andrews and S. Erikstad, "The Design Methodology State of Art Report," *IMDC 2015,* 2015.

[27] k. Maccrimmon, "An Overview of Multiple Objective Decision Making," *Multiple Criteria Decision Making,* 1973.

[28] P. Sabio, "Toma de decisiones en grupo con informacion parcial y veto basada en medidas de la intensidad de dominancia," Madrid, 2015.

[29] J. Dyer, Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys chapter 7 MAUT – Multiattribute utility, Texas: Springer Science & Business Media, 2005.

[30] H. Simon, "Rational choice and the structure of the environment," *Psychological review,* p. 129, 1956.

[31] P. Keen, The evolving concept of optimality, Graduate School of Business, Stanford University, 1976.

[32] S. Gebre, D. Cattrysse, E. Alemayehu and J. Van Orshoven, "Multi-criteria decision making methods to address rural land allocation problems: A systematic review.," *International Soil and Water Conservation Research,* vol. 9, 2021.

[33] B. Blagojević, J. Jonsson, R. Björheden, E.-M. Nordström and O. Lindroos, "Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) in Forest Operations – an Introductional Review," *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering,* 2019.

[34] C. Davila, "Criterios y métodos para seleccionar la ubicación de los rellenos sanitarios.," *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable,* 2021.

[35] B. Mohamed, M. Belkadi, M. Aounallah and L. Adjlout, "Multiobjective design optimization of bulk carriers," *Journal of Naval Architecture and Marine Engineering,* 2023.

[36] X. Liu, G. Tian, A. Fathollahi-Fard and M. Mojtahedi, "Evaluation of ships green degree using a novel

hybrid approach combining group fuzzy entropy and cloud technique for the order of preference by similarity to the ideal solution theory," *Clean Technologies and Environmental Policy,* 2020.

[37] D. Andrews, "A comprehensive methodology for the design of ships (and other complex systems)," *Proceedings of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences,* 1998.

[38] M. Clemens, Characteristics of complex systems, New England Complex Systems Institute: Cambridge, MA, 2009.

[39] M. Dos Santos, I. P. de Araujo Costa and C. F. Simões Gomes, "Multicriteria decision-making in the selection of warships: a new approach to the ahp method," *International Journal of the Analytic Hierarchy Process,* vol. 13, no. 1, 2021.

[40] R. Fiskin, "An advanced decision-making model for determining ship domain size with a combination of MCDM and fuzzy logic," *Ocean Engineering,* vol. 283, p. 114976, 2023.

[41] M. Keyghobadi, S. Shahabi and M. Seif, "Application of MCDM methods in managerial decisions for identifying and evaluating future options: A real case study in shipbuilding industry," *Journal of Industrial and Systems Engineering,* vol. 13, no. 1, 2020.

[42] M. J. Page and D. Moher, "Evaluations of the uptake and impact of the Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA) Statement and extensions: a scoping review," *Systematic Reviews,* vol. 6, no. 1, p. 263, 2017.

[43] J. J. Yepes-Nuñez, G. Urru´tia, M. Romero-García and S. Alonso-Fernández, "Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas," *Revista Española de Cardiologia,* vol. 74, no. 9, pp. 790-799, 2021.

[44] M. J. Page, J. E. McKenzie, P. M. Bossuyt, I. Boutron, T. C. Hoffmann, C. D. Mulrow, L. Shamseer, J. M. Tetzlaff, E. A. Akl, S. E. Brennan, R. Chou, J. M. Grimshaw, J. M. Grimshaw, A. Hróbjartsson, M. M. Lalu, T. Li, . E. W. Loder, E. Mayo-Wilson, S. McDonald, L. A. McGuinness, L. A. Stewart, . J. Thomas, A. C. Tricco, V. A. Welch, P. Whiting and D. Moher, "The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews," *BMJ,* vol. 372, 2021.

[45] R. Mohamed, M. Ghazali and M. A. Samsudin, "A Systematic Review on Mathematical Language Learning Using PRISMA in Scopus Database," *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education,* vol. 16, no. 8, p. em1868, 2020.

[46] M. R. W. Hiebl, "Sample Selection in Systematic Literature Reviews of Management Research," *Organizational Research Methods,* vol. 26, no. 2, p. 229–261, 2023.

[47] N. Jahan, S. Naveed, M. Zeshan and M. A. Tahir, "How to Conduct a Systematic Review: A Narrative Literature Review," *Cureus,* vol. 8, no. 11, p. e864, 2016.

[48] A. A. Chadegani, H. Salehi, M. M. Yunus, H. Farhadi, M. Fooladi, M. Farhadi and N. A. Ebrahim, "A Comparison between Two Main Academic Literature Collections: Web of Science and Scopus Databases," *Asian Social Science,* vol. 9, no. 5, 2013.

[49] K. Q. Bui and L. P. Perera , "The Compliance Challenges in Emissions Control Regulations to Reduce Air

Pollution from Shipping," in *OCEANS 2019 - Marseille*, Marseille, 2019.

[50] A. Balin, H. Demirel and F. Alarcin, "A novel hybrid MCDM model based on fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS for the most affected gas turbine component selection by the failures," *Journal of Marine Engineering & Technology,* vol. 15, no. 2, pp. 69-78, 2016.

[51] T. Matulja, M. Bogdanović and N. Udovičić, "Selection of the Racing Multihull Sailing Boat Equipment by the AHP Method – A Case Study," *Pomorstvo,* vol. 27, no. 2, pp. 313-324, 2013.

[52] R. Maceiras, V. Alfonsin, M. Alvarez-Feijoo and L. Llopis, "Assessment of Selected Alternative Fuels for Spanish Navy Ships According to Multi-Criteria Decision Analysis," *Journal of Marine Science and Engineering,* 2023.

[53] E. N. Madi, S. Naim, A. Yaafar, A. M. Yaakob and B. Yusoff, "Agreement Matrix Based on Fuzzy Decision Making to Rank Ship Berthing Criteria," *International Journal of Engineering Trends and Technology,* vol. 68, no. 12, pp. 31-36, 2020.

[54] C. Fernandez, A. Dev, R. Norman, W. Woo and S. Kumar, "Dynamic Positioning System: Systematic Weight Assignment for DP Sub-Systems Using Multi-Criteria Evaluation Technique Analytic Hierarchy Process and Validation Using DP-RI Tool With Deep Learning Algorithm," in *ASME 2019 38th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering*, Glasgow, 2019.

[55] M. Lamas, J. Telmo, J. Rebollido and C. Caccia, "Internal Modifications to Optimize Pollution and Emissions of Internal Combustion Engines through Multiple-Criteria Decision-Making and Artificial Neural Networks," *Int. J. Environ. Res. Public Health,* vol. 18, no. 23, p. 12823, 2021.

[56] C. Wan, X. Yan, D. Zhang and Z. Yang, "A novel policy making aid model for the development of LNG fuelled ships," *Transportation Research Part A: Policy and Practice,* vol. 119, pp. 29-44, 2019.

[57] D. Aikhuele, S. Sorooshian, R. Hannis and F. Mohd, "Application of intuitionistic fuzzy TOPSIS model for troubleshooting an offshore patrol boat engine," *Polish Maritime Research,* vol. 24, no. 2, pp. 68-76, 2017.

[58] I. Emovon, R. Norman and A. Murphy, "Hybrid MCDM based methodology for selecting the optimum maintenance strategy for ship machinery systems," *Journal of Intelligent Manufacturing,* vol. 29, p. 519–531, 2018.

[59] D. Aikhuele and F. Turan, "A modified exponential score function for troubleshooting an improved locally made Offshore Patrol Boat engine," *Journal of Marine Engineering & Technology,* vol. 12, no. 5, pp. 52-58, 2018.

[60] Y. Smirlis and M. Bonazountas, "A Composite Indicators Approach to Assisting Decisions in Ship LCA/LCC.," *In ICORES,* 2020.

[61] I. Kabashkin and A. Zvaigzne, Multi Criteria Decision Making in Life Cycle Management of Modular Ships with Test System., 2018.

[62] S. Nayak, Fundamentals of Optimization Tecniques with Algorithms, London: Elsevier Academic Press, 2020.

[63] Ö. Görçün, P. Kundu, H. Küçükönder and S. Senthil, "Evaluation of the second-hand LNG tanker vessels

using fuzzy MCGDM approach based on the Interval type-2 fuzzy ARAS (IT2F –ARAS) technique," *Ocean Engineering,* vol. 303, p. 117788, 2024.

[64] M. Malyszko, "Fuzzy Logic in Selection of Maritime Search and Rescue Units," *Applied Science,* vol. 12, no. 1, p. 21, 2022.

[65] Ö. F. Görçün, "A novel integrated MCDM framework based on Type-2 neutrosophic fuzzy sets (T2NN) for the selection of proper Second-Hand chemical tankers," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review,* vol. 163, p. 102765, 2022.

[66] H. Jafaryeganeh, M. Ventura and C. Guedes Soares, "Application of multi-criteria decision making methods for selection of ship internal layout design from a Pareto optimal set," *Ocean Engineering,* vol. 202, p. 107151, 2020.

[67] B. Sahin, T. Yip, P. Tseng, M. Kabak and A. Soylu, "An application of a fuzzy TOPSIS multi-criteria decision analysis algorithm for dry bulk carrier selection," *Information,* 2020.

[68] G. Sulligoi, G. Trincas, A. Vicenzutti, L. Braidotti and M. Cataneo, "Concept Design Methodology to Enable Naval Smart Grid onboard Electric Ships," *IEEE Electric Ship Technologies Symposium ,* 2021.

[69] M. R. Martins and D. F. S. Burgos, "Multi-Objective Optimization Technique Applied to Preliminary Design of a Tanker," in *ASME 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering* , Estoril, 2008.

[70] Z. Yang, L. Maistralis, S. Bonsall and J. Wang, "Use of fuzzy evidential reasoning for vessel selection under uncertainty," *Multi-Criteria Decision Making in Maritime Studies and Logistics: Applications and Cases,* 2018.

[71] Z. Yang, B. S. and J. Wang, "Approximate TOPSIS for vessel selection under uncertain environment," *Expert Systems with Applications,* 2011.

[72] Z. Yang, L. Mastralis, S. Bonsall and J. Wang, "Incorporating uncertainty and multiple criteria in vessel selection," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment,* 2009.

[73] V. Žanić and P. Čudina, "Multiattribute decision making methodology in the concept design of tankers and bulk carriers," *Brodogradnja: An International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering for Research and Development,* 2009.

[74] J. Stepanchick and A. Brown, "Revisiting DDGX-DDG-51 concept exploration," *Naval Engineers Journal,* vol. 119, 2007.

[75] D. Yazir, B. Şahin and T. L. Yip, "Selection of new design gas carriers by using fuzzy EVAMIX method," *The Asian Journal of Shipping and Logistics,* vol. 37, no. 1, pp. 91-104, 2021.

[76] P. Lameira, T. Filgueiras, R. Botter and R. dos Santos Saavedra, "An approach using multicriteria decision methods to barges configuration for pushed convoys in the Amazon," *International Journal of Information Technology & Decision Making,* 2020.

[77] D. M. Aspen, M. Sparrevik and A. M. Fet, "Review of methods for sustainability appraisals in ship acquisition," *Environment Systems and Decisions,* vol. 35, no. 1, p. 323–333, 2015.

[78] A. Papanikolaou, G. Zaraphonitis, E. Boulougouris, U. Langbecker, S. Matho and P. Sames, "Multi objective optimization of oil tanker design.," *Journal of marine science and technology,* 2021.

[79] A. Ölçer, C. Tuzcu and O. Turan, "An integrated multi-objective optimisation and fuzzy multi-attributive group decision-making technique for subdivision arrangement of Ro–Ro vessels," *Applied Soft Computing,* 2006.

[80] J. Raber and D. Perin, "Future USN aircraft carrier Analysis of alternatives," *Naval engineers journal,* 2000.

[81] V. Zanic, J. Andric and P. Prebeg, "Design environment for structural design: application to modern multideck ships," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment,* 2009.

[82] B. Morris, S. Cook and S. Cannon, "A methodology to support early stage off-the-shelf naval vessel acquisitions," *International Journal of Maritime Engineering,* 2018.

[83] J. McWhite, "CVNX—expanded capability baseline aircraft carrier design study," *Naval engineers journal,* 2000.

[84] V. Žanić, J. Andrić, P. Prebeg, M. Stipčević and K. Pirić, "RoPax structural design-multi-level decision support methodology.," in *11th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures*, Rio de Janeiro, 2010.

[85] A. Papanikolaou, G. Zaraphonitis, E. Boulougouris, B. Langbecker, S. Matho and P. Sames, "Optimization of oil outflow and cargo capacity of an AFRAMAX oil tanker design," in *Proc. of 3rd Int. Symposium on Ship Operations, Management & Economics, the Greek Section of SNAMEAt.* , Athens., 2010.

[86] V. Zanic, J. Andric and P. Prebeg, "Design synthesis of complex ship structures," *Ships and offshore Structures,* 2013.

[87] A. Balin, B. Şener and H. Demirel, "An integrated fuzzy mcdm model for evaluation and selection of a suitable tugboat.," *International Journal of Maritime Engineering,* 2019.

[88] E. Beşikçi, K. T. O. Arslan and O. Turan, "An application of fuzzy-AHP to ship operational energy efficiency measures," *Ocean engineering,* 2016.

[89] D. Rains, "Fleet mix mission effectiveness analysis," *Naval Engineers Journal,* 1999.

[90] S. Vakili, A. Ölcer and F. Ballini, "The trade-off analysis for the mitigation of underwater noise pollution from commercial vessels: case study–Trans Mountain project, Port of Vancouver, Canada.," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment,* 2020.

[91] I. Chewning and S. Moretto, "Advances in Aircraft Carrier Life Cycle Cost Analysis for Acquisition and Ownership Decision-Making," *Naval engineers journal,* 2000.

[92] H. Cheemakurthy and K. Garme, "Fuzzy ahp based design performance index for evaluation of ferries," *Sustainability,* 2022.

[93] P. I. Dias Lameira, T. C. Garcia Miranda Filgueiras, R. C. Botter and R. dos Santos Saavedra, "An Approach using Multicriteria Decision Methods to Barges Configuration for Pushed Convoys in the Amazon,"

International Journal of Information Technology & Decision Making, vol. 19, no. 1, pp. 317-341, 2020.

[94] K. Garme and H. Cheemakurthy, "Fuzzy AHP-Based Design Performance Index for Evaluation of Ferries," *Sustainability,* vol. 14, no. 6, p. 3680, 2022.

[95] R. Rivas Hermann and K. Wigger, "Eco-Innovation Drivers in Value-Creating Networks: A CaseStudy of Ship Retrofitting Services," *Sustainability,* vol. 9, p. 733, 2017.

[96] Ö. Uğurlu, "Application of Fuzzy Extended AHP methodology for selection of ideal ship for oceangoing watchkeeping officers," *International Journal of Industrial Ergonomics,* 2015.

[97] I. Animah, A. Addy-Lamptey, F. Korsah and J. Sackey, "Compliance with MARPOL Annex VI regulation 14 by ships in the Gulf of Guinea sub-region: Issues, challenges and opportunities," *ransportation Research Part D: Transport and Environment,* 2018.

[98] Ü. Özdemir, H. Yılmaz and E. Başar, "Determination of marine pollution caused by ship operations using the DEMATEL method," *11th International Conference Transnav,* 2015.

[99] E. Brewer, M. Demmer, B. Du, M. Ho, M. Kam, S. Nedevschi, J. Pal, R. Patra, S. Surana and K. Fall, "The case for technology in developing regions," *Computer,* vol. 38, no. 6, pp. 25-38, 2005.

[100] H. S. Kristensen and M. A. Mosgaard, "A review of micro level indicators for a circular economy – moving away from the three dimensions of sustainability?," *Journal of Cleaner Production,* vol. 243, p. 118531, 2020.

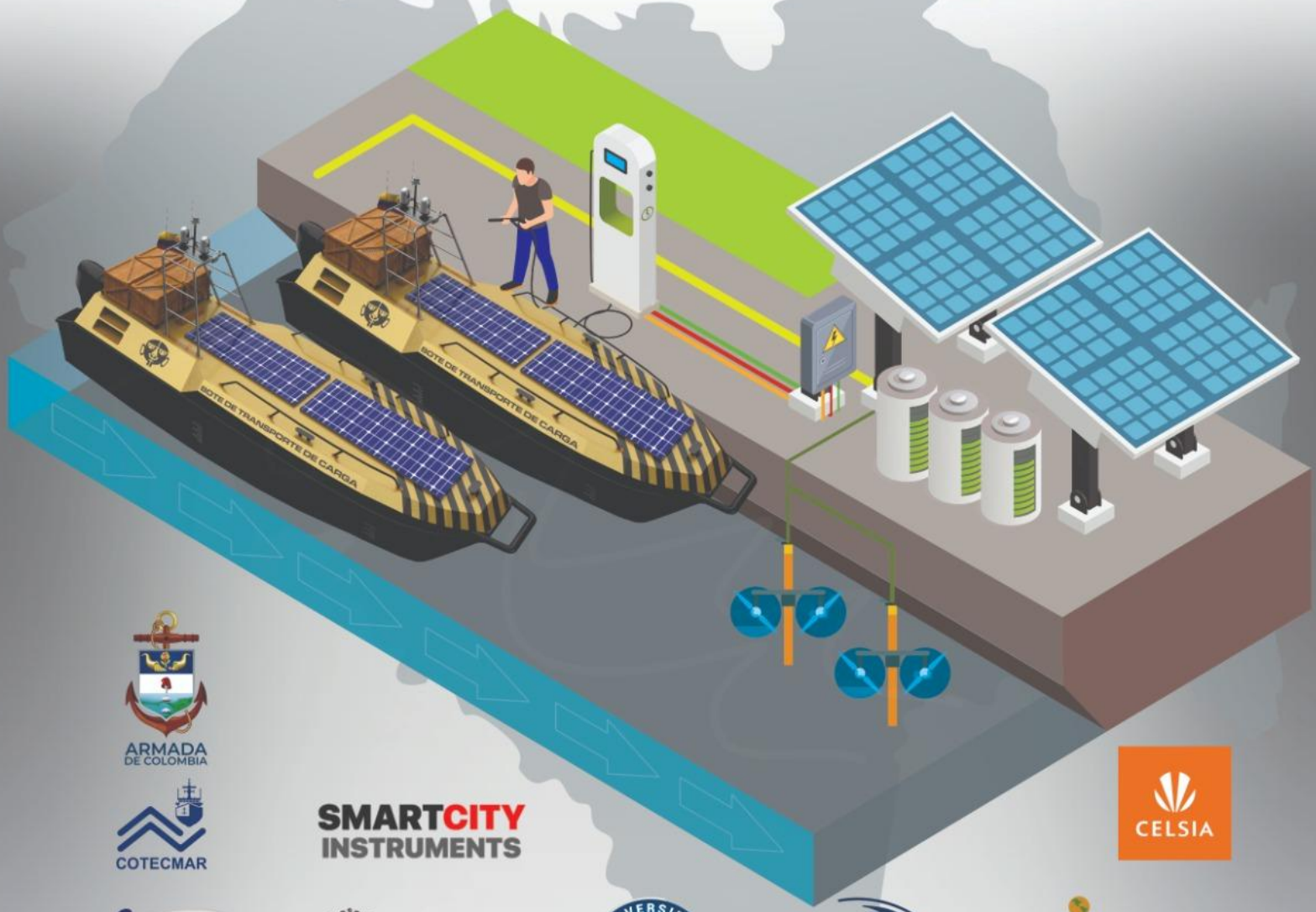
[101] Z. Liu, Y. Lin and Z. Ji, "Life-cycle based risk evaluation for ship project," Osaka, 2009.

[102] E. Spinak, "Indicadores cienciométricos," *Ciência da informação,* 1998.

[103] F. Del Castillo de Comas, Artist, *Desarrollo sostenible de la construccion naval: Dinámica evolutiva y eco-innovación en el sector de reparaciones europeo.* [Art]. Universidad Politecnica de Madrid, 2015.

[104] L. Viale, S. Vacher and J. Bessouat, "Eco-innovation in the upstream supply chain: re-thinking the involvement of purchasing managers," *Supply Chain Management: An International Journal,* vol. 27, no. 2, pp. 250-264, 2022.

TULATO



ARMADA DE COLOMBIA

COTECMAR

SMARTCITY INSTRUMENTS

CELSIA

ITM Institución Universitaria

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

UNIVERSIDAD DIOS CIENCIA Y SERVICIO CESMAG

PROMETEUS

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA DE ENVIGADO
Ciencia, educación y desarrollo
Vigilada Mineducación

TECNOLOGÍAS PARA LA ADOPCIÓN DE SISTEMAS ENERGÉTICOS Y DE MOVILIDAD EFICIENTES QUE FOMENTAN EL DESARROLLO SOSTENIBLE ORIENTADOS A REGIONES CON ALTO POTENCIAL BIO SOCIAL Y ENERGÉTICO COMO TUMACO, NARIÑO

Informe actividad

Apoyo al director del proyecto en el seguimiento de cumplimiento de las actividades técnicas.

Cartagena de Indias D. T. y C.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo fluvial de un país representa un pilar fundamental para el progreso socioeconómico y la integración territorial. Las vías fluviales son arterias naturales que conectan regiones remotas, facilitan el transporte de personas y mercancías, promueven el comercio y consolidan cadenas logísticas esenciales. En Colombia, el Ministerio de Transporte y la Dirección General Marítima (DIMAR) desempeñan un papel importante en la regulación, implementación y supervisión de la normativa técnica asociada a estas actividades, velando por la seguridad, eficiencia y sostenibilidad del transporte fluvial.

El presente informe tiene como objetivo principal documentar los resultados obtenidos a partir de las actividades de caracterización, sensibilización, capacitación y asesoramiento, realizadas con astilleros seleccionados, ubicados en regiones consideradas estratégicas. Estas acciones se llevaron a cabo para fomentar el cumplimiento de la normatividad técnica aplicable al sector fluvial y, en consecuencia, contribuir a la profesionalización y modernización de los procesos productivos. En este sentido, se busca establecer un diagnóstico claro de las condiciones actuales del sector, identificar prácticas tradicionales que requieran mejora y diseñar una hoja de ruta que oriente a los astilleros hacia el cumplimiento normativo y el fortalecimiento de su competitividad.

Para el desarrollo de este informe se establecieron dos etapas. La primera comprendió la caracterización de las regiones fluviales y la sensibilización general con los astilleros. Esta fase inicial se enfocó en recopilar información sobre las cuencas fluviales, las actividades desarrolladas en cada región y las condiciones operativas de los astilleros seleccionados, y en implementar acciones de sensibilización orientadas a destacar la importancia del cumplimiento de la normatividad técnica. Por su parte, la segunda etapa consistió en un diagnóstico técnico detallado de los astilleros y en la elaboración de la hoja de ruta, que integró estrategias y recomendaciones específicas para cada caso.

El alcance de este informe incluye la identificación de las regiones fluviales consideradas como prioritarias en el marco del Plan Maestro Fluvial, así como de los astilleros seleccionados con base en criterios de relevancia estratégica. Para la caracterización de las regiones, los criterios fueron los siguientes: mayor concentración de inspecciones fluviales, número de embarcaciones registradas y cantidad de unidades productivas activas en la región; mientras que los criterios establecidos para los astilleros fueron los siguientes: cumplimiento de normas técnicas, capacidad de adaptación de estándares sostenibles, experiencia en la construcción y mantenimiento de embarcaciones, y disposición de personal técnico capacitado. Las acciones descritas en este documento

corresponden al periodo establecido en el cronograma del proyecto, durante el cual se ejecutaron tanto las actividades de campo como las fases de análisis y asesoramiento.

2. Metodología

2.1. Enfoque general

El enfoque general de la metodología se basó en la combinación de investigación de campo, análisis técnico y actividades de capacitación. La investigación de campo permitió recopilar datos directamente en los entornos donde se desarrolla la construcción, reparación, mantenimiento y operación de embarcaciones en el ámbito fluvial, con lo cual se obtuvo información relevante y contextualizada. El análisis técnico facilitó la evaluación detallada de los aspectos normativos y técnicos aplicables a cada caso particular, mientras que las actividades de capacitación garantizaron la transferencia de conocimiento y el fortalecimiento de las capacidades de los actores involucrados

2.2. Fases de trabajo

Etapa 1: Caracterización y sensibilización

Esta etapa se centró en establecer un diagnóstico del sector fluvial y astillero, por medio de la identificación de regiones estratégicas, actores clave, brechas normativas y oportunidades de mejora. El primer paso fue identificar y clasificar las regiones, a partir de criterios cuantitativos para priorizar las áreas estratégicas. Los criterios utilizados incluyeron la cantidad de inspecciones fluviales y capitanías de puerto por cuenca, el número de embarcaciones registradas en cada región, la cantidad de embarcaciones activas en operación y el volumen de carga transportada. Este análisis permitió identificar zonas críticas y estratégicas dentro del sistema fluvial, y priorizar aquellas con mayor necesidad de mejora en su actividad operativa y comercial.

Una vez identificadas las regiones, se procedió a la selección de los astilleros que participarían en el estudio. Para ello, se diseñó un formulario que fue enviado a todos los astilleros ubicados dentro de las regiones previamente definidas. Este instrumento permitió recopilar información sobre el interés de cada astillero en recibir la capacitación, así como otros aspectos, tales como su capacidad operativa, su infraestructura disponible y su experiencia en la implementación de normativas técnicas y de sostenibilidad.

Los astilleros que completaron el formulario y manifestaron de manera afirmativa su interés en recibir la capacitación avanzaron a la siguiente fase del proceso. En esta etapa, se establecieron requisitos adicionales con el fin de garantizar la selección de aquellos que presentaban las mejores condiciones para aprovechar el programa. Dichos requisitos

incluyeron criterios como el cumplimiento de normas técnicas, la capacidad de adaptación a estándares sostenibles, la experiencia en la construcción y el mantenimiento de embarcaciones, y la disposición de personal técnico capacitado. Luego, se llevó a cabo la selección final de los 20 astilleros que participaron en el programa. Esta se realizó bajo un análisis técnico que garantizó una distribución equitativa entre las regiones seleccionadas, y aseguró la representatividad y el impacto del programa.

Posteriormente, se llevaron a cabo la planificación y la preparación de las actividades de sensibilización, que incluyeron la identificación de las partes interesadas. Durante esta fase, se priorizó la participación de actores como autoridades locales, propietarios de astilleros, operadores fluviales y comunidades aledañas. Se realizaron reuniones preliminares para alinear expectativas, establecer objetivos claros y fomentar el compromiso de los involucrados con el desarrollo de las actividades.

Con las regiones y los astilleros seleccionados, se realizaron visitas de campo e inspecciones técnicas enfocadas en evaluar las condiciones operativas y el nivel de cumplimiento normativo de cada sitio. Paralelamente, se organizaron talleres de sensibilización adaptados a las necesidades locales, con el propósito de fomentar el conocimiento y la adopción de buenas prácticas alineadas con las normas técnicas aplicables al sector astillero.

Durante esta etapa, se construyó un perfil detallado de las regiones y los astilleros evaluados. Este perfil incluyó información sobre las prácticas tradicionales utilizadas, el nivel de cumplimiento normativo, las principales limitaciones técnicas y económicas, y los desafíos que enfrentan los actores locales, como la falta de capacitación y acceso a recursos financieros. Este análisis permitió obtener una visión integral de las condiciones actuales del sector y de las oportunidades de mejora.

Finalmente, los resultados de esta etapa permitieron identificar el nivel general de cumplimiento de las normas técnicas en las regiones evaluadas, así como las principales brechas y desafíos a superar. Entre los hallazgos más relevantes, se destacaron las carencias de infraestructura, los conocimientos técnicos limitados y los obstáculos económicos enfrentados por pequeños productores y operadores. Con base en estos resultados, se elaboraron recomendaciones específicas orientadas a mejorar la alineación con las normas técnicas y a reducir los obstáculos para los actores del sector.

Etapa 2: Diagnostico, hoja de ruta y asesoramiento

Una vez sensibilizados los actores y consolidadas las bases de la etapa anterior, se avanzó hacia un diagnóstico del sector fluvial y astillero. Esta etapa se inició con una subfase

orientada a la identificación y selección de los 20 astilleros, según la información recopilada en la Etapa 1. Tras la selección de los 20 astilleros, se procedió a elaborar un diagnóstico basado en un análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas. Este diagnóstico permitió identificar con mayor precisión las barreras que dificultan el cumplimiento de la normativa técnica, así como las oportunidades de mejora que se pueden aprovechar para optimizar las operaciones en los astilleros.

Con base en este análisis, se diseñó una hoja de ruta estratégica que definió las acciones prioritarias para cada astillero, con el objetivo de cerrar las brechas identificadas en el diagnóstico. Esta hoja de ruta incluyó recomendaciones específicas en áreas como el fortalecimiento de las capacidades técnicas, las mejoras en la infraestructura, la adopción de nuevas tecnologías y las estrategias para asegurar el cumplimiento normativo.

Paralelamente, se llevó a cabo un proceso de asesoramiento personalizado dirigido a los actores involucrados en los astilleros seleccionados. Durante este proceso, se brindó acompañamiento técnico y se resolvieron dudas relacionadas con la implementación de las medidas propuestas en la hoja de ruta. Este asesoramiento incluye reuniones individuales y talleres prácticos, diseñados para abordar las necesidades específicas de cada astillero y apoyar a los responsables en la solución de problemas operativos o normativos.

2.3. Instrumentos y técnicas utilizadas

Se emplearon los siguientes instrumentos y técnicas adaptadas a las necesidades de cada etapa del proyecto:

- Entrevistas: Estuvieron dirigidas a actores clave para obtener información cualitativa sobre sus percepciones, necesidades y conocimientos previos relacionados con la normativa técnica.

- Inspecciones técnicas: Permitieron evaluar las condiciones actuales de cumplimiento normativo en los lugares de interés.

- Análisis documental: Incluyó la revisión de normativa vigente, reportes anteriores y documentos relevantes para establecer un marco de referencia claro y actualizado.

- Talleres y capacitaciones: Tuvieron como objetivo sensibilizar y capacitar a los actores involucrados, por medio de metodologías participativas y herramientas didácticas para garantizar un aprendizaje efectivo y significativo.

3. Etapa 1: Caracterización de la región y sensibilización general con los astilleros

3.1. Identificación de regiones

En el marco del desarrollo y el mejoramiento del transporte en Colombia, el Gobierno Nacional ha presentado instrumentos de diagnóstico y planeación de los diferentes modos de transporte, con el fin de definir estrategias aplicables en el mediano y largo plazo. Uno de los precedentes fundamentales es el Plan Maestro Fluvial de Colombia (PMF), un instrumento de planificación que contribuye a organizar el crecimiento del país mediante el aprovechamiento de la red fluvial nacional como elemento articulador entre ciudades, centros poblados, regiones y fronteras. El Plan Maestro Fluvial (PMF) de 2022 incluyó la visión de convergencia regional y de servicio de transporte fluvial, como elemento de conectividad regional; por tanto, se plantearon acciones tanto para fortalecer la competitividad en el transporte de mercancías como para mejorar las condiciones de transporte para las personas.

Por tanto, para la selección de las regiones estratégicas, fue fundamental comprender el ordenamiento institucional, la clasificación de la red fluvial y la infraestructura del transporte fluvial, ya que estos elementos determinan la operatividad y la regulación de dicho sistema. En primer término, el ordenamiento institucional define el marco normativo y las entidades responsables de la gestión del transporte acuático, y establece los criterios y directrices que rigen la actividad en cada región. En segundo lugar, la clasificación de la red fluvial permite segmentar los cuerpos de agua según su navegabilidad, tráfico y función dentro del sistema logístico, lo que facilita la identificación de corredores estratégicos para el transporte de carga y pasajeros. Finalmente, la infraestructura del transporte fluvial, que incluye puertos, muelles, astilleros y sistemas de señalización es un factor clave para evaluar la capacidad operativa y la viabilidad de mejoras en cada zona.

3.2. Evaluación de las regiones

La evaluación de las regiones involucradas en el presente estudio se realizó bajo un enfoque técnico que indicó criterios orientados a maximizar el impacto y la representatividad de las actividades de caracterización, sensibilización, capacitación y asesoramiento. Dichas regiones se detallan en la Tabla . Estos criterios fueron definidos en función de factores que reflejan la dinámica productiva y operativa de los astilleros en el contexto regional.

Tabla 1. Descripción de los criterios de selección de las regiones

Criterio	Descripción
Cantidad de inspecciones fluviales y capitanías de puerto por cuenca	Se priorizan las regiones con un mayor número de inspecciones, ya que esto refleja un nivel elevado de control normativo y actividad fluvial.
Cantidad de embarcaciones registradas por inspección fluvial y cuencas	Indica la densidad de embarcaciones, lo cual está directamente relacionado con la demanda de servicios de construcción, mantenimiento y cumplimiento técnico en los astilleros.
Cantidad de embarcaciones activas por inspección fluvial y cuencas	Proporciona una medida de la operatividad real de la flota, diferenciando entre registros administrativos y unidades efectivamente en operación.
Cantidad de carga transportada por inspección fluvial y cuencas	Permite evaluar la importancia logística de cada zona, identificando los corredores con mayor flujo comercial y demanda de infraestructura.

3.3. Cantidad de inspecciones fluviales y capitanías de puerto por cuenca

Este indicador permite identificar áreas estratégicas donde la actividad de inspección refleja un mayor nivel de control y cumplimiento normativo, lo que a su vez evidencia la relevancia de intervenir en dichos territorios para fortalecer las capacidades técnicas y administrativas de los astilleros.

La gestión fluvial está dividida en capitanías de puerto e inspecciones fluviales, las cuales supervisan y controlan la navegación. De acuerdo con el Decreto Ley 2324 de 1984, Artículos 19 y 20, y Decreto Ley 1561 de 2002 Artículo 8, la Dirección General Marítima (Dimar) cuenta con dependencias regionales y seccionales, denominadas Capitanías de Puerto en los puertos marítimos y fluviales de su jurisdicción, que ejercerán las funciones de la entidad en el área asignada, de acuerdo con la ley y los reglamentos.

Las capitanías de puerto tienen como función principal garantizar la seguridad y el cumplimiento de las normativas en las actividades relacionadas con el tráfico marítimo y fluvial. A continuación, se presenta una lista de las principales cuencas y sus respectivas

capitanías de puerto:

- cuenca Magdalena: Capitanías en Barranquilla, Cartagena y Santa Marta;
- cuenca Orinoco: Capitanías en Puerto Carreño, Puerto Inírida y Arauca;
- cuenca Amazonas: Capitanías en Leticia, Puerto Leguizamo;
- cuenca Atrato - Caribe: Capitanías de Puerto Bolívar, Riohacha, Coveñas y Turbo;
- cuenca Pacífico: Capitanías en Bahía Solano, Buenaventura, Guapi y Tumaco.

Por otra parte, las inspecciones fluviales son una actividad del Ministerio de Transporte de Colombia, que se encarga de vigilar y controlar la navegación, la seguridad y las condiciones técnicas de las embarcaciones, así como la aptitud de la tripulación. A continuación, se presenta una lista de las principales cuencas y sus respectivas inspecciones fluviales.

Tabla 2. Inspecciones fluviales por cuencas

Cuenca	Inspección fluvial
Magdalena	Barranquilla
	Cartagena
	Calamar
	Magangué
	El Banco
	Guarandá
	Gamarra
	Caucasia
	Barrancabermeja
	Puerto Berrio
	Puerto Salgar
	Girardot
	Calima
	Betania
	El Peñol - Guatapé
Orinoco	Arauca
	Puerto Carreño
	Inírida
	Lago de Tota
	Guavio – Chivor
	Puerto Gaitán
	San José del Guaviare

	Puerto López
Amazonas	Leticia
	Puerto Leguizamo
	Puerto Asís
	Solano
	Cartagena de Chairá
Atrato – Caribe	Montería
	Turbo
	Riosucio
	Quibdó
Pacífico	Istmina

Las cinco principales cuencas fluviales del país cuentan con un número variable de capitanías de puerto e inspecciones fluviales. La cuenca Magdalena, la más extensa y con mayor actividad portuaria, presenta tres capitanías de puerto (Barranquilla, Cartagena y Santa Marta) y quince inspecciones fluviales distribuidas en ciudades estratégicas como Barrancabermeja, Gamarra y Magangué. Por su parte, la cuenca del Orinoco cuenta con tres capitanías de puerto (Puerto Carreño, Puerto Inírida y Arauca) y ocho inspecciones fluviales, entre las que destaca Inírida como la de mayor actividad. La cuenca Amazonas, a pesar de su importancia en la conectividad fluvial, solo tiene dos capitanías de puerto (Leticia y Puerto Leguizamo) y cinco inspecciones fluviales, lo que evidencia una menor cobertura de control.

En cuanto a la cuenca Atrato-Caribe, se registran cuatro capitanías de puerto y cuatro inspecciones fluviales, siendo Riosucio y Turbo las de mayor actividad. Finalmente, la cuenca del Pacífico presenta una baja presencia de infraestructura de inspección, con solo cuatro capitanías de puerto y una única inspección fluvial en Istmina, lo que la convierte en la región con menor supervisión directa.

El análisis revela que las cuencas con menor cantidad de inspecciones fluviales son el Amazonas y el Pacífico, lo que sugiere la necesidad de fortalecer la regulación y supervisión en estas regiones para mejorar la seguridad operativa y la gestión de embarcaciones. La cuenca Magdalena, a pesar de ser la más supervisada, enfrenta retos en la consolidación de estándares técnicos debido a su alta densidad de embarcaciones. Con el objetivo de priorizar regiones con menor cobertura de inspección, se recomienda centrar esfuerzos en la cuenca Pacífico y en la cuenca Amazonas, y promover estrategias que fortalezcan la capacidad de control fluvial y la asistencia técnica a los astilleros en

estas zonas críticas.

3.4. Cantidad de embarcaciones registradas por inspección fluvial y cuencas

El número de embarcaciones registradas por inspección fluvial y cuencas es un indicador para evaluar la actividad y el desarrollo del transporte fluvial en las diferentes regiones. Este parámetro permite analizar la concentración de la flota en términos de distribución geográfica y operativa, facilitando la identificación de zonas estratégicas para la implementación de políticas de regulación, mantenimiento y sostenibilidad del sector. Asimismo, la distribución de registros por cuenca refleja la dinámica del transporte fluvial, su impacto en la infraestructura portuaria y la necesidad de fortalecer los sistemas de inspección y control para garantizar la seguridad y eficiencia en la navegación.

El análisis de las embarcaciones registradas en cada cuenca evidencia diferencias significativas en la cantidad de unidades operativas, como se evidencia en la Tabla . La cuenca del Orinoco presenta la mayor cantidad de embarcaciones registradas, con un total de 14.015 unidades: Inírida (5.298), Arauca (2.864) y Puerto Carreño (1.766) destacan como los principales centros de operación fluvial. La significativa cantidad de embarcaciones en esta cuenca sugiere un alto nivel de actividad en transporte de carga y pasajeros, y evidencia la importancia de estos puntos para la conectividad regional.

Por su parte, la cuenca del Magdalena cuenta con 8.328 embarcaciones registradas, siendo El Peñol - Guatapé (2.028), Girardot (853) y Caucasia (823) las inspecciones con mayor número de registros. Esta distribución confirma la relevancia del río Magdalena como el eje principal del transporte fluvial en el país, con una infraestructura consolidada y una flota diversificada en términos de uso y capacidad. En la cuenca del Atrato-Caribe, se reportan 5.371 embarcaciones registradas, con Riosucio (1.522), Quibdó (1.608) y Turbo (1.116) como los puntos con mayor densidad de embarcaciones. Esta región se destaca por el uso del transporte fluvial como alternativa clave para la movilización de bienes y personas, dadas las condiciones geográficas y la infraestructura terrestre limitada en algunas áreas.

La cuenca del Amazonas presenta 2.467 embarcaciones registradas, con Leticia (766) y Cartagena de Chairá (547) como las zonas con mayor cantidad de unidades. Estos registros reflejan la importancia del transporte fluvial en la conectividad de la región amazónica, donde la navegación es el principal medio de movilidad para las comunidades locales. Finalmente, la cuenca del Pacífico tiene 984 embarcaciones registradas en la inspección fluvial de Istmina. Este número, aunque menor en comparación con otras

cuencas, resalta la necesidad de fortalecer la infraestructura portuaria y los sistemas de control en la región, con el fin de mejorar la eficiencia del transporte y garantizar la seguridad operativa.

Tabla 3. Numero de embarcaciones registradas por cuenca e inspección fluvial

Cuenca	Inspección fluvial	Cantidad de embarcaciones registradas
Magdalena	Barranquilla	754
	Cartagena	677
	Calamar	49
	Magangué	746
	El Banco	163
	Guarandá	163
	Gamarra	599
	Caucasia	823
	Barrancabermeja	166
	Puerto Berrio	78
	Puerto Salgar	209
	Girardot	853
	Calima	603
	Betania	264
	El Peñol - Guatapé	2028
Orinoco	Puerto Carreño	1766
	Arauca	2864
	Inírida	5298
	Lago de Tota	168
	Guavio – Chivor	221
	Puerto Gaitán	997
	San José del Guaviare	980
	Puerto López	1721
Amazonas	Leticia	766
	Puerto Leguizamo	458
	Puerto Asís	433
	Solano	263

	Cartagena de Chairá	547
Atrato – Caribe	Turbo	1116
	Montería	1125
	Riosucio	1522
	Quibdó	1608
Pacífico	Istmina	984

El análisis de la cantidad de embarcaciones registradas por inspección fluvial evidencia una distribución heterogénea de la actividad fluvial en las diferentes cuencas del país. A partir de estos datos, la estrategia de priorización se centrará en aquellas regiones con el menor número de embarcaciones registradas, ya que esta condición sugiere una menor actividad fluvial y, en consecuencia, una posible falta de infraestructura, capacitación o incentivos para el desarrollo del sector. Las cuencas que presentan menor número de embarcaciones registradas son el Amazonas y el Pacífico, con valores significativamente inferiores a los observados en el Magdalena y el Orinoco.

La priorización de estas regiones permitirá enfocar esfuerzos en fortalecer la regulación, la formación de actores clave y la adecuación de infraestructura para incentivar un mayor desarrollo del transporte fluvial. Además, una menor cantidad de embarcaciones podría estar asociada a barreras normativas o económicas que dificultan la formalización de la actividad, lo que refuerza la necesidad de intervenciones estratégicas en estas áreas.

3.5. Cantidad de embarcaciones activas por inspección fluvial y cuencas

El análisis de la cantidad de embarcaciones activas por inspección fluvial y cuencas permite evaluar la operatividad real de la flota fluvial en las distintas regiones. A diferencia del registro total de embarcaciones, este indicador refleja la cantidad de unidades que actualmente cumplen funciones de transporte, comercio o logística en los ríos navegables del país. Esta información es fundamental para la planificación de infraestructura portuaria, la optimización de rutas fluviales y la aplicación de normativas que garanticen la seguridad y sostenibilidad del transporte acuático.

Los datos obtenidos muestran una distribución heterogénea de embarcaciones activas en las distintas cuencas. La cuenca del Magdalena concentra el mayor número de unidades operativas con un total de 4.064 embarcaciones activas, destacándose los puntos de inspección de Barranquilla (534), Cartagena (417), El Peñol-Guatapé (472), Magangué (368) y Gamarra (344). La presencia de estas embarcaciones evidencia la importancia del

río Magdalena como principal corredor fluvial del país, con una alta demanda de servicios de navegación y mantenimiento.

Por su parte, la cuenca del Orinoco registra 2.543 embarcaciones activas, siendo Inírida (974) y Puerto López (563) los principales centros de actividad fluvial. Estos resultados indican la relevancia de esta cuenca en el transporte y comercio, especialmente en las regiones del oriente del país. En la cuenca del Amazonas, el total de embarcaciones activas es de 924, con los principales registros en Leticia (178), Puerto Asís (235) y Solano (183). Esto refleja el papel estratégico de la navegación en la conectividad de estas regiones con el resto del país, dada la limitada infraestructura terrestre disponible.

La cuenca Atrato-Caribe cuenta con 1.114 embarcaciones activas, con Riosucio (482) y Montería (343) como los puntos con mayor densidad de unidades operativas. Finalmente, la cuenca del Pacífico presenta la menor cantidad de embarcaciones activas, con 154 unidades registradas en Istmina, lo que sugiere una menor dependencia del transporte fluvial en esta zona.

Tabla 4. Numero de embarcaciones activas por cuenca e inspección fluvial.

Cuenca	Inspección fluvial	Cantidad de embarcaciones activas
Magdalena	Barranquilla	534
	Cartagena	417
	Calamar	16
	Magangué	368
	El Banco	134
	Guarandá	60
	Gamarra	344
	Caucasia	295
	Barrancabermeja	119
	Puerto Berrio	34
	Puerto Salgar	127
	Girardot	233
	Calima	141
	Betania	99
	El Peñol - Guatapé	472
Orinoco	Puerto Carreño	195

Cuenca	Inspección fluvial	Cantidad de embarcaciones activas
	Arauca	177
	Inírida	974
	Lago de Tota	42
	Guavio – Chivor	59
	Puerto Gaitán	113
	San José del Guaviare	420
	Puerto López	563
Amazonas	Leticia	178
	Puerto Leguizamo	165
	Puerto Asís	235
	Solano	183
	Cartagena de Chairá	163
Atrato – Caribe	Turbo	215
	Montería	343
	Riosucio	482
	Quibdó	74
Pacífico	Istmina	154

El análisis de la cantidad de embarcaciones activas por cuenca permite identificar aquellas regiones con menor actividad fluvial, lo que puede estar asociado a limitaciones en infraestructura, menor conectividad comercial o deficiencias en los procesos de inspección y control. En este sentido, la estrategia de priorización se enfocará en las cuencas con el menor número de embarcaciones activas, con el objetivo de fortalecer sus capacidades operativas y fomentar su integración en el sistema de transporte fluvial nacional.

De acuerdo con los datos analizados, las cuencas con menor cantidad de embarcaciones activas son la cuenca del Pacífico, con 154 embarcaciones, y la cuenca del Amazonas, con 924 embarcaciones. Estas cifras reflejan una menor densidad de tráfico fluvial en comparación con otras cuencas como la del Magdalena o la del Orinoco, lo que puede indicar la necesidad de reforzar el apoyo institucional, mejorar la infraestructura portuaria y optimizar la operatividad de las inspecciones fluviales.

La priorización de estas regiones permitirá mejorar las condiciones para la navegación,

aumentar la eficiencia en la regulación y supervisión de las actividades fluviales y fomentar el desarrollo económico en estas zonas estratégicas. Además, fortalecer el transporte fluvial en estas cuencas contribuirá a reducir las desigualdades en la conectividad territorial y a promover un sistema más equilibrado y sostenible a nivel nacional.

3.6. Cantidad de carga transportada por inspección fluvial y cuenca

La cantidad de carga transportada por inspección fluvial y cuenca es un indicador esencial para evaluar la actividad y eficiencia del transporte fluvial en Colombia. Este dato permite identificar las regiones con mayor movimiento de mercancías, y facilita la toma de decisiones en cuanto a inversiones en infraestructura, asignación de recursos y formulación de políticas públicas que promuevan el desarrollo sostenible del sector.

A continuación, se presenta una tabla que resume la cantidad de carga transportada, desglosada por cuenca e inspección fluvial.

Tabla 5. Cantidad de carga transportada (ton) por cuenca e inspección fluvial

Cuenca	Inspección fluvial	Cantidad de carga transportada (toneladas)
Magdalena	Barranquilla	1.200.000
	Cartagena	950.000
	Calamar	50.000
	Magangué	300.000
	El Banco	120.000
	Guarandá	80.000
	Gamarra	200.000
	Caucasia	150.000
	Barrancabermeja	400.000
	Puerto Berrio	100.000
	Puerto Salgar	90.000
	Girardot	250.000
	Calima	60.000
	Betania	70.000
	El Peñol - Guatapé	30.000
Orinoco	Puerto Carreño	500.000
	Arauca	450.000

Cuenca	Inspección fluvial	Cantidad de carga transportada (toneladas)
	Inírida	600.000
	Lago de Tota	20.000
	Guavio – Chivor	25.000
	Puerto Gaitán	300.000
	San José del Guaviare	350.000
	Puerto López	400.000
Amazonas	Leticia	700.000
	Puerto Leguizamo	150.000
	Puerto Asís	200.000
	Solano	100.000
	Cartagena de Chairá	120.000
Atrato – Caribe	Turbo	600.000
	Montería	500.000
	Riosucio	550.000
	Quibdó	400.000
Pacífico	Istmina	300.000

El análisis de la cantidad de carga transportada por cuenca permite identificar disparidades en la actividad fluvial a nivel nacional, lo que evidencia la necesidad de estrategias diferenciadas para fortalecer el desarrollo del sector. En este contexto, la priorización se enfocará en las cuencas que registran los menores volúmenes de carga transportada, con el fin de impulsar su integración en la red logística y mejorar su competitividad. Según los datos analizados, las cuencas con menor movimiento de carga son la cuenca del Pacífico y la cuenca del Amazonas, lo que sugiere posibles limitaciones en infraestructura, conectividad y capacidades operativas. La baja actividad en estas regiones puede deberse a la falta de inversiones en corredores logísticos y de restricciones en la navegabilidad de los ríos, y a la ausencia de incentivos para el uso del transporte fluvial como alternativa eficiente.

La priorización de estas cuencas permitirá diseñar estrategias orientadas a mejorar la infraestructura portuaria, fortalecer la operatividad de las inspecciones fluviales y

fomentar el uso del transporte fluvial como una solución sostenible y eficiente. Al optimizar la conectividad y los servicios logísticos en estas regiones, se contribuirá a equilibrar el desarrollo del sector, reducir costos de transporte y mejorar la competitividad económica de las zonas con menor actividad fluvial.

3.7. Selección de Regiones

La priorización de las regiones con menor número de embarcaciones activas, embarcaciones registradas y carga transportada es fundamental para impulsar el desarrollo del transporte fluvial en áreas con menor actividad económica y menor integración logística. Estas regiones pueden presentar limitaciones en infraestructura, menor acceso a tecnologías de navegación y menor capacitación técnica, lo que dificulta su competitividad y crecimiento. Al focalizar los esfuerzos en estas áreas, se puede promover el fortalecimiento del sector mediante capacitación a los astilleros, mejoras en la infraestructura portuaria y optimización de las operaciones logísticas, facilitando así el incremento del comercio y la conectividad fluvial.

Por tanto, para la selección de las regiones prioritarias, se emplea una metodología sencilla basada en la asignación de puntajes. El criterio fundamental es otorgar mayor prioridad a las regiones con menor número de embarcaciones activas, embarcaciones registradas y carga transportada. De acuerdo con la evaluación de las regiones, se establece lo siguiente para cada cuenca:

Tabla 6. Cantidad de embarcaciones activas, registradas y cantidad de carga total por cuencas

Cuenca	Cantidad de embarcaciones activas	Cantidad de embarcaciones registradas	Cantidad de carga transportada (toneladas)
Magdalena	3393	8175	4.050.000
Orinoco	2543	14015	2.645.000
Amazonas	924	2467	1.270.000
Atrato – Caribe	1114	5371	2.050.000
Pacífico	154	984	300.000

A cada criterio se le asigna una puntuación inversamente proporcional a su valor. Es decir, la región con el menor número en cada categoría recibe el puntaje más alto (5 puntos),

mientras que la que tiene el mayor número recibe el puntaje más bajo (1 punto).

Tabla 7. Puntuaciones por criterios

Cuenca	Embarcaciones activas	Embarcaciones registradas	Carga transportada	Puntaje total
Magdalena	1	2	1	4
Orinoco	2	1	2	5
Amazonas	4	4	3	11
Atrato – Caribe	3	3	4	10
Pacífico	5	5	5	15

Las regiones con mayor puntaje son las que se deben ser priorizar, ya que presentan menor actividad en términos de embarcaciones y carga transportada.

1. Pacífico (15 puntos) → Mayor prioridad
2. Amazonas (11 puntos)
3. Atrato – Caribe (10 puntos)

El análisis demuestra que la cuenca del Pacífico se debe priorizar en primer lugar, ya que tiene la menor cantidad de embarcaciones activas y registradas, así como la menor carga transportada. Amazonas y Atrato – Caribe siguen en la lista debido a sus bajos niveles de actividad fluvial en comparación con Magdalena y Orinoco. Esto sugiere que estas regiones requieren mayor intervención en términos de infraestructura, fomento del transporte fluvial y fortalecimiento de capacidades técnicas

PLANILLA INTEGRADA AUTOLIQUIDACIÓN APORTES
COMPROBANTE DE PAGO

Bancolombia

DATOS GENERALES DEL APORTANTE

TIPO IDENTIFICACIÓN:	CÉDULA DE CIUDADANÍA	NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN:	1235041885
NOMBRE Ó RAZÓN SOCIAL:			LINDA SOFIA ATENCIO ORTIZ
CIUDAD/MUNICIPIO:	CARTAGENA	DEPARTAMENTO:	BOLIVAR
DIRECCIÓN:	VILLAS DE LA CANDELARIA	TELÉFONO:	9999999
TIPO APORTANTE:	02-INDEPENDIENTE	CLASE APORTANTE:	I-INDEPENDIENTE
TIPO EMPRESA:	PRIVADA	ACTIVIDAD ECONOMICA:	Otras actividades de servicios
FORMA DE PRESENTACIÓN:	SUCURSAL	SUCURSAL / DEPENDENCIA:	8523 - ITM
APORTANTE EXONERADO PAGO APORTES SALUD, SENA E ICBF (REFORMA TRIBUTARIA):			NO

DATOS GENERALES DE LA PLANILLA

NÚMERO PLANILLA:	**7962981911**		TIPO DE PLANILLA:		I-INDEPENDIENTES
PERIODO COTIZACIÓN	MES:	febrero	PERIODO COTIZACIÓN	MES:	febrero
OTROS SUBSISTEMAS:	AÑO:	2025	SALUD:	AÑO:	2025
DÍAS DE MORA:		0			
FECHA PAGO (aaaa/mm/dd):		2025/03/06	NÚMERO AUTORIZACIÓN:		1316519570

NOVEDADES

ING	RET	TDE	TAE	TDP	TAP	COR	VSP	VST	SLN	COM	IGE	LMA	VAC	AVP	VCT	IRP
X																

LIQUIDACIÓN GENERAL

			TOTALES	
			COTIZANTES	TOTAL
PENSIÓN				
ADMINISTRADORA				
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
900336004	25-14	25-14 COLPENSIONES	1	$ 189.800
		SUBTOTAL:	1	**$ 189.800**
SALUD				
ADMINISTRADORA				
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
800130907	EPS002	EPS002-SALUD TOTAL	1	$ 148.300
		SUBTOTAL:	1	**$ 148.300**
RIESGOS PROFESIONALES				
ADMINISTRADORA				
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
890903790	14-11	14-11 - ARL SURA	1	$ 6.200
		SUBTOTAL:	1	**$ 6.200**

VALOR SIN MORA:	**$ 344.300**
VALOR MORA:	**$ 0**
TOTAL PAGADO:	**$ 344.300**

Planilla Pagada

Institución Universitaria ITM	**RECIBIDO A SATISFACCIÓN PARA CONTRATISTAS (CONTRATOS Y CONVENIOS INTERADMINISTRATIVOS)**	Código	FG 016
		Versión	02
		Fecha	13-09-2019

Medellín, 31 de marzo de 2025

En mi calidad de supervisor(a) de los contratos de prestación de servicios relacionados con el proyecto "TULATO - Tecnologías para el uso eficiente de la energía, la minimización del impacto y el aprovechamiento de productos provenientes de transporte eléctrico orientado a regiones con alto potencial bio-social-energético.", financiado por Minciencias 394-2023, me permito certificar que las personas que relaciono a continuación, cumplieron con las obligaciones contraídas en el objeto contractual según los informes de productos entregados por los contratistas.

Igualmente certifico que se ha verificado el pago de los aportes al sistema de seguridad social en salud, pensión y riesgos laborales (ARL) correspondientes al periodo de cobro.

Por lo anterior considero pertinente desembolsar el pago a las siguientes personas.

No.	No. Contrato	Vr. Contrato	No. Adición	Documento de Identidad	Apellidos	Nombres	Periodo		Vr. a pagar del período	Vr. salud - pensión - ARL.	ARL. - Riesgos Laborales	Aportes a Salud	Aportes a Pensión	(*) Novedad	Días	Código área de negocios	Nombre área de negocios
1	**7773**	$ 110.666.667	N/A	6.567.679	Caldas Luzeiro	Janio	1/3/25	30/3/25	$ 10.091.185,00	$ 1.171.465	$ 21.070	$ 504.559	$ 645.836	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
4	**7774**	$ 110.666.667	N/A	71.366.786	Zapata Cortés	Julian Andres	1/3/25	30/3/25	$ 10.091.185,00	$ 1.171.465	$ 21.070	$ 504.559	$ 645.836	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
3	**7775**	$ 110.666.667	N/A	75.100.830	Castaño Londoño	Luis Fernando	1/3/25	30/3/25	$ 10.091.185,00	$ 1.192.536	$ 42.141	$ 504.559	$ 645.836	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
4	**7711**	$ 110.666.667	N/A	30.237.456	Buitrago Villada	Maria del Pilar	1/3/25	30/3/25	$ 10.091.185,00	$ 1.171.465	$ 21.070	$ 504.559	$ 645.836	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
5	**7713**	$ 47.586.667	N/A	1.036.676.315	Ruiz Franco	Paola Andrea	1/3/25	30/3/25	$ 4.339.210,00	$ 503.730	$ 9.060	$ 216.961	$ 277.709	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
7	**7714**	$ 38.963.885	N/A	43.108.430	Aguirre Restrepo	Yamileth	1/3/25	30/3/25	$ 3.552.938,00	$ 413.129	$ 7.431	$ 177.938	$ 227.760	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
8	**7717**	$ 5.250.000	N/A	1.233.189.091	Jiménez Solarte	Zully Alexandra	1/3/25	30/3/25	$ 2.500.000,00	$ 413.129	$ 7.431	$ 177.938	$ 227.760	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
9	**7718**	$ 8.583.333	N/A	1.085.327.002	Benavides Castillo	Jaime Gerardo	1/3/25	30/3/25	$ 2.500.000,00	$ 413.129	$ 7.431	$ 177.938	$ 227.760	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
11	**7719**	$ 8.750.000	N/A	1.007.256.578	Fernandez Alonso	George	1/3/25	30/3/25	$ 2.500.000,00	$ 413.129	$ 7.431	$ 177.938	$ 227.760	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
10	**7720**	$ 8.750.000	N/A	1.007.386.678	Arrieta Gomez	Mateo	1/3/25	30/3/25	$ 2.500.000,00	$ 413.129	$ 7.431	$ 177.938	$ 227.760	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
12	**7722**	$ 8.583.333	N/A	1.001.361.737	Mora Ruiz	Jhonatan David	1/3/25	30/3/25	$ 2.500.000,00	$ 413.129	$ 7.431	$ 177.938	$ 227.760	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
13	**7712**	$ 27.286.737	N/A	1.035.872.398	Montoya Zapata	Natalia Maria	1/3/25	30/3/25	$ 2.488.152,00	$ 413.129	$ 7.431	$ 177.938	$ 227.760	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
14	**7721**	$ 17.680.639	N/A	1.036.668.689	Mesa Rodríguez	Maria Camila	1/3/25	30/3/25	$ 3.048.386,00	$ 413.129	$ 7.431	$ 177.938	$ 227.760	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
15	**7724**	$ 22.620.000	N/A	1.235.041.885	Atencio Ortiz	Linda Sofía	1/3/25	30/3/25	$ 3.900.000,00	$ 452.743	$ 8.143	$ 195.000	$ 249.600	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
17	**8363**	$ 32.916.490	N/A	1.037.592.969	Tabares Arenas	Aldemar Andrés	1/3/25	30/3/25	$ 3.269.850,00	$ 413.129	$ 7.431	$ 177.938	$ 227.760	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
18	**8364**	$ 27.416.667	N/A	1.193.132.462	Quiñones Mesías	Andrés Felipe	1/3/25	30/3/25	$ 2.538.580,00	$ 413.129	$ 7.431	$ 177.938	$ 227.760	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
19	**8397**	$ 35.233.333	N/A	1.017.230.967	Escudero Quintero	Cristian	1/3/25	30/3/25	$ 3.500.000,00	$ 420.559	$ 14.861	$ 177.938	$ 227.760	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
20	**8394**	$ 22.197.151	N/A	1.128.430.282	Rúa Torres	Evelin Estefany	1/3/25	30/3/25	$ 2.205.015,00	$ 413.129	$ 7.431	$ 177.938	$ 227.760	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
21	**8399**	$ 34.351.876	N/A	89.030.368.860	Hernández Lenis	Christian	1/3/25	30/3/25	$ 3.412.438,00	$ 413.129	$ 7.431	$ 177.938	$ 227.760	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
22	**8396**	$ 24.160.000	N/A	1.000.565.655	Guzmán Rodríguez	Juan Pablo	1/3/25	30/3/25	$ 2.400.000,00	$ 420.559	$ 14.861	$ 177.938	$ 227.760	N	30	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
23	**10045**	$ 20.943.790	N/A	1.000.536.337	López Suárez	Jose David	3/3/25	30/3/25	$ 2.050.441,00	$ 413.129	$ 7.431	$ 177.938	$ 227.760	N	28	380201111781	394/2023 PROYECTO TULATO
								TOTAL	$ 89.569.750	$ 11.875.199						

(*) NOVEDAD

AD. Contratista con adición
AD.AL. Contratista con adición y tiene Acta de Liquidación
AL Contratista que tiene Acta de Liquidación
AS Contratista que tiene Acta de Suspensión (en el periodo de cobro debe especificarse los días reales de pago).
AS.AL Contratista que tiene Acta de Suspensión (en el periodo de cobro debe especificarse los días reales de pago) y tiene Acta de Liquidación
N Contratista que firma un nuevo contrato
N.AL Contratista que firma un nuevo contrato y tiene Acta de Liquidación
NN Contratista Nuevo que no ha tenido ningún contrato con el ITM
NN.AL Contratista Nuevo que no ha tenido ningún contrato con el ITM y tiene Acta de Liquidación
R. Contratista que tiene reservas
N.UP Contratista que firma un nuevo contrato y tiene Último pago
NN.UP Contratista Nuevo que no ha tenido ningún contrato con el ITM y tiene Último pago
U.P Último pago
P Pensionado

Atentamente,

Daniel González Montoya