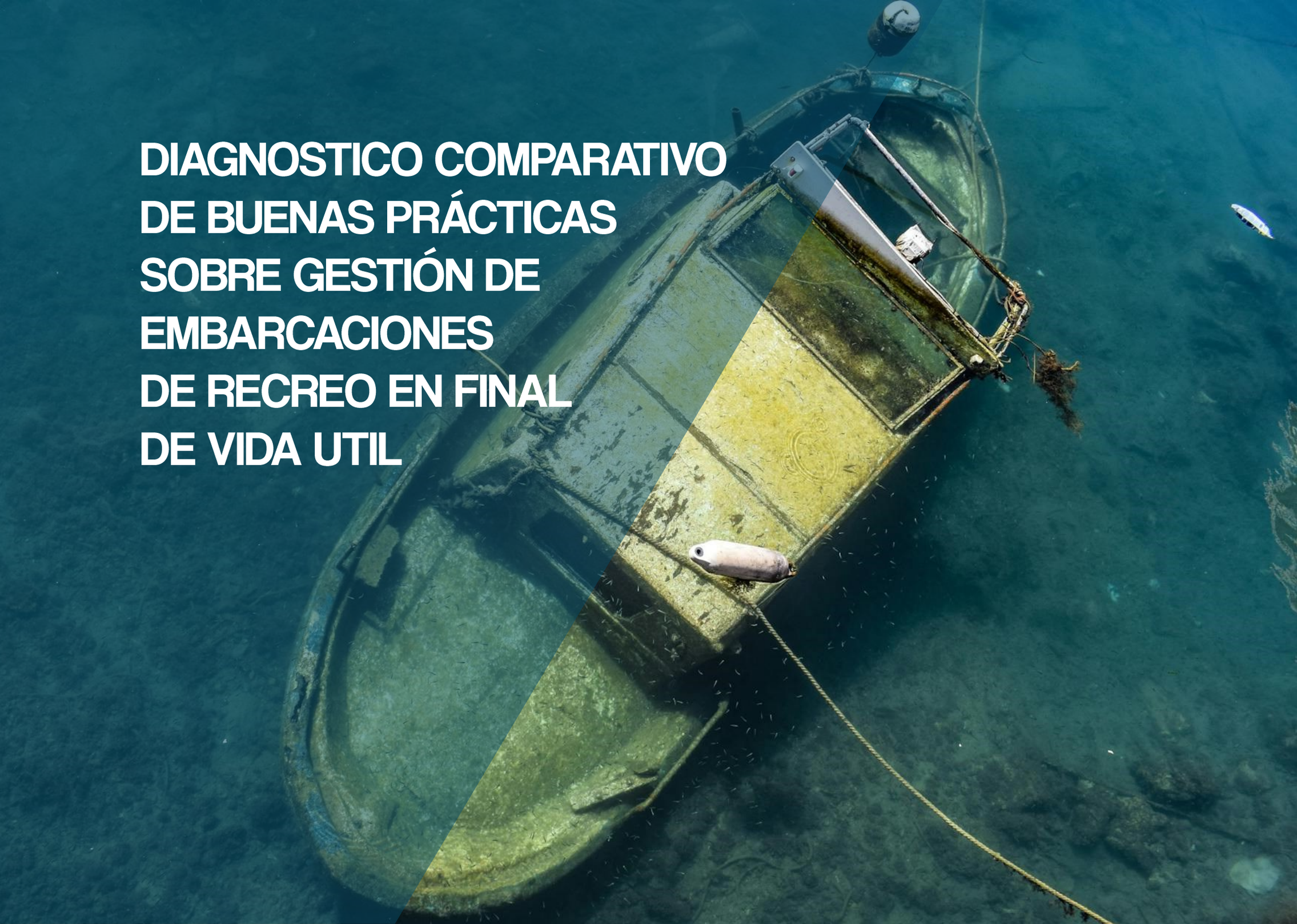
DIAGNOSTICO COMPARATIVO DE BUENAS PRÁCTICAS SOBRE GESTIÓN DE EMBARCACIONES DE RECREO EN FINAL DE VIDA UTIL



DIAGNOSTICO COMPARATIVO DE BUENAS PRÁCTICAS SOBRE GESTIÓN DE EMBARCACIONES DE RECREO EN FINAL DE VIDA UTIL

Realizado por

CETECIMA
Centro Tecnológico de Ciencias Marinas

www.cetecima.com
Calle Alonso Alvarado 8, primero C.
35003 Las Palmas de Gran Canaria

En el marco del proyecto INNOVABLUE

MAC 2021-2027 Cooperación Territorial

INNOVABLUE

Interreg MAC

Cofinanciado por la Unión Europea

Con la colaboración de

femepa
FEDERACIÓN PROVINCIAL DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA DEL METAL Y NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LAS PALMAS

Autores

Sebastián Hernández García
Daniel Reina González

Versión 03
28 de julio de 2026



ÍNDICE

	Pagina
0.- PREAMBULO	4
0.1 Introducción	5
0.2 Ámbito de aplicación	6
0.2.1 Embarcaciones de recreo en Europa	6
0.2.2 Náutica en Canarias	7
0.3 Embarcaciones en final de vida útil	8
0.4 Alcance	9
0.5 Metodología	10
0.6 Marco legal	11
1. IMPACTOS AMBIENTALES DE LA INDUSTRIA NÁUTICA	12
1.1 Impactos ambientales de la industria náutica	13
1.2 Enfoque de ciclo de vida de las embarcaciones de recreo	15
1.3 Los materiales utilizados en las embarcaciones de recreo	16
1.4 Impactos ambientales de las embarcaciones PRFV en final de vida útil	18
2. GESTIÓN DEL FIN DE VIDA UTIL DE UNA EMBARCACIÓN	22
2.1 Hoja de ruta europea para la implementación de la economía circular en embarcaciones recreativas al final de su vida útil	23
2.2 Gestión de las embarcaciones al final de vida útil	24
2.3 Rutas de eliminación de materiales compuestos	27
3. LA SOLUCIÓN FRANCESA	29
3.1 Desmantelamiento de embarcaciones en Francia	30
3.2 APER, Asociación para la Navegación Eco-responsable	31
3.3 Funcionamiento operativo del sistema de APER	34
3.4 Actividad, APER en cifras	35
3.5 Proceso operativo del sistema APER	36
4. CASOS DE ESTUDIO EN OTROS PAISES	40
4.1 Gestión de embarcaciones en final de vida útil en Finlandia	41
4.2 Gestión de embarcaciones en final de vida útil en Canada	42
4.3 Gestión de embarcaciones en final de vida útil en España	46
5. RECICLAJE DE LOS MATERIALES	49
5.1 Reciclabilidad de los materiales	50
5.2 Reciclabilidad de los materiales compuestos	51
5.2.1 Polímeros termoestables	51
5.2.2 Compuestos de fibra natural y resina biológica	55
5.2.3 Estructuras tipo sándwich	55
5.2.4 Polímeros termoplásticos	55
5.3 Reciclabilidad de la madera	57
5.4 Reciclabilidad del aluminio	58
5.5 Reciclabilidad del acero	60
6. RECOMENDACIONES	61
6.1 Financiación	62
6.2 Desmantelamiento y transporte	63
6.3 Reciclaje	65
6.4 Investigación e innovación	68
7. ANEXOS	68
7.1 Bibliografía y referencias	69
7.2 Listado de tablas y figuras	71
7.3 Abreviaturas y acrónimos	72

Sección 0

PREAMBULO



Este documento es el resultado de un trabajo de análisis comparativo de buenas prácticas en la gestión de embarcaciones en final de vida útil a nivel nacional e internacional, con el objetivo de identificar modelos replicables para Canarias, Madeira, Azores y Cabo Verde.

El estudio se plantea para servir como base para el desarrollo de estrategias adaptadas a las necesidades y particularidad de cada región, promoviendo la aplicación de soluciones innovadoras y sostenibles en la gestión de embarcaciones fuera de uso. De esta forma, la asistencia técnica planteaba los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar el contexto actual de la gestión de embarcaciones en final de vida útil, considerando aspectos ambientales, económicos y normativos.
2. Identificar y evaluar buenas prácticas en la retirada, desmantelamiento y reciclaje de embarcaciones, tomando en cuenta iniciativas lideradas por instituciones públicas y privadas.
3. Analizar en detalle el modelo francés de gestión de embarcaciones fuera de uso, identificando sus ventajas, desafíos y factores de éxito.
4. Realizar una comparativa de los distintos modelos de gestión, identificando sus ventajas, limitaciones y condiciones de aplicabilidad.
5. Examinar la viabilidad de adaptación de estos modelos a las características socioeconómicas y ambientales de las regiones atlánticas, ámbito del estudio.
6. Proponer recomendaciones estratégicas que sirvan de referencia para mejorar la gestión de embarcaciones fuera de uso, facilitando la transición hacia un modelo más sostenible y eficiente.
7. Establecer directrices para la sensibilización y formación de actores clave en el sector náutico, incluyendo propietarios de embarcaciones, gestores portuarios y autoridades locales.

Esta acción ha sido realizada por Centro Tecnológico de Ciencias Marinas (CETECIMA) en el marco del proyecto INNOVABLUE y, más concretamente, en la actividad A1.1. Gestión de embarcaciones al final de su vida útil, dentro del Paquete de Trabajo 1 - Transición Verde. INNOVABLUE - Crecimiento digital sostenible del turismo azul en los territorios Atlánticos, es un proyecto de cooperación territorial entre las regiones europeas de Azores, Canarias, Madeira y los países terceros de Cabo Verde, Ghana, Senegal y, Sao Tome y Príncipe, que tiene como objetivo promover el turismo náutico y mejorar la sostenibilidad de estas actividades en las regiones atlánticas.

El enfoque principal de INNOVABLUE es transformar los puertos deportivos y marinas atlánticas en destinos turísticos sostenibles y digitales (smart marinas), al tiempo que se mejora la competitividad de las pequeñas y medianas empresas (pymes) del sector marítimo, a través de una serie de iniciativas que incluyen desde la gestión ambiental de embarcaciones hasta la creación de experiencias de turismo azul regenerativo con la participación de las comunidades locales y los visitantes.

El proyecto INNOVABLUE, con código (1/MAC/1/1.3/0069), ha sido aprobado en la primera convocatoria del Programa de Cooperación Territorial INTERREG VI-D MAC (Madeira-Azores-Canarias) 2021-2027, cofinanciado por el Fondo FEDER y se enmarca en la prioridad 2 MAC INTELIGENTE y el objetivo específico 1.3. "Reforzar el crecimiento sostenible y la competitividad de las pymes y la creación de empleo en estas empresas, también mediante inversiones productivas" del Programa. El proyecto está coordinado por CETECIMA con la participación de otros 9 socios de las regiones de Azores, Canarias, Madeira, y los países terceros de Cabo Verde, Ghana, Senegal y, Sao Tome y Príncipe.

Para la consecución de resultados, el proyecto se estructura en torno a 3 objetivos específicos:

1. **Transición verde:** Acelerar la adopción de soluciones innovadoras en gestión ambiental del sector náutico de las islas Atlánticas.
2. **Transición digital:** Apoyar la transición digital de las marinas y empresas del sector para mejorar su competitividad.
3. **Experiencias turismo azul:** Diseñar experiencias de turismo azul, ambiental y socialmente regenerativas adaptadas a las especificidades locales y las oportunidades de cooperación transregional.

Consorcio INNOVABLUE

Socios FEDER

CETECIMA Centro Tecnológico de Ciencias Marinas · CMC Clúster Marítimo de Canarias · Puertos Canarios · itc Instituto Tecnológico de Canarias · ULPGC Universidad de Las Palmas de Gran Canaria · Marina do Funchal · Portos dos Açores

Socios Terceros Países

Ministry of Tourism Arts and Culture · Fondation UCAD · Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD)

Asociados

Puerto de Mogán · Puerto Deportivo Pasito Blanco · marina Las Palmas Puerto Deportivo · Marina Lindelo

Cofinanciado por

MAC 2021-2027 Cooperación Territorial · INNOVABLUE · Interreg MAC · Cofinanciado por la Unión Europea

0.2.1 EMBARCACIONES DE RECREO EN EUROPA

En Europa no se recopilan datos estandarizados sobre el número de embarcaciones recreativas existentes. Por lo tanto, la recopilación de datos y las definiciones de embarcaciones recreativas varían entre los distintos países. Esto debe tenerse en cuenta al interpretar los datos, ya que las cifras no serán directamente comparables. Además, gran parte de la información pública es histórica y podría no reflejar con precisión la situación actual.

Se estima que en 2016 había aproximadamente 6 millones de embarcaciones recreativas en Europa. Sin embargo, las estimaciones de algunas regiones tienen más de 20 años de antigüedad. Algunos países, como España, han informado de una disminución en la propiedad de embarcaciones desde la crisis financiera de 2008. En 2021, España registró el mayor aumento en el registro de embarcaciones desde la crisis, con un total de 7.178 nuevas matriculaciones.

Los países escandinavos tienen una de las tasas de propiedad de embarcaciones más altas de Europa, y se estima que Finlandia y Suecia se encuentran entre los cuatro países con mayor propiedad de embarcaciones recreativas a nivel mundial. Según una encuesta realizada por el departamento de transporte sueco, el 16% de los hogares en Suecia tienen al menos una embarcación de recreo. Los datos sobre los tipos de embarcaciones dentro de cada país también son muy limitados, y la mayor parte de la información que se presenta a continuación se encuentra en un informe de ICOMIA de 2017.

Los datos disponibles muestran que la distribución de embarcaciones a motor es mayor que la de veleros en los países escandinavos e inversa distribución en los países más al sur, como España o los Países Bajos, donde los veleros representan un mayor porcentaje de la propiedad de embarcaciones.

Tabla 0.1 – Nº de embarcaciones de recreo por países europeos

País	Año	Nº de embarcaciones	Tipo de embarcaciones	Obligación de registro
Finlandia	2017	1.157.500	419.200 botes de remos 33.800 botes auxiliares 33.800 canoas 50.600 otras sin motor 8500 motos acuáticas 526.900 motor	Si, para > 5,5 m y con motor de más de 15 kw
Francia	2021	1.049.340	78% motor 21% vela 1% Otros	Si
Suecia	2020	864.200	11% motor a bordo 9% vela 1% neumáticas 79% otras rígidas	SI, para > 15 m
Noruega	2023	1.000.000	26% motor a bordo 7% vela 14% neumáticas 53% otras rígidas	SI, para > 15 m
Alemania	2004	800.000	s/d	SI, para > 15 m
Irlanda	2004	<600.000	s/d	NO
Países bajos	2017	502.000	28% motor a bordo 37% vela 35% otras rígidas	NO
Bélgica	2004	300.000	65% motor 20% vela 7% motos acuáticas 8% otras	SI
España	2017	200.000	26% motor a bordo 44% vela 6% neumática 24% otras rígidas	SI
Portugal	2004	<200.000	s/d	SI
Dinamarca	2019	53.000	s/d	SI
Islandia	2018	2.300	s/d	SI
Reino Unido	2023	549.703	40% vela 60% motor	NO

Elaboración propia. Fuente:
- *ICOMIA*
- *Ministerio Frances del Mar*
- *Departamento de Transporte Sueco*

0.2.2 NÁUTICA EN CANARIAS

El sector del turismo náutico es un sector heterogéneo y muy atomizado que incluye pequeñas fracciones de muchas ramas como son: gestión de instalaciones y marinas deportivas, compraventa de embarcaciones, alquiler y charter, excursiones marítimas, práctica de deportes acuáticos, servicios y suministros a las embarcaciones y tripulaciones, escuelas de navegación… De esta forma, el sector es un agregado de actividades económicas que no tiene una "definición oficial". Aun así, hay diversas formas de analizar su actividad y hacer una aproximación para cuantificar su evolución a lo largo del tiempo mediante los indicadores de los diferentes segmentos que lo componen.

Canarias cuenta con un total de 42 puertos e instalaciones náuticas con 10.179 puntos de atraque. Entre ellos, podemos encontrar 14 puertos deportivos, 17 marinas y 14 dársenas.

En cuanto a la gestión de estas instalaciones, los tipos varían entre:

- Gestión directa estatal, cuyas competencias recaen en las Autoridades Portuarias y están regidas por la Ley de Puertos del Estado.
- Gestión directa autonómica, cuyas competencias recaen en el ente público Puertos Canarios del Gobierno de Canarias.

Aunque cada vez son menos los puertos gestionados directamente por las administraciones, la mayor parte de los puertos deportivos o marinas están gestionados indirectamente bajo modelos de concesión administrativa otorgados a entidades privadas, asociaciones o clubs náuticos. Destacamos que, en Canarias actualmente la totalidad de las nuevas concesiones son sociedades anónimas debido, fundamentalmente, a la elevada inversión necesaria. De esta forma, en Canarias existen 10 puertos deportivos de gestión estatal, 19 dársenas y puertos deportivos de gestión autonómica y el resto son de gestión indirecta (cabildos insulares, empresas privadas o club náuticos).

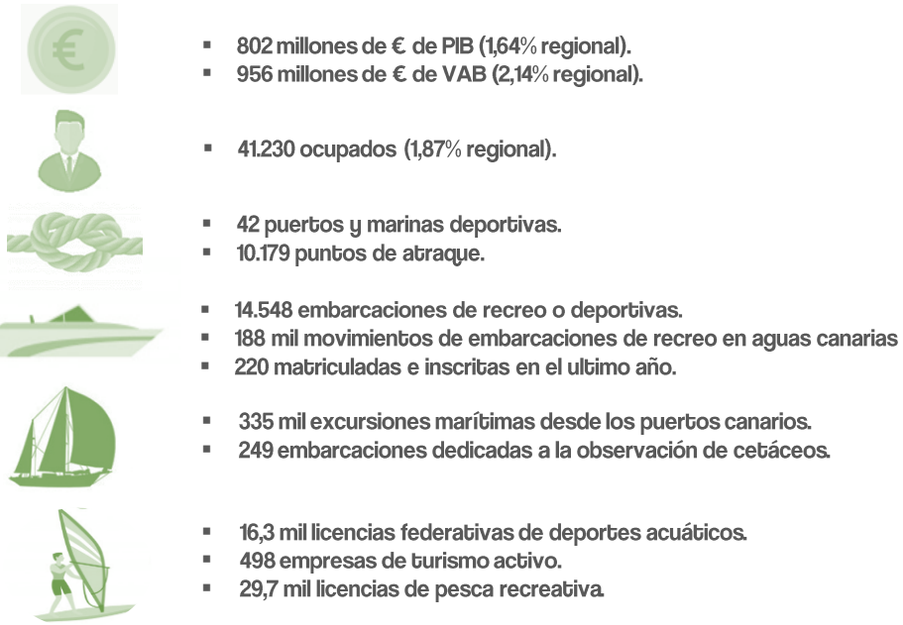
También es importante destacar que las entidades que forman los clubs náuticos pueden ser públicos o privados, pero siempre están formados por una masa social. En la mayoría de los clubs existe un coste económico tanto para darse de alta como para mantener la plaza, generando los ingresos necesarios para el mantenimiento de la actividad deportiva. Además, en algunos existen otros requisitos como poseer una embarcación o incluso que la embarcación tenga una eslora o características determinadas.

En cuanto a las embarcaciones de recreo existentes en Canarias, los datos facilitados por la Dirección General de Marina Mercante se basan en todos los casos en estimaciones, debido a la inexistencia de un método efectivo para contabilizar el número de embarcaciones en circulación. No existe en este sector un registro del movimiento de altas y bajas por lo que resulta imposible conocer, de forma exacta, la flota existente. Sin embargo, a través de las embarcaciones matriculadas o inscritas, podemos estimar una evolución aproximada. En Canarias, se matricularon o inscribieron 220 embarcaciones en 2022, el 45,9% en la provincia de Las Palmas y el 54,1% en la de S/C de Tenerife. De estas, el 27,7% pertenecen a la lista 6ª, embarcaciones de recreo o deportivas dedicadas a actividades de lucro como escuelas de navegación o barcos en alquiler, y el 72,3% a la lista 7ª, embarcaciones de recreo o deportivas de uso privado.

En cuanto al tránsito o movimiento de embarcaciones de recreo, los datos de entradas, salidas y navegación costera (embarcaciones que permanecen en el puerto durante al menos el periodo completo) indican que en 2022 se movieron aproximadamente 94.259 embarcaciones en las islas. De este movimiento, la navegación costera, es decir, aquella que se efectúa a la vista de la costa o en sus proximidades, es la predominante con el 66,5% de los tránsitos de embarcaciones. La mayor parte (94,6%) de los movimientos fueron realizados por embarcaciones monocasco, y cerca de tres cuartas partes (69,5%) por embarcaciones pequeñas de menos de 12 m de eslora.

Respecto a la distribución insular, el mayor número de movimiento de embarcaciones tuvo lugar en Gran Canaria (31,8%), seguida de Lanzarote (26,1%) y Tenerife (23,8%).

Figura 0.1 - Datos claves del sector náutico en Canarias (2023)



Elaboración propia. Fuente: Informe de actividad de la Economía Azul en Canarias 2025, CETECIMA

La industria náutica ha experimentado un crecimiento constante en las últimas décadas, lo que ha llevado a un aumento en la cantidad de embarcaciones obsoletas y en desuso. Estas embarcaciones, si no se gestionan adecuadamente, pueden convertirse en una amenaza para el medio ambiente y la salud humana. Toda embarcación, sin importar su tamaño o tipo, algún día llegará al final de su vida útil y entonces deberán ser objeto de desguace o desmantelamiento para el reaprovechamiento de partes, equipos y materiales. Desde pequeños veleros recreativos hasta gigantescos barcos de transporte de contenedores, todos llegarán en algún momento a un punto en el que no es posible seguir utilizándolos por razones de seguridad, o por su elevado coste de mantenimiento y baja rentabilidad económica. Su desmantelamiento y reciclaje responsables son esenciales para evitar la contaminación de los océanos y maximizar el uso de los materiales.

El reciclaje de embarcaciones náuticas presenta desafíos únicos en comparación con otros sectores industriales. Estos desafíos incluyen la presencia de materiales tóxicos, como el amianto y el plomo, la variabilidad en el tamaño y diseño de las embarcaciones, y la falta de infraestructura especializada. Además, la falta de regulaciones y estándares internacionales ha dificultado la implementación de prácticas de reciclaje adecuadas.

En Europa, el aumento del número de embarcaciones de recreo ha generado una acumulación creciente de embarcaciones obsoletas, muchas de las cuales no tienen un destino final adecuado. La Comisión Europea ha identificado la gestión de embarcaciones fuera de uso como un desafío clave dentro de su estrategia de economía circular y ha impulsado iniciativas para fomentar el reciclaje y la reutilización de materiales náuticos. En este sentido, varios países y organizaciones están trabajando para abordar el problema del reciclaje de embarcaciones de manera más sostenible.

En España, a la hora de dar de baja una embarcación, la normativa española plantea que se deben estipular las razones ante la Dirección General de la Marina Mercante (en adelante DGMM). En general, existe la baja de oficio, por siniestro, por desguace, por instalación fija en tierra, por exportación provisional, reexportación o caducidad. Las bajas por desguace o por enajenación al extranjero de cualquier tipo de barcos deben ser solicitadas por el titular o una persona autorizada por el mismo, ante la DGMM. Por su parte, la solicitud de baja por hundimiento del barco o por siniestro se deberán tramitar por oficio, mientras que las relacionadas con otras causas se deberán tramitar ante las capitanías o distritos (si la eslora es menor a 24 metros) o ante los servicios centrales (para barcos de eslora mayor a esta medida). Adicionalmente, todas las bajas deben ser informadas al Registro de Bienes Muebles posteriormente a su aprobación por parte de las autoridades correspondientes.

En cuanto a las embarcaciones de recreo, cuando su baja sea por desguace esta deberá ser enviada al reciclaje de la misma forma que un Vehículo Fuera de Uso (VFU). Desguazar una embarcación es una tarea que requiere conocimientos y experiencia para saber cómo disponer de cada uno de los elementos y materiales, además se necesita tramitar la baja de ella oficialmente.

Es un trabajo que requiere en muchos casos el uso de equipos especializados para el desmontaje de partes, así como un adecuado manejo de los materiales contaminantes o de desecho.



Este documento resultado de un trabajo de diagnóstico que tiene como objetivo ser una herramienta de toma de decisiones sobre el desarrollo de estrategias innovadoras para la gestión sostenible de embarcaciones en final de vida útil en la macroregión atlántica, con especial énfasis en Canarias, Madeira, Azores, Ghana, Cabo Verde y Sao Tome y Principe, ámbito de actuación del proyecto INNOVABLUE. Además, las regiones insulares del Atlántico, como Canarias, Madeira, Azores y Cabo Verde, comparten características geográficas y económicas que agravan la problemática de la gestión de embarcaciones en final de vida útil debiendo ser este un desafío clave dentro de sus estrategias de economía circular e impulso de iniciativas para fomentar el reciclaje y la reutilización de materiales náuticos.

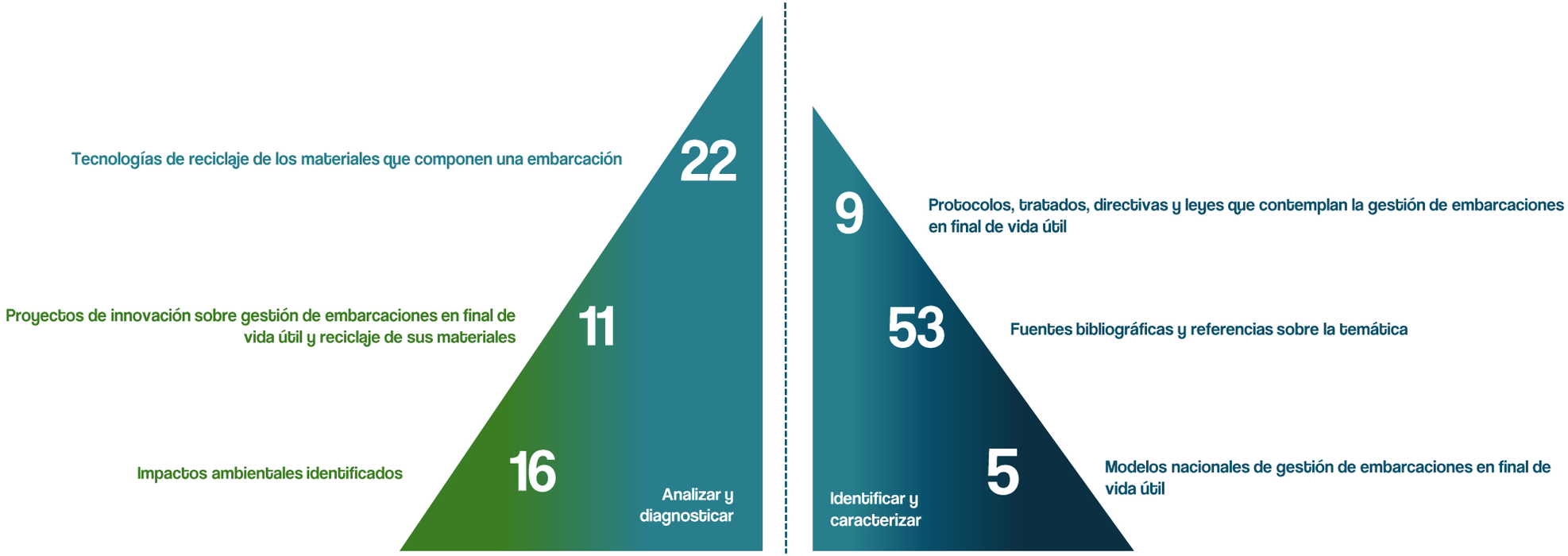
Como resultado, el documento aborda los siguientes aspectos:

- Marco legal, normativo y regulaciones de la retirada y reciclaje de embarcaciones.
- Ciclo de vida de las embarcaciones recreativas.
- Materiales utilizados en las embarcaciones.
- Impactos ambientales y socioeconómicos de las embarcaciones abandonadas y en final de vida útil.
- Buenas prácticas y modelos exitosos de gestión en otros países.
- Posibilidades de reciclaje de los materiales.
- Tecnologías de reciclaje o eliminación de los materiales compuestos.
- Recomendaciones sobre buenas prácticas en gestión de embarcaciones.

En la siguiente figura se establecen los indicadores de resultado obtenidos que componen este diagnóstico cuyo alcance se ha establecido en:

- Temático: gestión de embarcaciones al final de vida útil (descartadas, abandonadas o naufragadas).
- Geográfico: países europeos y americanos situados en la cuenca atlántica.
- Gobernanza: Modelos de gestión y casos de estudio ordenados por países.
- Normativa: Protocolos, directrices y recomendaciones de gestión.

Figura 0.2 – Alcance del informe



La metodología planteada para la definición de este informe ha sido establecida por CETECIMA para garantizar un análisis riguroso y representativo, bajo un enfoque multidimensional que combina investigación documental, entrevistas con actores clave y análisis comparativo de modelos de gestión. El propósito es obtener una visión integral de la gestión de embarcaciones en final de vida útil y proponer recomendaciones basadas en evidencias y mejores prácticas internacionales.

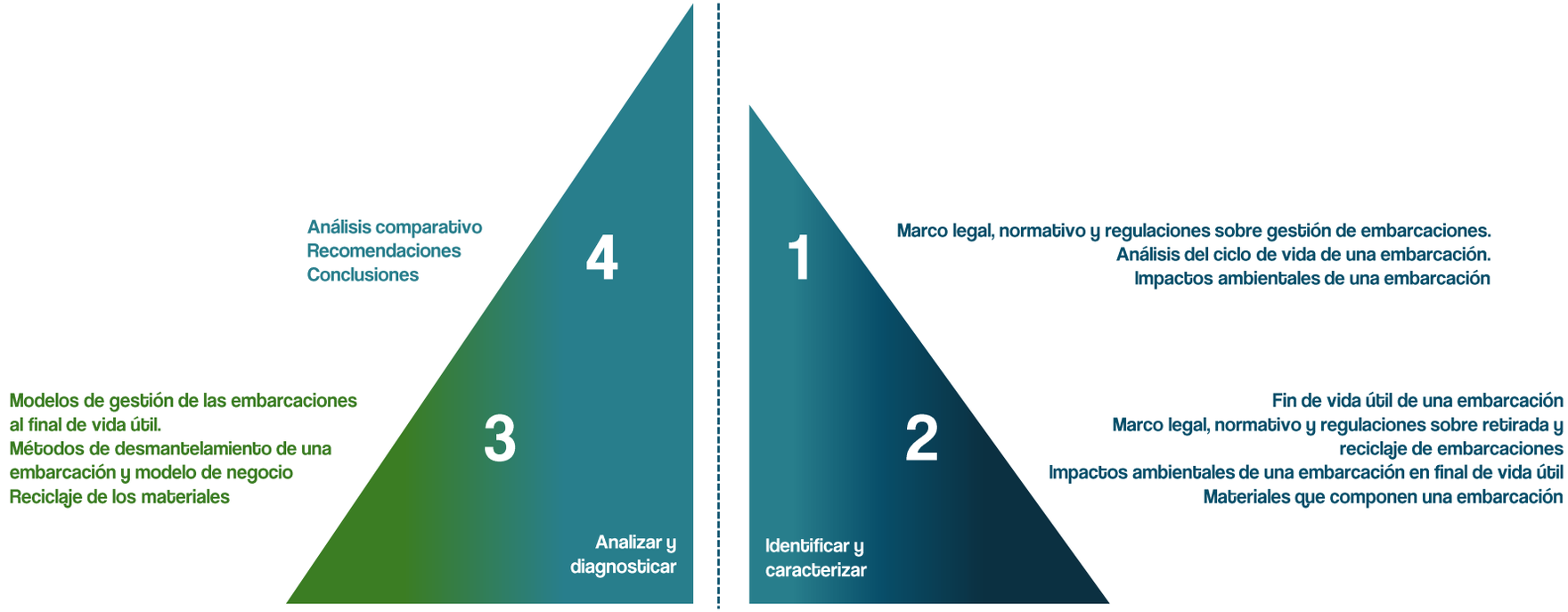
De esta forma, la metodología fue estructurada en 2 fases de trabajo: 1) identificar y caracterizar y 2) analizar y diagnosticar.

En la primera, las tareas realizadas han sido: i) la Identificación del marco legal, normativo y regulaciones de la retirada y reciclaje de embarcaciones, ii) un análisis del ciclo de vida de una embarcación de recreo y los impactos ambientales que genera, para posteriormente abordar aspectos del final de vida útil de una embarcación como iii) marco legal, impactos ambientales, opciones de desmantelamiento y reciclaje.

Y en la segunda fase, una vez realizado el análisis, se han diagnosticado los distintos casos y modelos de gestión de las embarcaciones en final de vida útil, métodos de desmantelamiento y su impacto ambiental, las capacidades tecnológicas sobre reciclaje de embarcaciones y sus materiales, todo ellos en función de su aplicabilidad y orientación al mercado bajo un enfoque de economía circular.

En la siguiente figura se representa de manera visual la metodología empleada para la definición de este diagnóstico.

Figura 0.3 – Diseño metodológico del diagnóstico



Actualmente, la legislación sobre la gestión de embarcaciones al final de su vida útil es insuficiente en lo que respecta a las embarcaciones de recreativas que no superan ciertos límites de tamaño/peso. Sin embargo, existen indicios de que la legislación y/o los impuestos están aumentando para abordar este problema.

Existen algunos autores (López et al., 2012; Summerscales, Singh y Wittamore, 2015) que sugieren que la base de la Directiva RAEE de la Unión Europea (Directiva Europea sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, 2002/96/CE) y la Directiva Europea sobre Vehículos al Final de su Vida Útil (1999/31/CE, 2000/53/CE) demuestra un mayor compromiso con la responsabilidad de los fabricantes y, por lo tanto, podría ser aplicable a la legislación relacionada con el final de la vida útil de las embarcaciones recreativas. En particular, Summerscales, Singh y Wittamore (2015) comentaron que Francia y Finlandia habían realizado varios estudios para encontrar los mejores enfoques para la eliminación de embarcaciones al final de su vida útil. Este enfoque proactivo de Francia podría ser el impulsor del nuevo "ecoimpuesto".

Si bien no es estrictamente aplicable a embarcaciones de recreo más pequeñas o ligeras, en cuanto a la legislación se demuestra el aumento de la responsabilidad reconocida por la gestión y eliminación de residuos de embarcaciones al final de su vida útil. En este sentido, la legislación internacional y de la UE abarca, en general:

EL CONVENIO DE BASILEA (1989)

Adoptado el 22 de marzo de 1989 en el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), proporciona un marco para la minimización y la gestión segura de residuos peligrosos para el medio ambiente. En virtud del Convenio, se elaboraron las Directrices Técnicas para la Identificación y la Gestión Ambientalmente Racional de los Residuos Plásticos y para su Eliminación (PNUMA/CHW.6/21).

El convenio describe los tipos y fuentes comunes de plásticos y detalla "*la manipulación, compactación, transporte, almacenamiento y envío seguros y racionales de residuos plásticos, así como las posibles aplicaciones de segunda vida para los materiales plásticos*" (Organización Marítima Internacional OMI, 2017). Sin embargo, las directrices no proporcionan orientación sobre los residuos relacionados específicamente con el PRFV al final de su vida útil, pero, en el contexto de esta revisión, es importante destacar que "*contienen información que podría ser útil para el desarrollo de nuevas directrices sobre la gestión del PRFV al final de su vida útil, en particular con respecto a los factores que influyen en las opciones de eliminación y reciclaje*" (OMI, 2017).

EL CONVENIO INTERNACIONAL DE NAIROBI SOBRE LA REMOCIÓN DE RESTOS DE NAUFRAGIO (ADOPCIÓN: 18 DE MAYO DE 2007, ENTRADA EN VIGOR: 14 DE ABRIL DE 2015).

El Convenio de Nairobi (firmado en Kenia en 2007) estableció una base legal para que los Estados retiren los restos de naufragio que puedan constituir un peligro para la navegación, poniendo en peligro a otros buques y a sus tripulaciones, y que puedan causar daños sustanciales al medio marino y costero (OMI, 2018). A través de las consultas realizadas en este estudio, si bien la Convención de Nairobi se ha identificado como un posible instrumento para la remoción de restos de naufragios en un estado insular, es importante señalar que la Convención solo se aplica a buques de arqueo bruto igual o superior a 300 toneladas y, hasta la fecha, solo ha sido ratificada por 41 estados.

CONVENIO DE HONG KONG SOBRE RECICLAJE RACIONAL DE BUQUES (2009). (ADOPCIÓN: 15 DE MAYO DE 2009, ENTRADA EN VIGOR 24 MESES DESPUÉS DE SU RATIFICACIÓN POR 15 ESTADOS, QUE REPRESENTAN EL 40% DE LA MARINA MERCANTE MUNDIAL EN ARQUEO BRUTO, CON UN VOLUMEN MÁXIMO ANUAL COMBINADO DE RECICLAJE DE BUQUES NO INFERIOR AL 3% DE SU ARQUEO COMBINADO).

Con referencia específica al reciclaje de buques al final de su vida útil, el Convenio de Hong Kong pretende garantizar que las embarcaciones que se reciclan no representen un riesgo excesivo para la salud humana, la seguridad y el medio ambiente. El Convenio es aplicable únicamente a buques de arqueo bruto superior a 500 toneladas y a buques de más de 500 toneladas brutas que operan en aguas internacionales, y no contiene ninguna referencia específica a los buques de fibra de vidrio (OMI, 2017). Sin embargo, al igual que con la base de los Convenios de Basilea y Nairobi, el Convenio de Hong Kong quizás proporcione directrices útiles para el desarrollo de instrumentos estatutarios y orientación para la gestión y eliminación seguras de buques de PRFV más pequeños y futuros métodos para su financiación.

REGLAMENTO (UE) Nº 1257/2013 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO DE 20 DE NOVIEMBRE DE 2013 RELATIVO AL RECICLADO DE BUQUES

El objetivo de este Reglamento, que modifica el Reglamento (CE) nº 1013/2006 y la Directiva 2009/16/CE, es prevenir, reducir al mínimo y, en la medida de lo posible, impedir accidentes, lesiones y otros efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente provocados por el reciclado de los buques, incrementando la seguridad y la protección de la salud humana y del medio marino de la Unión durante el ciclo de vida de un buque, en particular para garantizar la gestión respetuosa con el medio ambiente de los residuos peligrosos de dicho reciclado de buques.

También establece normas para garantizar la gestión racional de los materiales peligrosos en los buques, y, asimismo, tiene como objetivo facilitar la ratificación del Convenio Internacional de Hong Kong para el reciclaje seguro y ambientalmente racional de los buques (Convenio de Hong Kong). Su ámbito de aplicación al igual que el convenio de Hong Kong excluye los buques de arqueo inferior a 500 toneladas de arqueo bruto (GT).

Sección 1

IMPACTOS AMBIENTALES DE LA INDUSTRIA NÁUTICA



Alrededor del 44% de la contaminación marina (aguas residuales, hidrocarburos, productos químicos, residuos industriales, etc.) proviene directamente de fuentes terrestres. Los contaminantes introducidos al medio marino a través de la atmósfera representan el 33% de toda la contaminación marina. Por lo tanto, las actividades humanas terrestres representan alrededor del 67% de toda la contaminación marina. Los vertidos al mar representan otro 10%, y un 1% proviene de la exploración y perforación petrolera en alta mar. Solo el 12% de la contaminación marina puede atribuirse a actividades marinas, a saber, el transporte marítimo, el transporte de hidrocarburos y productos peligrosos, las actividades portuarias, la interfaz buque-puerto, accidentes como derrames de petróleo, la desgasificación, otros vertidos y las actividades marinas recreativas.

Dado el mayor valor y la diversidad de las actividades marinas, es probable que la navegación recreativa y otras actividades acuáticas de ocio solo representen una pequeña proporción de ese 12% de actividades contaminantes marinas. Según los diversos estudios disponibles en la actualidad, se estima que las actividades marinas recreativas representan, como máximo, una fracción del 1% del total. Estudios sobre la contribución de las actividades marinas recreativas a la contaminación general en ciudades marítimas como Atenas o en zonas de EE.UU. confirman esta estimación del 1% y destacan la considerable diferencia en tamaño y potencia entre los buques comerciales y las embarcaciones de recreo. Considerando la contaminación atmosférica, las emisiones de los motores marinos recreativos por sí solas representan el 0,56% de las emisiones totales causadas por las actividades humanas y el 1,65% de las emisiones del transporte por carretera.

En este contexto, es fundamental reflexionar sobre la búsqueda de maneras de preservar y proteger el medio marino y acuático. Diversas instituciones y organizaciones ya han comenzado a centrarse en este tema, al tiempo que se han adoptado diversas normativas y proyectos internacionales, nacionales, regionales y locales para abordar las cuestiones ambientales. Entre las iniciativas internacionales se incluyen los ocho Programas de Mares Regionales, llevados a cabo bajo los auspicios de la OMI y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Paralelamente, la Unión Europea adoptó la Directiva 2008/56/CE, que define una estrategia para la protección del medio marino. A nivel nacional y local, los Estados Miembros de la UE han adoptado sus propias medidas para proteger el medio ambiente. Es fundamental que los diversos actores involucrados en las actividades marítimas y fluviales colaboren para evitar la duplicidad de esfuerzos y las incoherencias entre los distintos programas de acción. Lo mismo aplica a las iniciativas de desarrollo regulatorio. Es necesario garantizar la coherencia de las distintas leyes y su armonización internacional, cuando corresponda. El desarrollo regulatorio también debe realizarse consultando a las partes interesadas, tanto del sector privado como del público, teniendo en cuenta la naturaleza específica de las actividades marinas.

En 2009, la Confederación Europea de Industrias Náuticas (EBI) publicó su segundo informe sectorial sobre el impacto ambiental de las actividades náuticas. Esta segunda edición analizó en detalle las fuentes de contaminación de las embarcaciones de recreo, analizando en particular las emisiones de petróleo e hidrocarburos y su impacto tanto en el aire como en el agua, la evaluación y gestión del ruido y, finalmente, las aguas residuales. La primera edición recordó que casi el 80% de la contaminación marina se debe a actividades terrestres y concluyó que las actividades náuticas, y en especial la navegación recreativa, eran responsables de menos del 1 % de la contaminación total que afecta al medio marino. Sin embargo, el estudio se propuso una serie de posibles mejoras para paliar este pequeño impacto, con el objetivo de que los profesionales de la industria náutica desempeñen un papel más activo informando, asesorando y orientando a los usuarios hacia buenas prácticas y productos respetuosos con el medio ambiente.

El estudio estaba dirigido a profesionales de la industria náutica, responsables políticos y partes interesadas en combinar los beneficios de un sector industrial dinámico con la protección del medio ambiente, destacando la necesidad de gestionar los residuos de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) para evitar la contaminación marina, el impacto visual y los riesgos químicos por abandono, proponiendo el reciclaje y la economía circular. Varias asociaciones nacionales que representan a la industria náutica ya han adoptado programas voluntarios que desarrollan medidas prácticas para prevenir la contaminación y proteger el medio ambiente. Entre ellos, se incluyen la campaña de concienciación «Green Blue» contra el fraude recreativo en el Reino Unido y el programa «Bateau Bleu» en Francia.

Uno de los métodos más responsables y exhaustivos para evaluar el impacto ambiental de una actividad o un producto es el enfoque del ciclo de vida. En este enfoque, se considera el impacto ambiental de un producto desde su diseño hasta su eliminación, incluyendo su uso durante toda su vida útil y las actividades asociadas. Para apoyar el desarrollo sostenible del sector, la industria náutica europea promueve un enfoque que considera tanto el impacto social como el ambiental de las actividades náuticas.

La segunda edición el informe de EBI está estructurado para seguir el enfoque del ciclo de vida de una embarcación e identificar su impacto ambiental desde su concepción y fabricación, pasando por su vida útil y operaciones relacionadas, hasta su eliminación al final de su vida útil. Los datos proporcionados en la primera edición se actualizaron en la segunda edición. Finalmente, el equipo de consultores que lo realizo aplicó el mismo enfoque que en la primera edición; es decir, se utilizaron únicamente estudios existentes y datos públicos para recopilar en un solo estudio las numerosas investigaciones realizadas hasta la fecha.

Si analizáramos los impactos ambientales en función del ciclo de vida de las embarcaciones, tendríamos:

1. una primera parte enfocada en el diseño de embarcaciones, su proceso de fabricación y los impactos ambientales relacionados.
2. una segunda parte, los posibles impactos ambientales se relacionan con la vida útil de la embarcación: emisiones de aceite e hidrocarburos, ruido, aguas residuales, pinturas antiincrustantes, basura, pirotecnia caducada, daños físicos al medio ambiente y el impacto en las poblaciones de peces.
3. Y una tercera y última, relacionada con la cuestión del final de la vida útil de una embarcación.

Las actividades náuticas desempeñan un papel fundamental en la promoción de la protección del medio ambiente. El sector náutico también depende en gran medida de la calidad ambiental, crucial para el futuro a largo plazo de las actividades marinas recreativas y el turismo. Es evidente que cualquier deterioro del ecosistema marino tendrá un impacto negativo en el turismo en general y en las actividades acuáticas en particular. Un estudio realizado en la isla griega de Rodas demostró que las medidas para mejorar la preservación del entorno marino y costero de la isla incrementaron sus ingresos anuales procedentes del turismo en unos 15 millones de euros. De igual modo, en los últimos 30 años se ha reducido la contaminación de ríos y lagos en Europa y se han revitalizado los ecosistemas. Como resultado, las actividades acuáticas han cobrado impulso y se han desarrollado en estas zonas, aportando importantes beneficios sanitarios, sociales y económicos.

Para evaluar el impacto ambiental de estas actividades, se deben considerar una serie de fenómenos relacionados con las actividades náuticas:

- Vertidos de hidrocarburos y otros residuos de petróleo de embarcaciones de recreo y motores de embarcaciones privadas;
- Molestias acústicas de los motores de recreo;
- Aguas negras o residuales que deben recogerse a bordo y en puerto cuando sea necesario;
- Aguas grises de todos los lavados y operaciones acuosas a bordo;
- Pinturas antiincrustantes durante su uso en el casco de las embarcaciones para su mantenimiento;
- Basura y otros residuos generados a bordo que deben eliminarse en el puerto;
- Daños físicos al medio ambiente, como un fondeadero inadecuado o la generación de olas;
- Disminución de las poblaciones de peces debido a la pesca recreativa y la pesca deportiva;
- Introducción de especies no autóctonas en travesías largas.

El análisis de los diversos impactos ambientales mostrará que la industria puede limitar eficazmente algunos de ellos mediante mejoras tecnológicas. Otros están estrechamente vinculados al comportamiento del usuario y deberán abordarse mediante medidas y acciones mejoradas para informar mejor al público. En estos ámbitos, los navegantes recreativos y los aficionados a las actividades náuticas desempeñan un papel fundamental en la minimización del impacto ambiental de sus actividades. Sin embargo, es responsabilidad de la industria náutica proporcionarles tecnologías y productos respetuosos con el medio ambiente. La industria también es responsable de concienciar, informar periódicamente y contribuir a la educación de los usuarios para una práctica sostenible de la navegación y los deportes acuáticos. Se requiere mayor investigación y desarrollo en ciertas áreas para ofrecer a los usuarios productos y tecnologías respetuosos con el medio ambiente.

El medio marino es sensible a las influencias externas y representa un complejo multifacético de aire, agua, fauna y flora, vital para el bienestar humano, la salud y el clima. En este sentido, diversas organizaciones internacionales están actuando para proteger la calidad del aire y el agua.

1.2 ENFOQUE DE CICLO DE VIDA DE LAS EMBARCACIONES DE RECREO

La preocupación sobre la contaminación medioambiental, el cambio climático y la escasez de recursos, entre otras, han llevado a la sociedad a la necesidad de tomar medidas en favor de la sostenibilidad del medio ambiente.

Un enfoque de ciclo de vida para los productos ayuda a abordar los principales desafíos ambientales que enfrenta el planeta, como la gestión de los recursos naturales, el consumo de energía y el cambio climático. El ciclo de vida de un producto comienza con la extracción de la materia prima. Continúa con la fabricación de los productos semiacabados, el acabado y el ensamblaje del producto final, su uso y mantenimiento, y concluye con las operaciones de fin de vida útil. Esta última etapa incluye el reciclaje de materiales y la eliminación final de residuos.

Para productos fácilmente reciclables, como los fabricados con aluminio, el ciclo de vida puede considerarse primario donde el material reciclado puede reemplazarse por materia prima. Solo el material que se pierde en las diferentes etapas del ciclo de vida debe reemplazarse por materia prima.

Durante todas las etapas en la vida útil de un material se consume energía, se utilizan recursos renovables y se contamina el medio ambiente en mayor o menor cantidad dependiendo del material.

Se considera material sostenible todo aquel que sea respetuoso con el medio ambiente, que se pueda reciclar, que no consuma mucha energía durante su ciclo de vida o aquel cuya fabricación conlleve una reducción del uso de recursos naturales.

Para determinar la sostenibilidad de un material se realiza el análisis del ciclo de vida (ACV), donde se determinan los impactos ambientales de un material desde la fase de extracción hasta la fase de eliminación.

La evaluación del ciclo de vida se realiza en 4 etapas:

1. Definición del objetivo y alcance de estudio
2. Análisis del inventario
3. Evaluación del impacto ambiental
4. Interpretación de resultados



Las principales fases de la fabricación de una embarcación son la producción del casco y la cubierta, el equipamiento interior, la jarcia y las velas, la instalación del motor y el sistema de propulsión, además del equipamiento técnico y electrónico. El siguiente análisis de los materiales se centrará en la fabricación del casco, las estructuras y la cubierta, que es la fase más necesaria en términos de recursos y energía.

No existen cifras sobre la proporción de los diferentes materiales utilizados para la fabricación del casco, las estructuras y la cubierta en Europa. Sin embargo, se puede asumir que, actualmente, los materiales compuestos representan la gran mayoría de las embarcaciones construidas en Europa. La madera, el aluminio y el acero también se utilizan como materiales de construcción, pero representan una pequeña minoría del volumen actual de producción de embarcaciones. Los metales y la madera se encuentran en cantidades mucho menores en el equipamiento interior, el equipamiento de la embarcación y su jarcia. A modo de ejemplo, la industria náutica francesa produce aproximadamente el 95% de sus embarcaciones en PRFV, alrededor del 3% en aluminio, aproximadamente el 2% en madera (contrachapado y madera moldeada) y, como máximo, el 1% en acero.

A continuación, se analizan cada uno de los tipos de embarcaciones según sus materiales.

EMBARCACIONES DE ALUMINIO

A pesar de la abundancia de bauxita (mineral de aluminio), es un recurso no renovable.

El aluminio es casi inexistente en su forma nativa e implica un proceso de transformación de su mineral de bauxita, con un alto consumo energético, para producir el propio metal. La producción de una tonelada de aluminio requiere de 4 a 5 toneladas de bauxita y grandes cantidades de agua. Se requieren entre 13.000 y 17.000 kWh de energía para el proceso de fabricación electrolítica, que también genera emisiones de dióxido de carbono (CO_2). Sin embargo, una vez producido, el metal es fácilmente reciclable, ya que el proceso de reciclaje utiliza un 95% menos de energía que el proceso de producción. Un casco de barco de aluminio al final de su vida útil puede, en gran medida (casi el 95%), reincorporarse a la cadena de producción mediante reciclaje. Además, su luminosidad, facilidad de reparación y alta elongación a la rotura lo convierten en un material seguro para embarcaciones destinadas a condiciones extremas.

EMBARCACIONES DE ACERO

A pesar de su carácter no renovable, el mineral de hierro también es abundante en la Tierra. Su conversión en acero implica un proceso bien conocido y, además, el acero es casi totalmente reciclable. Su principal valor reside en sus propiedades mecánicas fundamentales: resistencia a la tracción, dureza y elasticidad. La principal desventaja del acero es su baja resistencia a la corrosión y su densidad. Un casco de acero construido con las mismas normas pesará más que uno de aluminio, lo que requiere mayor energía para impulsar el barco en el agua. Los problemas de corrosión pueden abordarse mediante el uso de recubrimientos anticorrosivos. Estos recubrimientos (principalmente pintura) aumentan el impacto ambiental de un barco de acero durante su vida útil. El acero inoxidable podría ser una solución, pero su precio y la deformación durante la soldadura hacen que normalmente solo se utilice para herrajes.

EMBARCACIONES DE MADERA

En general, la madera es un recurso renovable y los árboles vivos de los que se produce son un sumidero de carbono y una fuente de oxígeno. Cabe destacar que la mayor parte de la madera utilizada en la construcción de barcos se importa de África, el sudeste Asiático o América, y el coste del carbono de su transporte anula parte de su impacto positivo inicial como fuente de oxígeno y sumidero de carbono. Sería preferible la madera de cultivo local, aunque la construcción de barcos requiere maderas especializadas, que no siempre se encuentran en Europa. Lamentablemente, algunos bosques se explotan de forma no sostenible. Para reducir la prevalencia de esta práctica, se debe utilizar madera etiquetada siempre que sea posible.

Existen dos tipos de construcción de barcos de madera: la clásica, con madera maciza, y la moderna, más común hoy en día, que utiliza ampliamente colas y resinas epoxi. El contrachapado es el método de construcción más común en la actualidad. La construcción de embarcaciones de madera requiere personal capacitado y técnicas de adhesión de alta calidad, con una protección superficial eficaz mediante el uso de sustancias sintéticas y pinturas. Existen selladores de superficies naturales en el mercado, pero estos pueden requerir intervalos de mantenimiento más frecuentes.

Los cascos de embarcaciones de madera, en producción, generalmente se construyen sobre una estructura principal utilizando paneles de contrachapado para cascos de pantoque difíciles, o finas tiras de madera unidas para formar un monocasco multicapa para los tipos de sentina redonda. El casco de madera puede ser más ligero que sus homólogos de metal o de composite monolítico. Sin embargo, el contrachapado, al ser una embarcación de madera moldeada en frío, requiere un uso extensivo de resinas, pegamentos y selladores de superficie, lo que hace que su reciclaje sea prácticamente imposible, a diferencia de las plantas tradicionales. Por esta razón, las embarcaciones de madera modernas tienen un coste ambiental relativamente alto al final de su vida útil.

EMBARCACIONES DE COMPUESTOS

Las embarcaciones construidas con composites sándwich o monolíticos representan la gran mayoría de las embarcaciones de recreo que se producen en la actualidad. Las principales ventajas son su bajo coste de fabricación, su peso de construcción

relativamente ligero, su bajo mantenimiento, tanto en coste como en tiempo, y su relativa facilidad de modificación. No obstante, el uso de composites depende de la disponibilidad de petróleo, y la producción de resina y refuerzo de fibra implica un alto consumo de energía y las consiguientes emisiones atmosféricas. Estas desventajas se compensan en cierta medida con los considerables esfuerzos de los fabricantes por reducir las emisiones durante la fabricación del producto final. Nuevas técnicas de procesamiento, iniciativas voluntarias para abordar la eliminación de las embarcaciones al final de su vida útil y la investigación y el desarrollo de compuestos y biocompuestos reciclables contribuyen a minimizar las emisiones.

Considerando los diferentes materiales de construcción utilizados en la construcción naval, se pueden establecer las siguientes comparaciones entre los materiales tradicionales y los compuestos para la producción y la vida útil de un catamarán:

Tabla 1.1 - Comparación para la producción de un catamarán

Producción del casco con Material de entrada (t/casco)	Versión composite	Versión acero	Versión aluminio
Materias primas abióticas	22,6	39,4	68,6
Agua	641	337	2194
Aire	9,9	14,1	22,2

Tabla 1.2 - Comparación del ciclo de vida de un catamarán

Producción del casco con Material de entrada (t/25 años)	Versión composite	Versión acero	Versión aluminio
Materias primas abióticas	9.997	20.981	20.981
Agua	58.082	121.900	121.900
Aire	27.851	58.453	58.453

Elaboración propia. Fuente: Sustainability considerations for end-of-life fibre-reinforced plastic boats. Ruadan Geraghty, Jasper Graham-Jones, Richard Pemberton, John Summerscales and Simon Bray.

Cabe destacar que el menor peso de la estructura compuesta, junto con un motor más rápido, resultó en una reducción del 52% en el consumo de combustible en este estudio.

EMBARCACIONES DE RESINA TERMOPLÁSTICA

Desde hace algunos años, un gran número de embarcaciones pequeñas (botes, kayaks, velas pequeñas, etc.), tanques o piezas de tuning se fabrican con resinas termoplásticas. Las piezas para accesorios se moldean mediante inyección de resina termoplástica (Polietileno PE u otras), pura o reforzada con esferas o fibras de vidrio o carbono. Las piezas más grandes se fabrican mediante moldeo rotacional o extrusión-soplado. Estas resinas tienen una alta resistencia al impacto y son reciclables. Sin embargo, las resinas solas, es decir, sin reforzar, no son muy resistentes a la flexión y las piezas producidas son más pesadas que las de materiales compuestos. Esto limita el tamaño de las piezas producidas.

Recientemente, se han comenzado a utilizar materiales compuestos que utilizan fibra de vidrio o carbono y resina termoplástica en la industria de la construcción naval. Estos materiales compuestos son ligeros (la resina de PE es más ligera que el poliéster) y tienen una increíble resistencia al impacto. Actualmente, su producción se limita a piezas costosas donde la resistencia al impacto es esencial. Pero este proceso sin duda tiene futuro.

Se pueden observar numerosas embarcaciones de PRFV en diversos estados de deterioro en astilleros y abandonadas en mar y en tierra. Esto pone de relieve la dificultad de localizar a los responsables y la carga financiera que la propiedad de una embarcación puede suponer para las personas, lo que provoca el abandono generalizado y, por consiguiente, problemas de eliminación para los astilleros, las autoridades locales y los organismos gubernamentales.

Resulta difícil detallar las implicaciones ambientales de la eliminación de cascos de embarcaciones de PRFV, ya que parece existir una falta general de investigación disponible sobre los resultados de algunas de las diversas vías de eliminación.

Con lo que los datos permiten, los impactos se analizan a continuación.

DESCOMPOSICIÓN/ELIMINACIÓN EN TIERRA

Esta actividad abarca la práctica de la quema. Esta no es una vía de eliminación reconocida ni recomendada; sin embargo, la investigación para este informe indica que es la más utilizada como último recurso. La descomposición en tierra sobre la integridad del material compuesto es difícil de cuantificar, ya que la naturaleza de los cascos de embarcaciones de PRFV y la investigación revisada aquí sugieren una posible vida útil (con cierto margen de error) de 30 a 50 años, aunque esto se supone en el contexto de un uso en entornos acuáticos. Como demuestran numerosos artículos de investigación, los residuos de resina/vidrio hilado de los cascos de embarcaciones de PRFV no son biodegradables y otros factores (por ejemplo, la fotodegradación) tienen un efecto limitado; por lo tanto, la vida útil del casco puede ser considerablemente mayor que los períodos sugeridos.

EFECTOS FÍSICOS

Los efectos físicos del abandono o reciclaje en el terreno incluyen la evidente pérdida de espacio y los impactos visuales, que no deben ignorarse. El abandono puede ocurrir en zonas de gran belleza natural, potencialmente importantes para el turismo o la economía local. Por lo tanto, la percepción de los usuarios locales puede verse afectada negativamente por este hecho. En zonas de especial relevancia, los aspectos visuales pueden ser un factor determinante, por ejemplo, en países donde la percepción del turismo puede ser importante para los ingresos locales, junto con el impulso a la conservación de los mismos aspectos que los turistas visitan.

Además de lo anterior, la eliminación en el terreno mediante reciclaje puede beneficiarse de una mayor consideración con respecto a la salud humana y los posibles efectos cancerígenos, problemas cutáneos y respiratorios, además de la calidad del agua y los cambios a largo plazo asociados con un esfuerzo concentrado de reciclaje.

EFECTOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS

Meteorización

Existen datos limitados sobre la descomposición física de los productos de PRFV al permanecer en tierra. Los posibles efectos relacionados con esto son la liberación de compuestos de hidrocarburos a medida que el material se descompone y las fibras contenidas en la matriz resinosa.

Existen varios artículos que consideran la meteorización ambiental en compuestos de PRFV y que este se descompone con el tiempo debido a diversos factores climáticos, entre los que destacan la temperatura y la humedad, que provocan el agrietamiento por tensión ambiental. Otros factores, como la luz ultravioleta asociada a la radiación solar, también pueden provocar la descomposición de los materiales de PRFV mediante la liberación de radicales libres (una molécula o átomo altamente reactivo con un electrón desapareado) en la estructura resinosa. No se proporcionan elementos de escala temporal, pero se puede asumir que el período de degradación por el clima y la luz solar es potencialmente mayor que los 30 - 50 años sugeridos por otros trabajadores en escenarios de uso "normal".

Como se mencionó anteriormente, la liberación de fibras a la atmósfera o la degradación (o rotura) de los cascos con fibras expuestas puede provocar irritación de las vías respiratorias y la piel. Si bien el Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU. publicó un informe en 1994 en el que se afirmaba que se "*prevé razonablemente que la fibra de vidrio sea cancerígena*", se emitió una advertencia indicando que esto no se aplicaba a la exposición general del consumidor. Por otro lado, la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales, la Asociación Norteamericana de Fabricantes de Aislamiento y otros grupos, también subrayan que la investigación concluyente no ha demostrado que la fibra de vidrio sea cancerígena en humanos. Sin embargo, dada la falta de investigación y ejemplos claros, la erosión al aire libre de los cascos de PRFV (a diferencia del corte) posiblemente sea de menor importancia si se considera en relación con otros factores.

Quema

Existe poca información sobre la práctica pública o comercial de quemar embarcaciones de PRFV a cielo abierto como una vía de eliminación reconocida. Sin embargo, un documento hizo referencia a la "*quema en patios traseros*" de embarcaciones antiguas. Hay indicios claros de que la quema a cielo abierto, en general, no estará regulada y se recomienda encarecidamente no hacerlo. No obstante, es evidente que es una opción adoptada para gestionar el problema a nivel privado cuando el espacio se convierte en un problema.

Algunas investigaciones exploraron las emisiones tóxicas de numerosas fuentes de quema a cielo abierto. En las mismos se plantea que en las emisiones de la quema de embarcaciones de PRFV, asumiendo que no hay un PRFV universal en la producción de embarcaciones, contienen numerosos compuestos orgánicos incluidos en la lista de Contaminantes Atmosféricos Peligrosos (HAP) de la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA).

Un análisis de los compuestos de ejemplo producidos por las emisiones de la combustión de PRFV muestra efectos agudos (a corto plazo) que incluyen:

- Disfunción del sistema nervioso central y narcosis, por ejemplo, tolueno;
- Irritación de ojos, piel y vías respiratorias (exposición a corto plazo), por ejemplo, benceno;
- Irritación de ojos, nariz y garganta, y efectos gastrointestinales, por ejemplo, compuestos de xileno;
- Irritación de ojos y piel, efectos tóxicos en el hígado, los riñones y los sistemas nerviosos central y periférico, por ejemplo, bifenilo;
- Anemia hemolítica, daño hepático y neurológico, p. ej. naftaleno.

ELIMINACIÓN EN VERTEDEROS

EFECTOS FÍSICOS

Como se mencionó anteriormente, el vertido no se considera una solución viable a largo plazo para el tratamiento de residuos, y mucho menos para los cascos de embarcaciones de PRFV al final de su vida útil. Sin embargo, actualmente la mayoría de los productos de PRFV que se desechan terminan en vertederos, y los cascos de PRFV y los residuos relacionados (por ejemplo, las palas de aerogeneradores), a pesar de la creciente investigación y metodologías, siguen esta ruta basándose en razones financieras. A menos que se descompongan considerablemente en pequeños trozos, los cascos, etc., son voluminosos y grandes, y ocupan un espacio considerable en los vertederos.

Un intento por encontrar información concisa sobre el estado restante de los recursos de los vertederos a nivel mundial, o una dirección clara por países, resultó contradictorio, con opiniones divergentes sobre los años de uso restantes o su baja disponibilidad. Por ejemplo, en el Reino Unido, se afirma que el espacio en vertederos en Inglaterra desaparecerá en un plazo de 6 a 7 años (Gobierno del Reino Unido, 2016). Por el contrario, algunas empresas de vertederos consideran que aún existe capacidad y oportunidad (por ejemplo, generación de energía) en los vertederos. Sin embargo, la tendencia general es alejarse de los vertederos y apuntar a una mayor reducción y reciclaje, especialmente en relación con los plásticos.

Un vertedero planificado recibe cuatro veces la cantidad de residuos prevista y una gran cantidad de material (aproximadamente el 12%) se vertía en cuerpos de agua y terrenos abiertos. Por lo tanto, en este contexto, el impacto físico de la eliminación del casco de PRFV en un vertedero es una ocupación desproporcionada de espacio para un desecho que tardará un tiempo considerable en descomponerse, si es que se descompone, en las probables condiciones anóxicas del vertedero.

EFECTOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS

La descomposición del PRFV en vertederos parece ser un campo poco estudiado. A pesar de numerosas búsquedas bibliográficas, no se han podido identificar fácilmente datos ni informes. Esto quizás refleje la opinión generalizada de que estos compuestos son inherentemente muy estables y tardan muchos años en descomponerse.

Uno de los primeros trabajos que investigó los problemas de la eliminación de pequeñas embarcaciones de PRFV comentó sobre la posibilidad de que estos compuestos de las embarcaciones aumenten el riesgo de incendio por combustión espontánea en vertederos. Curiosamente, en condiciones de vertedero, un estudio encontró que incluso los plásticos degradables mostraron pocos cambios durante un período de 12 meses. Por otro lado, *Yamamoto et al. (2001)* informaron que se encontró bisfenol A lixiviado desde vertederos en Japón a niveles tóxicos para la vida acuática. El bisfenol se ha utilizado en la producción de cascos de PRFV y se utiliza como monómero para la producción de policarbonato o resina epoxi. Sin embargo, *Summerscales (2018)* plantea que es más probable que la fuente fueran aditivos en plásticos (p. ej., véase *Guart et al., 2011*), ya que las moléculas de las resinas PRFV son de cadena larga altamente estables y se utilizan con frecuencia, por ejemplo, en tuberías subterráneas.

RESIDUOS EN EL MAR

Esta sección no aborda el abandono de embarcaciones en la costa, sino el proceso de hundimiento deliberado cerca o en la costa. Sin embargo, se reconoce que numerosas embarcaciones recreativas, principalmente de PRFV, son abandonadas por sus propietarios en amarres en tierra.

El hundimiento es una opción que adoptan algunos propietarios de embarcaciones cuando no están seguros de las opciones disponibles, cuando la situación financiera lo restringe o quizás porque creen que las embarcaciones de PRFV más pequeñas se utilizarán como arrecife artificial. Se menciona en artículos e informes como una medida de último recurso o un enfoque deliberado, y quizás irresponsable. No se dispone de cifras inmediatas sobre la magnitud del asunto. Cabe destacar en este contexto que el Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación por los Buques (MARPOL), el principal convenio internacional que regula la prevención de la contaminación del medio marino por buques

por causas operacionales o accidentales, considera las embarcaciones de PRFV como plásticos, por lo que están cubiertos por MARPOL, lo que prohíbe el vertido de plástico al mar. Sin embargo, la eliminación de cascos de embarcaciones de PRFV en el mar no está contemplada, ya que MARPOL solo se aplica a la basura generada a bordo.

Además, el Convenio y el Protocolo de Londres, los tratados internacionales que protegen el medio marino de la contaminación causada por el vertido de desechos al mar, han elaborado las Directrices Específicas Revisadas para la Evaluación de Buques (OMI, 2016). Estas directrices establecen los factores que deben tenerse en cuenta al considerar la eliminación de buques en el mar, con especial énfasis en la necesidad de evaluar alternativas. Sin embargo, estas directrices establecen explícitamente que no abordan las preocupaciones específicas sobre la eliminación de embarcaciones de PRFV.

Como se mencionó anteriormente, el espacio disponible en los vertederos es un problema en los territorios insulares, lo que en algunos casos conduce a la eliminación no regulada de residuos en tierra y agua. El problema de las embarcaciones de PRFV abandonadas cerca de la costa o en alta mar es quizás más relevante en relación con la dependencia de los servicios ecosistémicos (por ejemplo, la pesca y el ecoturismo).

Además, para destacar una posible idea errónea, se señala que las embarcaciones de PRFV ya no eran aceptadas (en ese momento) por los programas de arrecifes de Nueva Jersey y Nueva York (repetidos por la EPA de EE. UU.) debido a que «*la acción de las olas y las corrientes rompían y desplazaban las embarcaciones. Por lo tanto, los restos de naufragios de fibra de vidrio no proporcionaban el entorno estable necesario para un arrecife artificial y los restos de fibra de vidrio terminaban en las playas*». En este sentido, el trabajo de *Summerscales, Singh y Wittamore (2015)* señala que, en Estados Unidos, los cascos de embarcaciones de PRFV hundidos a profundidades superiores a 75 m "*probablemente permanezcan allí y que los peces los habiten durante al menos 30-40 años*" pero que "*los cascos hundidos a 35 m o menos probablemente se vean afectados por tormentas, incluso cuando los segmentos estén conectados con cables*". Por lo tanto, existe la posibilidad de que se produzcan daños en las características bentónicas, como los arrecifes y las praderas marinas, el varamiento de escombros en tierra o su descomposición en microplásticos, con posibles implicaciones ecológicas y de bioacumulación.

EFECTOS FÍSICOS

Existe poca información general sobre los daños físicos al hábitat causados por embarcaciones abandonadas de PRFV u otras construcciones. Sin embargo, resulta útil la existencia de un artículo que analiza el tema con cierto detalle, con especial referencia a las islas del Pacífico y el Caribe. Dado que los representantes de los estados insulares fueron fundamentales para impulsar la atención de estos estudios sobre este tema, este artículo (*Lord-Boring, Zelo y Nixon, 2004*) es pertinente y se cita en este documento.

Este trabajo analiza los aspectos físicos y químicos de las embarcaciones abandonadas en los sistemas bentónicos marinos y sus implicaciones generales para la ecología y el funcionamiento de estas comunidades. La contaminación por elementos plásticos se analiza a continuación, así como los aspectos relacionados con el antiincrustante y otros contaminantes que posiblemente aún sean pertinentes para los cascos abandonados, aunque con menos detalle que el propio elemento de PRFV.

Los autores señalaron que se pudieron observar daños físicos causados por embarcaciones abandonadas en hábitats de praderas marinas, corales y manglares. Esto puede ocurrir no solo en el momento del hundimiento, sino también en tormentas posteriores que pueden desplazar los restos, especialmente en aguas someras, a zonas sensibles o causar mayores daños por impactos físicos repetidos.

Los efectos registrados por *Lord-Boring, Zelo y Nixon (2004)* incluyen:

- Cicatrices iniciales de encallamiento que pueden exacerbar la erosión, especialmente en zonas de praderas marinas que son importantes servicios ecosistémicos de las praderas marinas como suministro de nutrientes y detritos para redes tróficas marinas más amplias y protección costera pasiva, además de numerosos otros beneficios particularmente relevantes para las comunidades insulares.
- En las zonas de praderas marinas, además de los efectos iniciales de encallamiento, se registró erosión (debida a la alteración de la corriente a meso/microescala) de entre 1 y 30 m. También se observó un aumento en la altura de los brotes y la densidad de los pastos marinos con la distancia de los buques hundidos y los escombros, aunque los cambios en la corriente se relacionaron principalmente con buques más grandes y escombros más comúnmente asociados con embarcaciones más pequeñas (por ejemplo, recreativas).
- Impactos en los arrecifes de coral, incluyendo: daños por el encallamiento inicial del buque; daños por el buque o los escombros y restos de coral resultantes movidos por la acción de las olas, particularmente durante las tormentas; aplastamiento de organismos bentónicos y desplazamiento de la biota residente; relleno de vacíos; y reducción de la complejidad de los arrecifes, lo que puede conducir a la pérdida de biodiversidad y un mayor impacto en los servicios ecosistémicos como el turismo, el suministro de alimentos y la protección costera pasiva registraron extensos campos de escombros asociados con embarcaciones hundidas, con desechos de embarcaciones recreativas que se desplazan por extensas áreas.

Si bien el daño a los hábitats de manglares, praderas marinas y corales causado por embarcaciones abandonadas puede ser relativamente localizado, el efecto acumulativo de esta práctica puede aumentar a menos que se gestione de forma proactiva, ya que se prevé que aumente la eliminación de embarcaciones de PRFV al final de su vida útil.

La prevención de la eliminación en el mar, en términos de efectos físicos negativos, debería ser una consideración futura y un factor determinante en las políticas planificadas y las posibles vías de financiación.

EFECTOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS

Los efectos químicos y biológicos del vertido de buques de PRFV en el mar son menos fáciles de esclarecer en lo que respecta al elemento plástico. Existe una relación química y, por lo tanto, biológica, generalmente estudiada, con otras sustancias asociadas con buques abandonados en ecosistemas bentónicos/pelágicos. Estas incluyen productos de hidrocarburos (p. ej., aceites de motor) y pinturas antiincrustantes. Estas últimas, en particular, pueden provocar una menor diversidad y un efecto de "halo" en comunidades relativamente desfavorecidas afectadas por la toxicidad a largo plazo del antiincrustante.

En cuanto a la contaminación por plásticos, los efectos de la descomposición física de las embarcaciones de PRFV en los ecosistemas y la bioacumulación a través de las redes tróficas son menos conocidos. Es un estudio amplio y cada vez más reconocido que los plásticos en el entorno marino se descomponen finalmente en microplásticos, y algunos plásticos se descomponen con mayor facilidad que otros, pero no se disponía de datos precisos sobre la descomposición de los PRFV. Por ejemplo, el documento del Grupo de Expertos sobre los Aspectos Científicos de la Protección del Medio Marino (GESAMP, 2015) considera los plásticos a escala global, pero hace una referencia a las embarcaciones y al material de producción asociado. Esto no constituye una crítica, sino una reflexión sobre la falta de datos disponibles sobre el destino químico/biológico de las partículas de PRFV.

Al igual que con otros plásticos, se puede asumir razonablemente que el PRFV se descompone en microplásticos; si bien el PRFV es un compuesto muy resistente, este puede ser un proceso largo sin impacto físico. Se sabe que las partículas de plástico son asimiladas en la cadena alimentaria por el zooplancton (p. ej., *Desforges, Galbraith y Ross, 2015*), los organismos filtradores (p. ej., *Van Cauwenberghe et al., 2015*), por lo que pueden bioacumularse y biomagnificarse en organismos superiores (*Wright, Thompson y Galloway, 2013*), o pasar directamente a organismos planctónicos superiores como el tiburón peregrino y las ballenas (*Fossi et al., 2014*).

Los plásticos no solo se acumulan en el intestino de los organismos receptores, sino que también tienen la capacidad de absorber contaminantes orgánicos persistentes como los HAP, los bifenilos policlorados (PCB) y el dicloro difenil tricloroetano (DDT) [y metales pesados (*Rochman, 2015*)], y pueden alcanzar concentraciones hasta 10 veces superiores a las que presentan en los sedimentos naturales (*Van Cauwenberghe et al., 2015*). Sin embargo, el papel de los fragmentos de PRFV de mayor tamaño, o las partículas microplásticas resultantes, en el medio marino para su absorción por organismos o la acumulación de contaminantes no está claro y requeriría aclaración.

En teoría, las partículas de PRFV no están tan ampliamente distribuidas como muchos otros plásticos, y su gravedad específica (>1,35) (GESAMP, 2015) implica que se hunden con relativa rapidez, incluso al romperse. De nuevo, en teoría, dado que los fragmentos de PRFV tienden a concentrarse cerca de la costa o en zonas submareales poco profundas donde las embarcaciones son abandonadas, desechadas o naufragadas, se puede asumir que la mayoría de las partículas de PRFV permanecerán en su zona de origen general, aunque GESAMP (2015) señala que los plásticos pueden resuspenderse mediante el crecimiento de una biopelícula.





Sección 2

GESTIÓN DEL FIN DE LA VIDA UTIL DE UNA EMBARCACIÓN

2.1 HOJA DE RUTA EUROPEA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EMBARCACIONES RECREATIVAS AL FINAL DE SU VIDA ÚTIL

Con el fin de apostar por un reciclaje sostenible de las embarcaciones de recreo, la European Boating Industry (EBI) ha elaborado, en 2023, una hoja de ruta para resolver los obstáculos para el reciclaje de embarcaciones al final de su vida útil, que establece objetivos ambiciosos y recomendaciones políticas para alcanzar en 2030.

Las recomendaciones se refieren principalmente a las embarcaciones de recreo de menos de 24 m, dentro del ámbito de aplicación de la Directiva 2013/53/UE sobre Embarcaciones de Recreo de la UE y que deben aplicarse para implementar plenamente un enfoque circular. El objetivo es coordinar el enfoque nacional actual para abordar los problemas de las embarcaciones de recreo que llegan al final de su vida útil e implementar los principios de la economía circular, de acuerdo con los objetivos para 2030 y 2050. Un enfoque circular, que incluya el diseño, la producción y el tratamiento al final de su vida útil, que debería evitar el posible impacto ambiental negativo, el abandono en el entorno natural o en puertos deportivos o astilleros, y fomentar la gestión adecuada de los residuos, incluyendo la reutilización y el reciclaje de los materiales. Esto debería, al mismo tiempo, impulsar la competitividad internacional de la UE en la construcción naval.

Las recomendaciones de este documento apoyan la implementación de una serie de objetivos políticos clave de la UE, a saber, el Nuevo Enfoque para una Economía Azul Sostenible en la UE: Transformar la Economía Azul de la UE, el Plan de Acción para la Economía Circular y la Ambición de Contaminación Cero, que forman parte del marco general del Pacto Verde Europeo. Además, la Estrategia Europea para un Mayor Crecimiento y Empleo en el Turismo Costero y Marítimo y el Documento de Trabajo de los Servicios de la UE sobre Turismo Náutico, que incluyen las embarcaciones al final de su vida útil como áreas prioritarias. La OMI también ha realizado trabajos previos en el marco del Protocolo de Londres y la Comisión para la Protección del Medio Marino del Atlántico Nordeste. Un estudio para la Comisión Europea también analizó el tema y desarrolló opciones políticas.

Actualmente, no existe un enfoque común de la UE para la gestión de las embarcaciones de recreo al final de su vida útil, incluido su desmantelamiento y su preparación para la reutilización o el reciclaje. La acción a nivel de la UE y una mejor coordinación entre los Estados Miembros aportarían un valor añadido significativo y contribuirían a la solución de los problemas identificados.

Los materiales compuestos, en particular el PRFV, se han utilizado en la fabricación de embarcaciones desde la década de 1950 y su uso ha aumentado considerablemente desde la década de 1970. Sus propiedades, ligereza y durabilidad lo hacen ideal para la construcción de embarcaciones. Las embarcaciones recreativas que utilizan materiales compuestos tienen una vida útil de hasta 50 años, e incluso mucho más con un mantenimiento adecuado. Esto repercute positivamente en el impacto ambiental del ciclo de vida. El punto de fin de vida útil es crítico, ya que actualmente solo existen unas pocas plantas de desguace especializadas.

En toda Europa, las opciones de reciclaje disponibles a gran escala y escala comercial son muy limitadas. La necesidad de ampliar el desmantelamiento y el reciclaje es evidente dado el aumento del número de embarcaciones de materiales compuestos construidas desde la década de 1970 que podrían llegar al final de su vida útil en un futuro próximo. Cabe destacar que el 72% de los residuos del desmantelamiento de embarcaciones se reciclan o recuperan energía (madera, metal y materiales compuestos).

Dentro del mercado europeo de materiales compuestos, el sector marítimo (incluido el comercial) utilizó alrededor de 72 mil toneladas de materiales compuestos en 2019, lo que representa aproximadamente entre el 2% y el 3% del total del sector de materiales compuestos en Europa. Los sectores de mayor uso son el transporte y la construcción, con la energía eólica cobrando cada vez mayor importancia.

Para obtener una visión completa, conviene comparar otros sectores de uso de compuestos, en particular los aerogeneradores. Según la asociación del sector, WindEurope, 67 GW de energía eólica alcanzarán el final de su vida útil prevista para 2030. Estas turbinas de primera generación se construyen casi exclusivamente en tierra. La mayoría de las turbinas se desmantelarán primero en Alemania y España, y algunas también en Dinamarca representando el 80% de los residuos en los primeros años. Hacia 2030, Italia, Francia y Portugal también empezarían a desmantelar grandes cantidades de aspas.

El sector eólico habrá producido alrededor de 15.000 toneladas de residuos de aspas en Europa al año durante el período 2020-2023. Para 2025, esto representaría 30.000 toneladas anuales y, para 2030, más de 60.000 toneladas anuales. En total, esto representaría más de 400.000 toneladas de residuos de aspas desmanteladas que deberán ser tratadas para 2030.

Esto demuestra que la industria náutica y los sectores de la energía eólica se enfrentan a desafíos similares relacionados con el uso de materiales compuestos y son socios lógicos para impulsar soluciones de reciclaje de materiales compuestos al final de su vida útil. Sin embargo, en comparación con el sector náutico, el sector de la energía eólica tiene un conocimiento más preciso sobre las cantidades de materiales compuestos que se desmantelarán cada año. Esta visibilidad sobre los volúmenes de residuos compuestos convierte al sector eólico en un impulsor clave para el establecimiento de un plan de negocio para la industrialización del reciclaje/reciclaje de compuestos.

Esto no es tan cierto en el sector náutico, ya que no existe certeza sobre la cantidad de compuestos que se desmantelarán en el futuro a nivel nacional o de la UE. No obstante, ambos sectores colaboran para impulsar el reciclaje de residuos compuestos.

Una embarcación de recreo puede tener una vida útil de más de 30 años, siempre que reciba un buen mantenimiento. La robustez de sus cascos y cubiertas permiten múltiples mejoras a lo largo de su vida útil, aumentando significativamente su vida útil y manteniendo su capacidad para navegar.

Con el auge del sector náutico iniciado en las décadas de los 60 y 70, la industria náutica prevé que varias embarcaciones llegarán al final de su vida útil en los próximos años. Aunque estas embarcaciones en final de vida útil no sean contaminantes, es decir, no liberen sustancias nocivas a la tierra ni al agua, existe el riesgo de que ocupen un espacio valioso en puertos deportivos y astilleros, o de que sean abandonadas y vertidas ilegalmente, por no mencionar el aspecto de abandono que le dan al entorno.

Si bien no se disponen de datos cuantitativos sobre el número de embarcaciones recreativas al final de su vida útil para la mayoría de los países europeos, la investigación documental indica que las regiones se enfrentarán a desafíos similares con las embarcaciones al final de su vida útil. Cabe señalar la falta de una clasificación uniforme y de registros de embarcaciones en algunos países, así como las diferencias en los requisitos de registro de los Estados Miembros, que en algunos casos comienzan con una determinada eslora o potencia del motor. Por lo tanto, resulta difícil realizar una estimación precisa del tamaño de la flota, los tipos de embarcaciones y otros indicadores. Las embarcaciones fabricadas con PRFV aumentaron en las décadas de 1970 y 1980, y muchas de ellas estarán llegando al final de su vida útil.

En la década de 1980, Noruega tenía el mayor nivel de propiedad de embarcaciones recreativas, seguida de Finlandia y Suecia, lo que podría significar que estas regiones se enfrentan a los mayores desafíos con la gestión de residuos al final de su vida útil. Se han publicado estudios que han estimado el número de embarcaciones al final de su vida útil en años anteriores, pero no se han encontrado estimaciones más recientes. Según un estudio de 2016, entre el 1% y el 2% (aproximadamente entre 60.000 y 120.000) de las embarcaciones recreativas en Europa se encuentran al final de su vida útil. Las partes interesadas afirmaron que, según su experiencia, esta cifra probablemente sea una sobreestimación y que se acerque más a 30.000 o 40.000.

Otra investigación realizada en 2015 en los Países Bajos estimó que aproximadamente el 2,5% de las embarcaciones recreativas neerlandesas requerirían desmantelamiento entre 2015 y 2020 (aproximadamente 12.500 embarcaciones) y que esta cifra aumentaría al 7,5% (aproximadamente 35.000 embarcaciones) entre 2025 y 2030. Si esta estimación es correcta, es posible que otras regiones también experimenten un aumento en el número de embarcaciones al final de su vida útil en los próximos cinco años.

Una encuesta realizada por la Agencia Noruega de Medio Ambiente en 2012 indicó que el 10% de los propietarios de embarcaciones estaban considerando deshacerse de al menos una embarcación. Este mismo estudio estimó que en 2030, aproximadamente el 3% de las embarcaciones (aproximadamente 23.000) llegarían al final de su vida útil.

Si bien no hay evidencia que confirme estas estimaciones, los datos de países con programas implementados para facilitar la gestión de residuos de embarcaciones recreativas al final de su vida útil indican que el número de embarcaciones recreativas que requieren gestión de residuos representa un pequeño porcentaje de la flota total. Sin embargo, es probable que estas cifras aumenten en los próximos años. Por ejemplo, la Agencia Sueca para la Gestión Marina y del Agua (SwAM) recogió 500 embarcaciones al final de su vida útil en 2020 (<0,1% de la flota), pero estima que hay 62.000 embarcaciones no aptas para navegar (aproximadamente el 7% de la flota) en Suecia. En Francia, se desmantelaron 1.200 embarcaciones (aproximadamente el 1% de la flota) entre septiembre de 2019 y finales de noviembre de 2020.

La matriculación de embarcaciones de recreo es distinta en cada país, por ejemplo, en España las embarcaciones de eslora igual o inferior a 12 metros están exentas de la obligación de abanderamiento y matriculación siempre que la embarcación y el equipo propulsor tengan el marcado CE, por lo que es muy difícil saber el número real de embarcaciones matriculadas y saber cuántas están al final de su vida útil, cuántas abandonadas, etc.

Actualmente se estima que hay más de 6,5 millones de embarcaciones en aguas europeas, en su mayoría de menos de 7,5 m. La mayor parte de la flota está compuesta por lanchas a motor, seguidas de veleros y embarcaciones neumáticas. Algunos países constituyen una gran parte de la flota total. Además, el registro de la flota pesquera de la UE registra 81.167 embarcaciones activas, de las cuales 51.861 pertenecen a la categoría de eslora de 0 a 8 m, y la mayoría son de plástico.

Estudios previos y el Documento de Trabajo sobre Turismo Náutico indican que entre el 1% y el 2% de las embarcaciones probablemente llegan al final de su vida útil o uso cada año, lo que equivale a entre 65.000 y 130.000 embarcaciones al año en la UE. Sin embargo, la experiencia práctica de varios países, en particular del sistema francés, muestra que las estimaciones teóricas no suelen ser alcanzables. Según estudios previos, el objetivo inicial de la Association pour la Plaisance Eco-Responsable (APER) era desmantelar entre 20.000 y 25.000 embarcaciones en el período 2019-2023, pero las estimaciones teóricas actuales sitúan entre 10.000 y 15.000 embarcaciones para finales de 2023. Las razones son diversas, entre ellas el apego emocional del propietario final, el elevado coste del transporte, un mercado floreciente de embarcaciones de segunda mano y la posible mayor vida útil de las embarcaciones de recreo. Por lo tanto, se puede estimar que el número real de embarcaciones que llegan al final de su vida útil cada año y que estarán disponibles para su desguace sería de 30.000 a 40.000 en la UE hasta aproximadamente 2030.

Por lo tanto, también se puede realizar una estimación sobre el volumen potencial de residuos compuestos de embarcaciones al final de su vida útil. Según el sistema francés, el volumen medio de residuos compuestos por embarcación desguazada es de 0,77

toneladas. Esto resultaría entre 23.100 y 30.800 toneladas anuales a nivel europeo.

El desmantelamiento es una actividad que se realiza cuando un buque llega al final de su vida útil, con el fin de poder recuperar gran parte de los materiales utilizados en la estructura, equipos o maquinaria del buque. Siendo una actividad peligrosa debido a riesgos como el plomo o productos químicos e importante que permite la reutilización, el reciclado y revenido de los productos.

Para desmantelar una embarcación se deben seguir una serie de fases:

- Preparación. La primera fase para el desguace de una embarcación es la preparación de esta para el transporte a las instalaciones de desmantelamiento. Dependiendo del estado y la posición de la embarcación, esta tarea puede resultar muy complicada.
- Transporte. Después de la preparación, se procede al transporte de la embarcación hacia la instalación de desmantelamiento adecuada, dependiendo del tipo de barco y de las dimensiones, se desguazará un sitio u otro.
- Descontaminación. Se deben eliminar los residuos peligrosos para asegurar unas condiciones de trabajo seguras.
- Extracción de elementos. En esta fase se procede a desmontar y a sacar de la embarcación todos los equipos, accesorios, elementos como el mástil, etc.
- Desmontaje. En esta fase se corta el casco de la embarcación para su desmontaje, el corte puede ser mecánico, por chorro de agua, térmico con oxiacetileno, por plasma o por láser. Las diferentes secciones cortadas, dependiendo del material del que estén hechas, se depositarán en los vertederos, se trasladarán a plantas de reciclaje o incluso se venderán por su valor económico.

Actualmente, no existe un régimen regulatorio sobre la eliminación de embarcaciones que implique la responsabilidad de los constructores en ningún país del mundo y la gestión de las embarcaciones de recreo en final de vida útil no está amparada por ninguna normativa existente, por ejemplo, el Convenio de Hong Kong solo se aplica a buques de más de 500 toneladas. Sin embargo, la industria náutica y los constructores de embarcaciones en países europeos y Japón han llevado a cabo varios proyectos piloto para abordar este problema. Estudios recientes realizados en Francia, Finlandia, Japón y un estudio anterior en Noruega han establecido que es viable desguazar embarcaciones recreativas al final de su vida útil.

Todos los estudios realizados hasta la fecha, incluido el programa nacional japonés, coinciden en los procesos básicos. Las embarcaciones deben localizarse, identificarse y transportarse a un vertedero específico. Los elementos principales, como motores, interiores y metales, se retiran para su reciclaje mediante rutas establecidas, y posteriormente se desguaza el casco de PRFV. El primer estudio realizado en Francia recomendó que las embarcaciones se desmantelaran a mano y luego se trituraran; mientras que el programa japonés utilizó una combinación de desmantelamiento manual, trituración y clasificación. En Finlandia, se tritura la embarcación en su totalidad y se clasifican los materiales. Este proceso en Finlandia se basa en las siguientes etapas:

1. Las embarcaciones se introducen en la trituradora.
2. Rodillo de alimentación y el martillo rompen las embarcaciones.
3. El filtro separa las piezas pequeñas para su posterior procesamiento y se aspira el polvo.
4. Transporte mediante cinta transportadora.
5. El separador magnético separa los metales ferrosos y el de corrientes separa los metales no magnéticos del plástico.

Existen varias vías para tratar los residuos de materiales compuestos:

1. Reducción.
2. Reutilización.
3. Reciclaje.
4. Incineración con recuperación de materiales y energía.
5. Incineración sólo con recuperación de energía.
6. Vertido.

Al no haber unas normas reguladas ni establecidas para el reciclaje o desmantelamiento de las embarcaciones al final de la vida útil, la practica más común de las embarcaciones de recreo es la eliminación en vertederos, la incineración o el abandono.

Cuando los materiales son reciclables, como es el caso de los metales, las embarcaciones sí suelen desmantelarse debido a las tecnologías desarrolladas en el mercado que producen un material reciclado de alto valor.

Sin embargo, los materiales compuestos utilizados en las embarcaciones, en concreto los termoestables no son tan fáciles de reciclar debido a su estructura reticulante que impide su refundición. Por lo que los métodos de reciclaje no producen materiales reciclados de buena calidad, y en consecuencia los materiales recuperados como las fibras recicladas tienen un valor económico en el mercado inferior.

El abandono de una embarcación en el mar puede suponer un obstáculo para la navegación y genera contaminación visual. Para los propietarios, el desmantelamiento y el posterior reciclaje de las embarcaciones no les sale rentable, optan por las opciones más baratas como la eliminación en los vertederos, aunque esto suponga un impacto negativo sobre el medioambiente. Los impactos ambientales y peligros derivados del abandono de embarcaciones dependen de muchos factores como del tamaño de la embarcación, de su estado o de la cantidad de sustancias peligrosas que contenga.

También existen riesgos para la salud derivados de productos químicos o de los materiales utilizados para construir o proteger las embarcaciones. Estas sustancias químicas también son propensas a contaminar el sedimento y las aguas aledañas.

Otro riesgo del abandono es el aplastamiento y la asfixia de las comunidades epifaunales e infaunales. Pueden ser causantes también de una pérdida de hábitat y ser una amenaza para los animales.

Una investigación realizada por la Comisión del Convenio sobre la Protección del Medio Marino del Atlántico Nordeste (OSPAR) identificó varias opciones de gestión de residuos disponibles en toda la región OSPAR. Estas opciones incluyen la reutilización y readaptación, el reciclaje, la incineración y el vertido. En las Partes Contratantes de OSPAR, son en gran medida los propietarios de embarcaciones los responsables de gestionar los residuos al final de la vida útil de la embarcación. Esto generalmente implica que el propietario recurra a un tercero, que despojará a la embarcación de contaminantes, retirará todos los accesorios, y desmontará la embarcación en sus componentes individuales. Dependiendo del material de estos componentes, se reutilizarán, reciclarán, incinerarán o enviarán al vertedero. Muchos países, como Suecia, Países Bajos, Noruega, Dinamarca, España y Francia, cuentan con una red establecida de empresas desguazadores de embarcaciones a los que los propietarios pueden enviar sus embarcaciones.

La Industria Náutica Europea (EBI) también se ha comprometido a eliminar gradualmente el vertido y la incineración como soluciones y a avanzar hacia soluciones de reciclaje que se encuentran más arriba en la jerarquía de residuos.

En España, el proceso es ligeramente diferente. En primer lugar, el propietario del buque debe presentar una solicitud de desguace a la capitanía del puerto, quien es responsable de hacer cumplir la normativa en un puerto en particular, y pagar una tasa por el desguace y la baja del buque. Al hacerlo, debe especificar qué autoriza a los desguazadores de embarcaciones se encargarán de esto. Una vez autorizado, el proceso se supervisará para garantizar que se eliminen todos los materiales peligrosos y que se utilicen los transportadores de residuos adecuados.

OPCIONES DE RECICLAJE

Si bien el PRFV puede reciclarse, existen numerosos desafíos asociados, lo que resulta en que la mayor parte del PRFV se envíe a vertederos o se incinere. Alemania ha prohibido el envío de PRFV a vertederos, lo que resulta la incineración de la mayor parte del material. Noruega cuenta con una planta de reciclaje de PRFV que acepta y recicla buques con éxito, produciendo dos tipos de PRFV reciclado; un grado superior que está hecho de PRFV de alta calidad y un grado inferior que está hecho de PRFV contaminado con restos de pintura u otros materiales como caucho, plástico y madera. Las empresas de residuos pueden recibir un pago de hasta 6 NOK (0,55 €) por kilo para reciclar.

La Hoja de Ruta de EBI sobre la implementación de la economía circular para embarcaciones recreativas al final de su vida útil revisó las vías de reciclaje y encontró que actualmente no hay soluciones de reciclaje comercialmente viables debido a los altos costes de energía. Sin embargo, la Hoja de Ruta propone el co-procesamiento en horno de cemento como una tecnología de tratamiento que podría usarse para la transición a un enfoque de economía circular. La fibra de vidrio puede ser una fuente de sílice, un ingrediente crucial en la producción de cemento. Una tonelada de material compuesto como el PRFV podría llevar al ahorro de 460 kg de materia prima primaria (como arena). Para la viabilidad a escala de tecnologías de reciclaje, se necesita un enfoque intersectorial que integre flujos de residuos de sectores que usan compuestos.

BARRERAS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE EMBARCACIONES AL FINAL DE SU VIDA ÚTIL

La investigación identifica una serie de desafíos y barreras que conducen al abandono de embarcaciones recreativas. Estos desafíos y barreras incluyen el coste, la falta de conocimiento, una insuficiente infraestructura y la dificultad para identificar a los propietarios.

El coste de desechar una embarcación al final de su vida útil es la mayor barrera para la gestión adecuada de los residuos, siendo estos bastante uniformes en toda Europa, sin embargo, hay algunos esquemas en marcha que reducen este coste para los propietarios, como la Responsabilidad Ampliada del Productor (REP) y la financiación gubernamental. El mismo informe sugirió que solo se aceptará el 10% de los costes para el desmantelamiento de embarcaciones al final de su vida útil.

Los costes de transportar la embarcación a la instalación de gestión de residuos adecuada son una gran parte de este coste donde en zonas donde no hay una red suficiente de desmanteladores, las tarifas de transporte pueden representar hasta el 30% de los costes, estimando que el coste del transporte será incluso más alto que el coste del desmantelamiento para embarcaciones más grandes. Estos costes de transporte fueron mencionados repetidamente por las partes interesadas, destacando cuán significativa es esta barrera. También se plantearon las barreras legislativas para el desmantelamiento de embarcaciones en el sitio (por ejemplo, en puertos deportivos), ya que permitiría disminuir los costes de transporte.

Las partes involucradas que trabajan en puertos deportivos mencionaron los problemas que enfrentan al tener que lidiar con embarcaciones al final de su vida útil cuando fallece un propietario y no pueden encontrar a nadie más que se haga cargo de ellas. Las partes involucradas que participaron en la investigación afirmaron que, a menudo, el último propietario de una embarcación no tiene suficientes conocimientos sobre la gestión del final de su vida útil ni es consciente de los costes asociados. Dado que a menudo son los propietarios con menos recursos, existen dificultades para costear este proceso, lo que puede llevar al abandono. Suecia ha desarrollado una guía nacional para abordar este problema que está disponible desde 2023.

El programa nacional japonés está orientado íntegramente al uso de la chatarra de PRFV en la fabricación de cemento.

El estudio finlandés concluye con la reducción de PRFV para las virutas, sin indicar una ruta de eliminación de valor añadido preferente. Un estudio francés explora dos rutas principales de eliminación: la incineración con residuos domésticos y el uso en la producción de cemento. Existe una amplia documentación académica relacionada con la eliminación y el reciclaje de materiales compuestos, gran parte de la cual fue encargada por las industrias de la automoción y la construcción y que, en última instancia, está motivada por la legislación.

Todas las vías están disponibles para la eliminación de embarcaciones al final de su vida útil y la mayoría se han investigado exhaustivamente.

Reducir la producción de residuos en origen

En el proceso de fabricación, esto se traduce principalmente en una fabricación mejorada y bien controlada, donde los flujos de residuos se controlan rigurosamente. Esto requiere la aplicación de tecnologías de producción modernas y una mano de obra bien capacitada, dos elementos principales que aportarán mayor seguridad laboral, productos más ligeros y un menor consumo de materias primas para la producción. Además, tecnologías modernas como el Moldeo de Transferencia de Resina (RTM) permiten una calidad constante en toda la serie y reducen los residuos. En el propio producto, un diseño mejorado y un análisis estructural permiten eliminar el exceso de material en la estructura.

Reutilizar un producto al final de su vida útil

Como se mencionó anteriormente, los navegantes actuales actualizan regularmente sus embarcaciones mediante la modernización de nuevos equipos e interiores, lo que mejora el placer de la navegación y la seguridad. Dada la larga vida útil de las embarcaciones (más de 30 años), existe margen para seguir trabajando, lo que podría incluir la producción de diseños más modulares que sean más fáciles de actualizar y modernizar a mitad de su vida útil.

Reciclaje del material

Siguiendo los métodos de eliminación de embarcaciones completas investigados por las federaciones francesa FIN y finlandesa FINNBOAT, ya se ha abordado el reciclaje de todos los materiales excepto los compuestos. El reciclaje, en el sentido de hacer un uso más económico del material compuesto, es más problemático, pero existen dos vías principales: el reciclaje mecánico y su uso en nuevos termoplásticos/termométricos.

En primer lugar, el reciclaje mecánico consiste en que, mediante trituración y/o machacado mecánico, el compuesto puede reducirse a una mezcla de polímero, fibra y relleno, ya sea en polvo o granulado. Varias empresas comerciales intentaron reciclar el material resultante de la trituración de residuos de compuestos limpios, pero con poco éxito. Se centran en la reutilización de los materiales en compuestos de moldeo a granel o en láminas, donde pueden utilizarse como sustituto del relleno de carbonato de calcio. Solo se pueden incorporar cantidades limitadas, normalmente alrededor del 10%, antes de que se vean comprometidas las propiedades mecánicas de los materiales resultantes.

Se han explorado aplicaciones alternativas utilizando el material reciclado en nuevos compuestos de moldeo termoestables y en nuevos termoplásticos. Otros trabajos exploraron el uso de la naturaleza porosa del material reciclado para actuar como vía de flujo de resina durante la impregnación al vacío de nuevos productos y como aislante acústico. El Centro de Investigación de la Construcción del Reino Unido (BRE) ha investigado el uso del reciclaje para producir tableros de plástico, donde el material se utiliza como alternativa a las virutas de madera, y se ha profundizado en su uso como refuerzo del asfalto. Todos estos métodos son difíciles de emplear cuando el compuesto está contaminado con otros materiales, como ocurre con los barcos aplastados.

Incineración

Cuando el material compuesto se contamina con otros materiales, como rellenos de sándwich o fijaciones metálicas, el procesamiento térmico es más eficaz-

- Con recuperación de energía y materiales: Los compuestos termoestables tienen un alto poder calorífico y pueden quemarse para liberar energía. Diversos ensayos han demostrado que mezclar hasta un 10% de residuos compuestos con residuos sólidos urbanos para su incineración es una solución práctica. Si se requiere incinerar una cantidad mayor, el alto poder calorífico del material, sumado a la naturaleza de los gases liberados, obliga a la incineradora a dedicarse exclusivamente a los compuestos. Esto deja una cantidad mucho mayor de residuos domésticos "normales" que no pueden incinerarse, ya que la incineradora está ocupada con la carga de PRFV. Estos residuos "normales" adicionales terminan en el vertedero en lugar del PRFV, sin generar ninguna ganancia neta. Este es el dilema al que se enfrenta un estudio francés.

- Uso en la fabricación de cemento: Una vía más prometedora es la incineración de materiales compuestos de desecho en hornos de cemento, donde el refuerzo de vidrio y las cargas minerales pueden incorporarse con éxito al cemento. Se ha investigado el efecto de estos materiales en las propiedades del cemento resultante y hasta un 10% de los residuos compuestos puede utilizarse con un impacto negativo. El programa nacional japonés sigue esta vía. Este concepto fue desarrollado por la Compañía Europea de Servicios de Reciclaje de Compuestos,

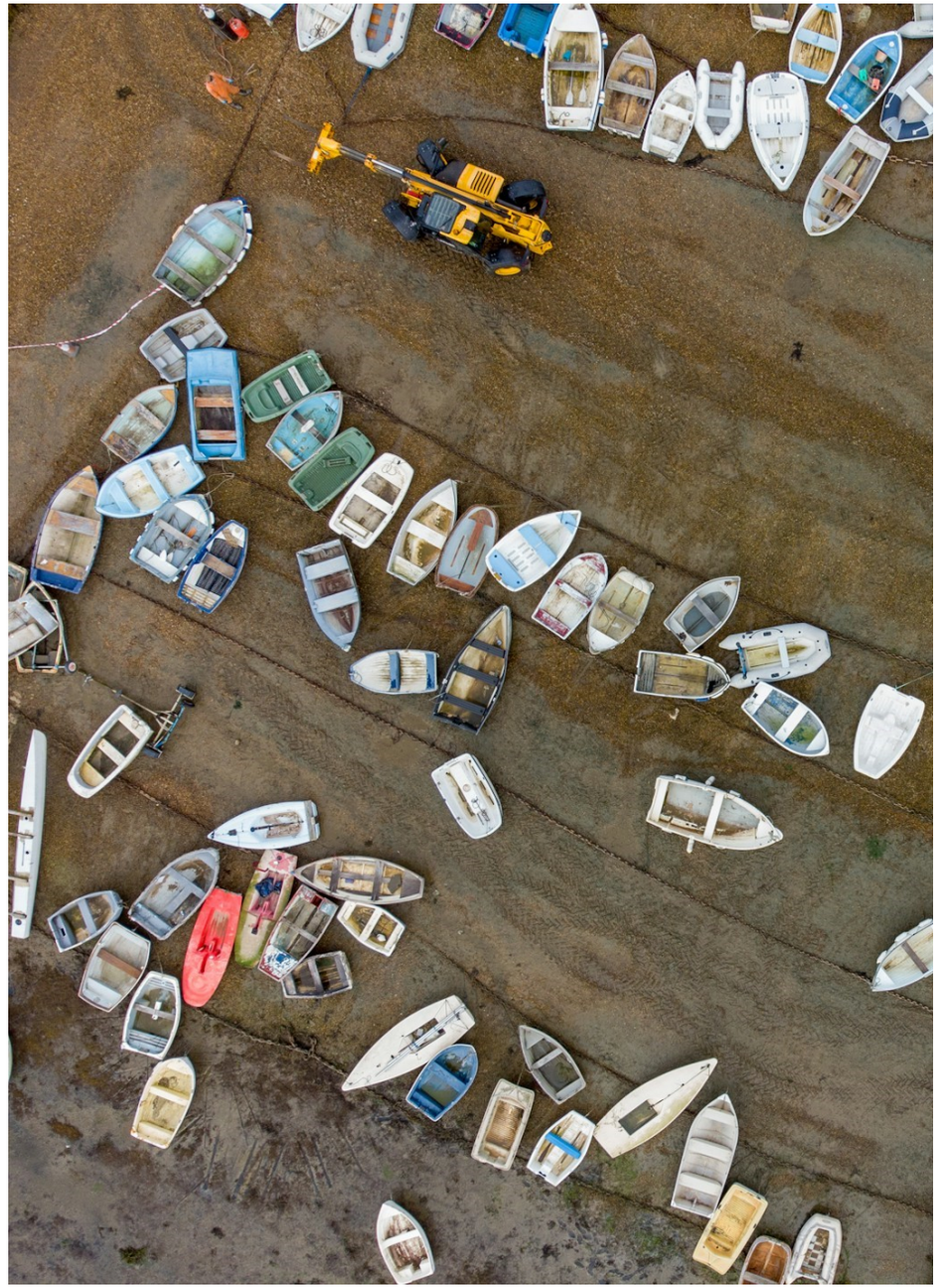
que definió un sistema operativo para el reciclaje de piezas compuestas en la fabricación de cemento.

- Lechos fluidizados: Se han utilizado procesos térmicos de lecho fluidizado para recuperar el contenido de fibra de los materiales compuestos de desecho, incluidos los materiales contaminados. Las fibras se recuperan como filamentos de 6 a 10 mm de longitud. Estos tienen una resistencia reducida, pero pueden reutilizarse. Cualquier metal que no se haya destruido puede recuperarse del lecho del incinerador.

- Pirólisis: La pirólisis permite la recuperación de la materia orgánica que constituye la resina, así como del contenido de fibra.

Eliminación en vertedero

Esta opción solo debe tomarse cuando las opciones mencionadas anteriormente no sean viables.



Sección 3

LA SOLUCIÓN FRANCESA



El problema de los barcos abandonados es un verdadero quebradero de cabeza para astilleros, puertos y otros profesionales de la náutica. Estas embarcaciones, abandonadas sin propietario identificable o sin pago de tasas de almacenamiento, ocupan espacio, generan importantes costes y plantean complejos problemas jurídicos. Ante este problema recurrente de las embarcaciones abandonadas en marinas y puertos deportivos, en Francia, los profesionales de la náutica disponen ahora de una solución llave en mano, diseñada por la Federación Francesa de Industrias Náuticas (FIN). Este sistema ofrece una solución legal y financiera accesible para gestionar estas embarcaciones con total legalidad siendo el único país de la UE que integra un sistema plenamente operativo, obligatorio y financiado bajo el principio de REP aplicado específicamente a la náutica de recreo. Este sistema se encuentra en funcionamiento desde 2019 y ha demostrado una capacidad real para abordar de forma estructural una problemática histórica: el abandono de embarcaciones obsoletas en puertos, fondeaderos, costas y espacios naturales.

Para remediar este problema, la FIN se apoyó en la Ley de Economía Azul de 20 de junio de 2016, que introdujo un procedimiento jurídico específico. Esta Ley n° 2016-816 en su artículo 54, modificó las disposiciones de la Ley del 31 de diciembre de 1903 relativas a la venta de ciertos objetos abandonados. Estas disposiciones se aplican a las embarcaciones de recreo entregadas a un profesional para su reparación, mantenimiento, conservación o almacenamiento, y que no hayan sido recogidas en el plazo de un año.

Desde la entrada en vigor de estas disposiciones, el profesional interesado puede presentar una solicitud ante el juez del Tribunal de Distrito para que ordene la subasta pública de la embarcación de recreo abandonada. Si no se reciben ofertas, la orden judicial estipula que la embarcación se entrega a una empresa de desguace de buques para su desmantelamiento o deconstrucción. los profesionales pueden dirigirse al Tribunal de Instancia para obtener una orden de venta en subasta pública.

Aunque este procedimiento representa un gran paso adelante, su aplicación puede resultar costosa y lenta. Consciente de las dificultades que encuentran sus miembros, FIN ha elaborado un paquete completo que se ocupa de todos los trámites administrativos y jurídicos necesarios.

Disponible exclusivamente para las empresas miembro de la FIN, este servicio se factura a 650 euros sin IVA por buque, muy por debajo de los 2.500 a 3.000 euros que podría costar un procedimiento convencional si se llevara a cabo de forma independiente. La tarifa cubre todas las etapas del proceso, desde la presentación ante el tribunal hasta la entrega del buque a una empresa de desguace si no hay postores.

Antes de su lanzamiento oficial, este sistema se sometió a una fase de prueba en el segundo semestre de 2019. Los resultados se consideraron concluyentes, tanto en términos de seguridad jurídica como de eficacia operativa. En consecuencia, el sistema ha sido validado y está a disposición de los afiliados desde 2020.

Además de ofrecer una solución económica a los profesionales, este plan se inscribe en un planteamiento medioambiental, al facilitar la gestión de los buques al final de su vida útil, limita los riesgos de contaminación y fomenta el uso de soluciones de desguace conformes a las normas vigentes.

Para beneficiarse de esta solución, las empresas miembros de la FIN pueden dirigirse directamente al sitio web de la Federación, donde se detalla toda la información y los procedimientos necesarios. Gracias a esta iniciativa, FIN permite a sus miembros gestionar los buques abandonados con mayor tranquilidad, al tiempo que refuerza su cumplimiento de la normativa y su compromiso con una economía azul sostenible.



La FIN lleva casi 15 años centrada en la náutica sostenible y la gestión del final de la vida útil de las embarcaciones de recreo, a través de los objetivos:

- Creación de dos eco-organizaciones para embarcaciones de recreo al final de su vida útil y productos pirotécnicos caducados.
- Creación de un curso online masivo y abierto (MOOC) sobre náutica sostenible: *Cómo practicar de forma ecorresponsable.*
- Sistema de gestión de embarcaciones abandonadas pertenecientes a profesionales.

De estas líneas de trabajo de FIN, nace la Asociación para la Navegación Eco-responsable (APER) como una organización ecológica nacional homologada por el Ministerio de Transición Ecológica y Solidaria, para gestionar el desmantelamiento y el reciclaje de embarcaciones de recreo y deportivas al final de su vida útil. APER posee una visión compartida y del compromiso de FIN, sobre una necesidad, la problemática de las embarcaciones en final de vida útil y su abandono, y una oportunidad real para demostrar que el sector náutico podía ser ejemplar.

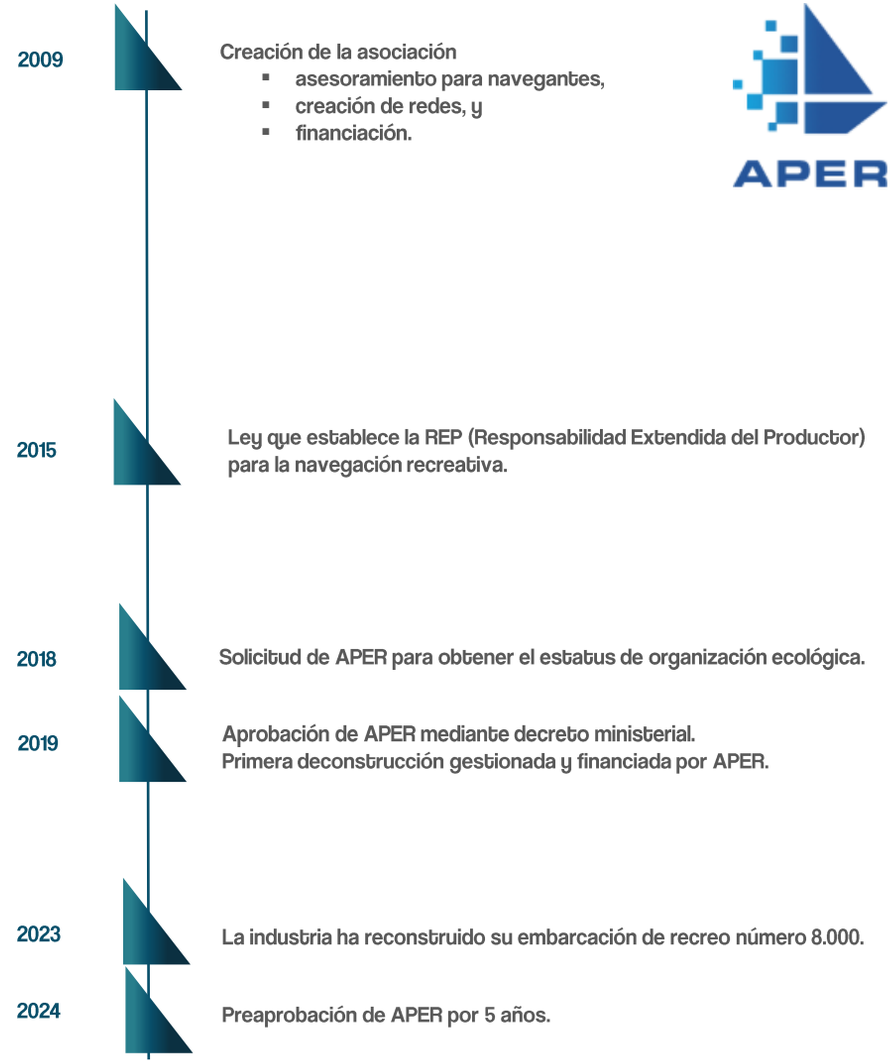
La Ley de Transición Energética, aprobada en 2015 e implementada en 2019, recoge explícitamente la inclusión de las embarcaciones de recreo dentro de los flujos REP. Este fue el punto de partida para la creación de APER como un Sistema de Responsabilidad Extendida del Productor (SREP), acreditado por parte del Ministerio de Transición Ecológica y Solidaria, que permitió construir un modelo económico estable que implica, que:

- Los fabricantes, importadores y distribuidores de embarcaciones de recreo están legalmente obligados a:
  - ✓ Adherirse a un eco-organismo autorizado por el Estado, o
  - ✓ Desarrollar un sistema individual de gestión aprobado por la administración.
- El sistema cubre embarcaciones de recreo privadas, incluyendo:
  - ✓ Veleros.
  - ✓ Embarcaciones a motor.
  - ✓ Semirrígidas, neumáticas y motos acuáticas (VNM).
- La adhesión no es voluntaria, sino condición necesaria para operar legalmente en el mercado francés.

Este marco normativo ha permitido gestionar los costes ambientales del fin de vida desde el momento de la comercialización del producto, evitando que recaiga sobre el propietario final o las administraciones públicas.

La implementación operativa del sistema REP recae en la APER, pionera con un enfoque único en el mundo, siendo, hoy en día, el primer y único modelo REP del mundo dedicado al procesamiento de embarcaciones de recreo al final de su vida útil.

Figura 3.1 – Cronología de APER



Elaboración propia. Fuente: APER

Los inicios de APER están basados en un modelo colaborativo entre la industria, el gobierno, las autoridades locales, las comunidades y los usuarios, que se basó en:

1. Definir el parque de embarcaciones al final de su vida útil.
2. Modelar los costes a partir de datos prácticamente inexistentes.
3. Convencer a los productores y comercializadoras.
4. Construir un modelo de negocio sólido.
5. Establecer una red de centros de tratamiento homologados.
6. Obtener los permisos ICPE 2712 para instalaciones destinadas al almacenamiento, descontaminación, desmantelamiento y despiece de vehículos al final de su vida útil.
7. Movilizar a todo un sector: autoridades locales, puertos, profesionales y navegantes de recreo.

La misión principal de APER es gestionar el final de la vida útil de las embarcaciones de recreo y deportivas, incluyendo su desguace y apoyando a los usuarios durante todo el proceso, gestionando la ecotasa, la coordinación de la red nacional de centros de tratamiento, la auditoría y trazabilidad de los flujos de residuos, el acompañamiento a navegantes, puertos, clubes náuticos y colectividades, y el impulso a la reutilización y a proyectos de I+D. Para reducir su impacto ambiental en Francia, APER también se compromete a informar y concienciar a todos los actores del sector náutico sobre la necesidad de un cambio radical en nuestras prácticas actuales.

Uno de los principales retos para el desarrollo de este sector reside en la recuperación de materiales procedentes del desguace, en particular los composites, que representan la mayor parte de los residuos generados durante el desguace de una embarcación de recreo. En este sentido, APER colabora continuamente con diversos socios industriales e institucionales para promover y fomentar el reciclaje de estos materiales.

De esta forma, el modelo francés se basa en el principio de REP, mediante el cual los productores e importadores del sector contribuyen a financiar la gestión ambiental de las embarcaciones al final de su vida útil. siendo necesario una estructura de gobernanza que defina las normas y métodos de trabajo, establezca una estructura de precios, reúna a las empresas miembro (las que comercializan embarcaciones) y convoca licitaciones para construir una red integral de centros de procesamiento. Actualmente, los miembros de APER son fabricantes e importadores de embarcaciones de recreo y deportivas, cuyo volumen de ventas en Francia representa más del 85% del mercado total. Desde enero de 2019, contribuyen a la financiación de sus actividades mediante el pago de una ecotasa por cada embarcación nueva vendida en Francia, cumpliendo así con sus obligaciones legales.

Actualmente APER amplía las líneas de actuación hacia la reutilización, el despliegue en los departamentos y territorios franceses de ultramar, análisis del ciclo de vida de las embarcaciones para una reciclabilidad más sostenible, y el transporte a los centros de procesamiento.

ORGANIGRAMA DE GOBERNANZA

La estructura de gobernanza de APER está diseñada para evitar conflictos de intereses: asamblea de socios, junta directiva, comité ejecutivo, supervisión financiera controlada y auditorías periódicas.

El Consejo de Administración elige entre sus miembros a un presidente, un tesorero, un secretario y dos miembros adicionales para conformar el Comité Ejecutivo de APER compuesto por cinco miembros.

APER está gobernada por un Consejo de Administración compuesto por 12 miembros activos que representan la diversidad de empresas del sector, elegidos por la Asamblea General para un mandato de tres años.

Actualmente, APER está presidida por el Sr. Clarence Duflocq, director de Relaciones con Inversores y Responsabilidad Social Corporativa (RSC) del Grupo Beneteau.

Figura 3.2 – Modelo de gobernanza de APER



Elaboración propia. Fuente: APER

FINANCIACIÓN

Presupuesto anual 2024: 3,3 millones de euros

Desglose de gastos:

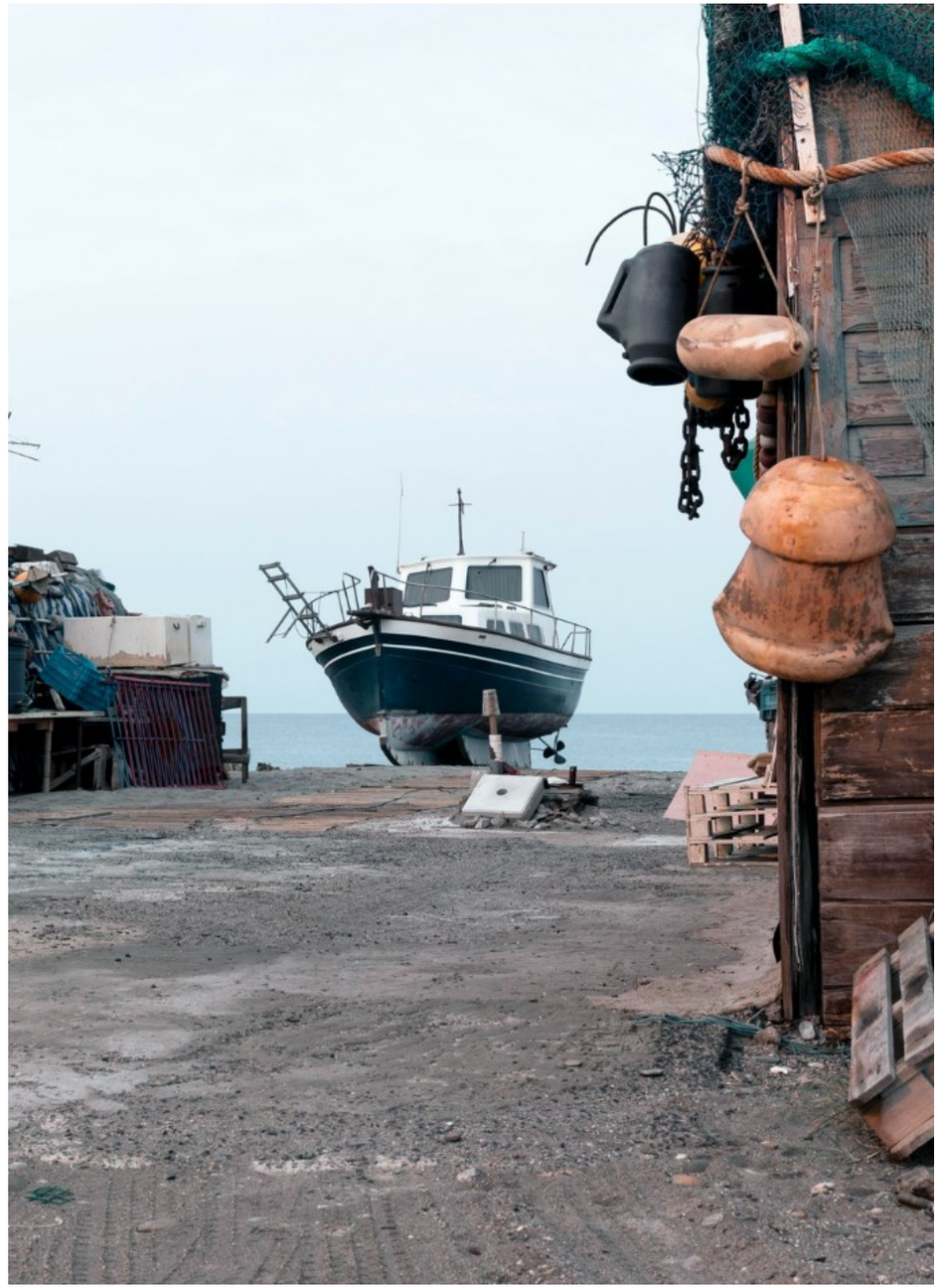
- 65% Gastos relacionados con las actividades de gestión de residuos
- 12% Salarios y cotizaciones a la seguridad social
- 9% Obligaciones regulatorias (tasas de la Agence de la Transition Écologique ADEME, auditorías, estudios, etc.)
- 8% Gastos operativos de la organización
- 6% Comunicación, sensibilización e información

CONTRIBUCIÓN Y VALOR ECOLOGICO

1. Evaluación de los costes de procesamiento por tipo de buque.
2. Evaluación del recurso en Francia metropolitana y, en los departamentos y territorios franceses de ultramar.
3. Cálculo del número de buques a desmantelar según los objetivos anuales.
4. Tarifas según la eslora y el tipo.
5. Ajustes futuros en función de los materiales o el ecodiseño (modulación de la eco-contribución).

LINEAS ESTRATEGICAS 2025-2029

- Transporte: cobertura a tanto alzado a partir de mediados de 2025.
- Reutilización: estructuración de un mercado de segunda mano con socios sostenibles.
- Recuperación: reciclaje de la mayor cantidad posible de residuos procedentes del desguace de embarcaciones de recreo.
- Departamentos, Regiones Francesas de Ultramar y Colectividades de Ultramar (DROM-COM): integración de nuevos centros de tratamiento en los DROM-COM, incluyendo San Martín (verano de 2025) y Mayotte, Guayana Francesa, Reunión, San Pedro y Miquelón.
- Eco-contribución: ajuste gradual para garantizar la sostenibilidad de la eco-organización.
- Centros de tratamiento: fortalecimiento de la red metropolitana mediante licitaciones.



MODELO ECONÓMICO Y DE FINANCIACIÓN

El pilar financiero del modelo francés es la ecotasa, mediante el cual los productores e importadores del sector contribuyen a financiar la gestión ambiental de las embarcaciones al final de su vida útil, un mecanismo obligatorio que no tiene naturaleza tributaria y se basa en un principio de solidaridad sectorial, abonada por las empresas que introducen embarcaciones en el mercado, se paga anualmente y está sujeta a auditorías de aproximadamente el 20% del volumen declarado. Esta tasa se calcula conforme a la tipología de la embarcación (velero, motor, semirrígida, neumática, VNM, fluvial), su eslora y al coste estimado de gestión al final de la vida útil.

El modelo francés se completa con una fiscalidad específica aplicada a determinadas embarcaciones de mayor porte o potencia (aprox. 25%), y mecanismos de financiación pública complementaria para el tratamiento del parque histórico y los barcos abandonados.

El sistema presenta las siguientes características técnicas relevantes:

- Declaración anual obligatoria de volúmenes comercializados.
- Ajuste de contribuciones en caso de desviaciones detectadas.
- Publicación de baremos oficiales, aportando previsibilidad y transparencia.
- Auditoría del 20% de los volúmenes declarados, como se indicaba previamente.

ELIMINACIÓN DE BARRERAS PARA EL PROPIETARIO FINAL

Uno de los elementos más relevantes del modelo francés es que el desmantelamiento de la embarcación es gratuito para el propietario, que únicamente asume, en la actualidad, el coste del transporte hasta el centro autorizado (barrera que se encuentra en proceso de cobertura progresiva).

La gratuidad del desmantelamiento para el propietario elimina el principal incentivo al abandono, quedando el transporte como única barrera residual (actualmente en proceso de cobertura progresiva).

Este enfoque ha demostrado ser decisivo para reducir el abandono, al eliminar el principal incentivo económico negativo que históricamente llevaba a los propietarios a abandonar embarcaciones en puertos o fondeaderos, hundirlas deliberadamente, o deshacerse de ellas de forma irregular.

RED DE CENTROS DE TRATAMIENTO Y REQUISITOS TÉCNICOS

La APER coordina una red de 35 centros de tratamiento autorizados en Francia metropolitana y DROM-COM mediante un procedimiento técnico y administrativo homogéneo.

Los centros seleccionados mediante licitaciones públicas competitivas, evaluación técnica, ambiental y económica, y autorizaciones ambientales específicas bajo la categoría ICPE 2712-3, que exige descontaminación previa; desmantelamiento controlado; clasificación y trazabilidad de residuos; inversiones significativas en infraestructuras y consultoría técnica.

Los centros pueden tratar directamente los residuos, o derivarlos a gestores especializados, manteniendo la trazabilidad.

Los requisitos exigidos a los centros incluyen capacidades de descontaminación previa, desmantelamiento controlado, clasificación por tipologías de residuos, trazabilidad completa de los flujos, cumplimiento estricto de normativa ambiental y de seguridad.

TRAZABILIDAD Y CONTROL

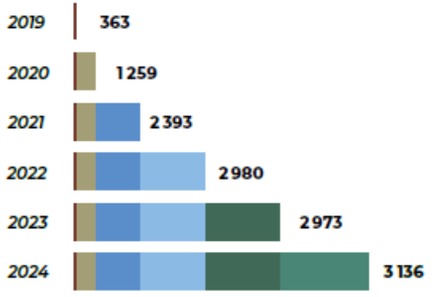
Un elemento clave del sistema francés es la obligación de trazabilidad integral, que exige:

- Declaración del destino final de todos los materiales.
- Diferenciación entre residuos tratados directamente y residuos derivados a terceros gestores.
- Auditorías periódicas.
- Sistemas de información centralizados.

Este enfoque permite generar datos fiables a escala nacional, evaluar el desempeño ambiental del sistema, identificar cuellos de botella técnicos (especialmente en materiales compuestos), y orientar políticas de I+D y ecodiseño.

Figura 3.3 – Datos de deconstrucción de embarcaciones de APER en el periodo 2019-204

Distribución de las deconstrucciones por año

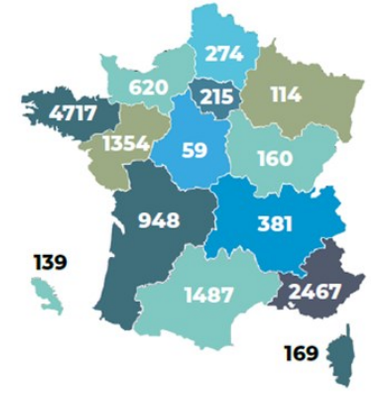


TOTAL 13.104

Distribución de los residuos por material



Distribución de las deconstrucciones por región



Distribución de las deconstrucciones por tipo de embarcación



35,83% Lancha motora monocasco

29,59% Embarcación auxiliar (menos de 6 m)

28,86% Veleros monocasco

3,66 % Semirrígida

0,95% Neumática

0,32% Velero multicasco

0,79% Moto acuática

Otros datos



74% Residuos valorizados (reciclaje, recuperación energética, reutilización…)

30% De los materiales compuestos (fibra de vidrio y resinas) se destinan a vertedero

42 Años de media de las embarcaciones desmanteladas

116 Empresas miembros, 93% del volumen de las embarcaciones comercializadas

4.344 t de barcos recogidos y desmantelados en 2024

35 Centros de tratamiento autorizados

Elaboración propia. Fuente: APER

A continuación, se describe el sistema de deconstrucción/valorización de APER que esta constituido por distintas fases y etapas basadas en criterios de seguridad de las operaciones, trazabilidad de residuos peligrosos, optimización de procesos de valorización, recuperación de componentes reutilizables y cumplimiento de los requisitos regulatorios y ambientales.

FASE 1.- ENTRADA EN EL SISTEMA

El procedimiento de gestión de una embarcación en final de vida útil se inicia con la solicitud realizada por el propietario, a través de una plataforma digital habilitada por la APER, cumplimentando un formulario al que se incorpora; información administrativa y técnica de la embarcación, y documentación acreditativa que incluye, por ejemplo, los documentos de propiedad.

Entre los principales datos de la embarcación requeridos se incluye:

- Identificación del propietario y situación administrativa.
- Datos de la embarcación: tipo, dimensiones, materiales, motor, matrícula, etc..
- Estado general de conservación.
- Localización de la embarcación.
- Declaración de equipamientos y elementos presentes a bordo.
- Condiciones de acceso y transporte hasta el centro autorizado.

Una vez registrada la solicitud, APER realiza una fase de verificación administrativa orientada a comprobar la documentación, la titularidad de la embarcación y la ausencia de incidencias que puedan impedir su tratamiento. Tras esta validación, el sistema autoriza la entrada de la embarcación en el circuito de tratamiento y asigna un centro autorizado que se encargará de realizar la deconstrucción.

Durante esta fase se genera un número de expediente que permite realizar el seguimiento integral de la embarcación a lo largo de todo el proceso. El propietario puede consultar en todo momento el estado de avance de la solicitud a través del portal digital. Este sistema centralizado permite gestionar de forma integral el proceso administrativo y técnico asociado a la deconstrucción de la embarcación, garantizando la trazabilidad y el seguimiento de todas actuaciones que se realicen.

FASE 2.- RECEPCIÓN DE LA EMBARCACIÓN EN EL CENTRO DE TRATAMIENTO

Una vez validada la solicitud por parte de APER y asignado el centro autorizado correspondiente, se procede a la entrega de la embarcación en las instalaciones de tratamiento. En esta fase, la embarcación pasa formalmente a integrarse en el sistema de gestión de residuos, iniciando el procedimiento técnico de deconstrucción/valorización.

Durante la recepción, el centro verifica la documentación asociada al expediente y comprueba la conformidad entre la información declarada por el propietario y el estado real de la embarcación, especialmente relevante para garantizar la trazabilidad y detectar posibles discrepancias o elementos no declarados previamente. Asimismo, la embarcación es pesada a su entrada en las instalaciones mediante sistemas de pesaje homologados, obteniendo un peso inicial de referencia que permitirá, posteriormente, comparar y controlar las distintas fracciones de residuos y materiales generados durante el proceso de tratamiento.

Paralelamente, se realiza una inspección visual y técnica de la embarcación, identificando los principales elementos presentes a bordo, entre ellos:

- Motores y sistemas de propulsión.
- Baterías y acumuladores.
- Combustibles y fluidos.
- Equipos eléctricos y electrónicos.
- Equipos pirotécnicos y extintores.
- Botellas de gas y otros elementos presurizados.
- Componentes reutilizables o desmontables.

En el caso de detectarse elementos peligrosos no declarados o incoherentes respecto a la información inicial aportada por el propietario, el centro debe documentar la incidencia mediante registros fotográficos y comunicarla a APER como parte del procedimiento de control.

Esta fase constituye un elemento fundamental del sistema francés, ya que permite asegurar la correcta identificación de riesgos, mejorar la planificación de las operaciones de tratamiento y reforzar la trazabilidad integral de la embarcación desde su entrada hasta su tratamiento final. Asimismo, la documentación generada durante la recepción - incluyendo registros fotográficos, pesajes y fichas técnicas- pasa a integrarse en el expediente digital asociado a la embarcación, alimentando el sistema centralizado de seguimiento gestionado por la APER.

FASE 3.- OPERACIONES DE DESGASIFICACIÓN Y DESCONTAMINACIÓN

Una vez completada la fase de recepción y aceptación de la embarcación, el centro autorizado inicia las fases de desgasificación y descontaminación, consideradas etapas críticas debido a su relevancia ambiental y de seguridad. Estas operaciones tienen como objetivo principal retirar todas aquellas sustancias peligrosas y componentes contaminantes susceptibles de generar riesgos ambientales, afecciones al personal operativo o impactos durante las posteriores fases de desmontaje y fragmentación de la embarcación.

3.1 Desgasificación de la embarcación

La primera etapa técnica correspondiente a la desgasificación consiste en la extracción y gestión controlada de los fluidos presentes en la embarcación, que son entre otros:

- Combustibles residuales.
- Aceites lubricantes y fluidos de motor.
- Aguas grises y aguas negras.
- Líquidos de refrigeración y otros fluidos técnicos.

Estas operaciones deben realizarse bajo condiciones controladas, utilizando equipos específicos de bombeo, contención y almacenamiento temporal, con el fin de evitar vertidos accidentales o emisiones contaminantes. En esta etapa, también se establece la obligación de registrar determinadas operaciones mediante evidencias fotográficas, especialmente en aquellas relacionadas con la extracción de combustibles o el tratamiento de elementos potencialmente peligrosos.

3.2 Descontaminación y retirada de residuos peligrosos

Una vez completada la desgasificación, se inicia la etapa de descontaminación, orientada a retirar todos los residuos peligrosos y elementos contaminantes presentes en la embarcación antes de proceder a su desmontaje estructural, entre los que destacan:

- Baterías y acumuladores.
- Extintores y dispositivos presurizados.
- Equipos pirotécnicos.
- Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).
- Pinturas, barnices y productos químicos.
- Componentes susceptibles de contener sustancias peligrosas.

Además de los residuos peligrosos, durante esta etapa, también se identifican y desmontan aquellos componentes que puedan ser destinados a reutilización o segunda vida, especialmente cuando presentan un estado de conservación adecuado.

FASE 4.- OPERACIONES DE DECONSTRUCCIÓN Y SEPARACIÓN DE MATERIALES

Una vez completada la fase de desgasificación y descontaminación, se inicia el proceso de deconstrucción de la embarcación, fase central del tratamiento y la más relevante desde el punto de vista de la valorización de materiales y economía circular. El objetivo es desmontar progresivamente la embarcación separando los distintos materiales y componentes, permitiendo su reutilización, reciclaje, valorización energética o eliminación controlada en función de sus características y posibilidades de aprovechamiento.

Está fase y su metodología varía según centro autorizado en función de diferentes factores, entre ellos:

- estado de conservación de la embarcación,
- tipo de materiales presentes,
- potencial de reutilización de determinados componentes,
- tamaño y configuración estructural del barco, y
- viabilidad técnica y económica del desmontaje selectivo.

4.1 Desmontaje manual selectivo

Cuando la embarcación dispone de equipos o componentes susceptibles de reutilización, los centros priorizan inicialmente un desmontaje manual selectivo. Este procedimiento permite recuperar elementos en buen estado sin dañarlos durante el proceso de tratamiento. Entre los principales componentes recuperados destacan:

1. Equipos electrónicos y de navegación.
2. Motores y componentes mecánicos.
3. Herrajes y piezas metálicas.
4. Mobiliario interior y carpintería.
5. Equipos eléctricos.
6. Elementos de aparejo y accesorios náuticos.

Muchos de estos materiales son, posteriormente derivados a circuitos especializados de reutilización o centros de venta de equipos de segunda mano, contribuyendo a prolongar la vida útil de los materiales y reducir la generación de residuos.

4.2 Deconstrucción mecanizada

Una vez retirados los componentes reutilizables y completadas las operaciones manuales prioritarias, la deconstrucción puede realizarse mediante maquinaria pesada especializada, centrada en el uso de maquinaria equipada con pinzas hidráulicas y sistemas de agarre mecanizado, utilizados para fragmentar las estructuras de las embarcaciones y facilitar la separación de materiales. Este tipo de equipamiento permite optimizar los tiempos de tratamiento y mejorar la eficiencia operativa, especialmente en embarcaciones de mayores dimensiones o con bajo potencial de reutilización.

4.3 Separación y clasificación de materiales

Tras la fragmentación y desmontaje de la embarcación, los materiales son clasificados y separados por tipología con el objetivo de facilitar su gestión posterior en las diferentes cadenas de valorización y reciclaje.

Entre las principales fracciones identificadas destacan:

- Metales ferrosos y no ferrosos (acero, aluminio, inox, latón).
- Madera.
- Plásticos y residuos no peligrosos.
- Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).
- Componentes mecánicos.
- Materiales compuestos y composites, principalmente fibra de vidrio y poliéster.

Cada flujo es almacenado de forma diferenciada y dirigido, posteriormente, a gestores o instalaciones especializadas en función de su naturaleza y posibilidades de valorización.

FASE 5. TRAZABILIDAD, CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PROCESO

Uno de los elementos más relevantes y que es transversal a todo el proceso, es la trazabilidad y control existente a lo largo de todo el procedimiento de gestión de embarcaciones en final de vida útil dentro del sistema APER, integrando mecanismos de seguimiento administrativo, técnico y ambiental que permiten documentar cada una de las fases del proceso, desde la solicitud inicial del propietario hasta la emisión del certificado final de destrucción y tratamiento.

Esta fase de trazabilidad constituye un elemento esencial para:

- Garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental.
- Controlar la correcta gestión de residuos peligrosos y no peligrosos.
- Verificar el destino final de los materiales recuperados.
- Homogeneizar procedimientos entre centros autorizados.
- Generar información estadística y técnica sobre el funcionamiento del sistema.
- Reforzar la transparencia y supervisión del proceso.

5.1 Sistema documental y registro digital

Todas las operaciones realizadas en la embarcación quedan integradas en un expediente digital asociado al número de solicitud inicial de APER. Este expediente incorpora tanto documentación administrativa como registros técnicos vinculados a las distintas fases del tratamiento. Entre los principales elementos de control identificados destacan:

- Fichas técnicas de recepción y tratamiento.
- Registros de pesaje homologado.
- Documentación fotográfica de determinadas operaciones.
- Identificación de residuos peligrosos retirados.
- Registro de materiales valorizados y eliminados.
- Seguimiento de componentes reutilizados.
- Certificados asociados a gestores y destinos finales.

5.2 Control de masas y trazabilidad de materiales

Uno de los aspectos más relevantes del procedimiento es el control del peso de la embarcación y de las diferentes fracciones obtenidas tras la deconstrucción. El pesaje inicial realizado a la entrada del centro sirve como referencia para el seguimiento posterior de los materiales separados durante el proceso. Posteriormente, los distintos flujos de residuos y materiales valorizados son igualmente pesados y registrados de forma individualizada.

Este sistema permite:

- Evaluar el rendimiento del proceso de valorización.
- Verificar la coherencia entre entradas y salidas de materiales.
- Controlar los porcentajes de reutilización, reciclaje y eliminación.
- Generar indicadores técnicos y ambientales del sistema.

Por otro lado, este registro detallado de las fracciones facilita la identificación de problemáticas específicas, como ocurre actualmente con los materiales compuestos procedentes de cascos y estructuras de embarcaciones.

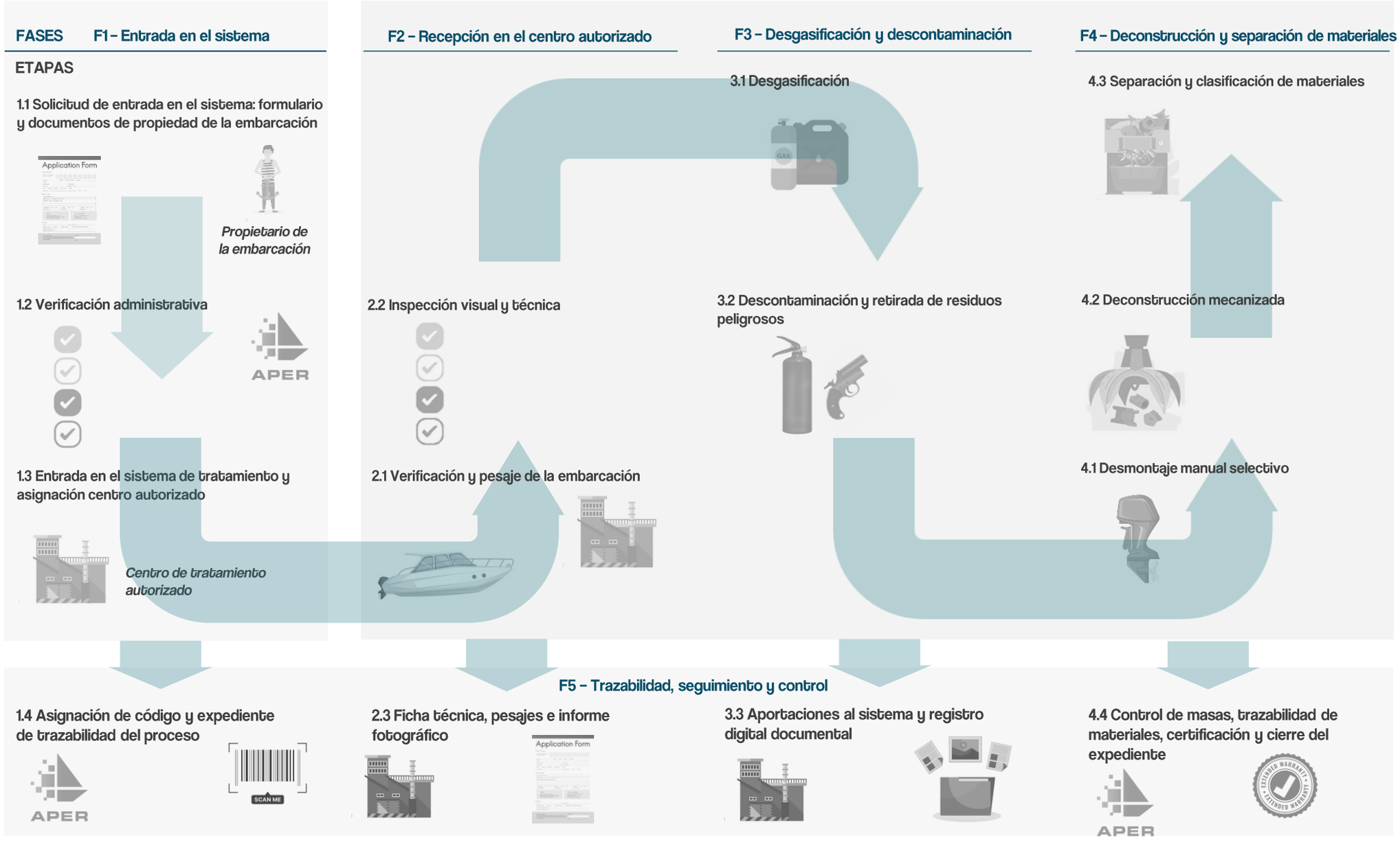
5.3 Certificación y cierre del expediente

Una vez finalizadas las operaciones de tratamiento, el centro autorizado remite toda la documentación asociada a APER, incluyendo registros técnicos, pesajes y documentación justificativa del destino final de los residuos y materiales.

Tras la validación del expediente, el sistema emite el correspondiente certificado de destrucción de la embarcación, completando así el proceso administrativa y ambiental asociado a su fina de vida útil.

De esta forma, se trata de un sistema con un elevado grado de digitalización y centralización del procedimiento administrativo, lo que permite homogeneizar criterios entre centros, agilizar la gestión documental, garantizar una mayor trazabilidad del sistema y que ayuda a establecer una clara distribución de responsabilidades entre los distintos actores implicados – propietario, eco-organismo y centro de tratamiento -, favoreciendo una gestión estructurada y coordinada del final de vida útil de las embarcaciones de recreo.

Figura 3.4 – Proceso operativo de APER



Sección 4

CASOS DE ESTUDIO EN OTROS PAISES



4.1 GESTIÓN DE EMBARCACIONES EN FINAL DE VIDA UTIL EN FINLANDIA

Finlandia es un país con una gran extensión de línea de costa de aprox. 31.119 km que incluyen su costa continental, numerosos archipiélagos insulares y fiordos.

Según datos de 2024, hay alrededor de 1,7 millones de embarcaciones registradas en Finlandia, con un aumento en los últimos 7 años del 48%.

La mayoría de los barcos son embarcaciones pequeñas, de entre 5 y 20 m de eslora, y un 60% son de fibra de vidrio. Dichas embarcaciones han sido construidas a partir de la década de los años 70 y es, mas que probable, que la necesidad de una gestión eficaz de los residuos y el reciclaje de estas embarcaciones aumente en el futuro, sobre todo cuando lleguen al final de su vida útil y sean abandonados.

En 2023, el gobierno finlandés realizo un estudio cuyos objetivos principales eran:

- Obtener una estimación de la cantidad de embarcaciones al final de su vida útil (enfoque principal en embarcaciones pequeñas).
- Evaluar la situación actual y los cuellos de botella relacionados especialmente con la recolección, pero también con la gestión de residuos de las embarcaciones al final de su vida útil.
- Recomendar las mejores prácticas para mejorar la recolección y la gestión de residuos de las embarcaciones.

Este estudio se basó en la caracterización del sistema actual de gestión de embarcaciones en final de vida útil en Finlandia a través de cuestionario a público objetivo y profesionales, entrevistas a expertos y al sector de gestión de residuos, y un análisis bibliográfico sobre esquemas de gestión de residuos y embarcaciones en otros países europeos.

El estudio plantea que no existe un sistema reglado de gestión de residuos de embarcaciones, sino que surge de iniciativas individuales y otras colectivas donde las embarcaciones pequeñas deben ser llevadas por el propietario a vertederos municipales, y las embarcaciones más grandes a vertederos más grandes. El coste se basa en el peso o volumen (unos 100 € por una embarcación de remos). Su desmantelamiento se basa en la mayoría de los casos en incineración o deposito en vertederos municipales.

En el caso de embarcaciones abandonadas, mayoritariamente pequeñas embarcaciones dejadas en las costas o perdidas de otra manera, estas se consideran residuos según la Ley de Residuos de Finlandia que establece las responsabilidades de limpieza en:

1. Propietario de la embarcación (a menudo no es posible averiguarlo para las pequeñas embarcaciones no registradas).
2. Propietario del área (si el coste no es irrazonable).
3. Municipio: si no está claro si una embarcación está abandonada o no, se aplica la Ley de bienes encontrados.

Según las estimaciones del estudio, de la muestra de 1,2 millones de embarcaciones en 2017, sobre el 60%, unas 720 mil embarcaciones estarían compuestas por fibras, de las cuales, asumiendo un ciclo de vida útil de 50 años, un 2% (14.000 embarcaciones) estarían en su final de vida útil.

Sobre la encuesta a público objetivo y profesionales, los cuellos de botella en la gestión de las embarcaciones en final de vida útil están en:

1. la falta de conocimiento sobre la gestión de residuos del público general,
2. el coste y la dificultad del transporte,
3. el coste de la gestión de residuos, y
4. la falta de claridad en las responsabilidades.

En las recomendaciones del estudio, se establece:

1. Incrementar la comunicación e intercambio de información para mejorar el conocimiento sobre el sistema de gestión de residuos que ya existe, posibles campañas.
2. Recogida gratuita de embarcaciones, responsabilidad dentro de los municipios: los costes se cubren con las tasas municipales de residuos.
3. Responsabilidad del transporte de embarcaciones dentro de las comunidades: los costes se cubren por el propietario de la embarcación o con tasas de residuos.
4. Tasa de desguace: apoyo gubernamental para animar a las personas a llevar sus embarcaciones a la gestión de residuos.
5. Registro de barcos y cambio de un barco “en uso” a “fin de vida”.
6. Implementar un sistema de responsabilidad extendida del productor.

Según el gobierno canadiense, las embarcaciones naufragadas, abandonadas, peligrosas o deterioradas (en mal estado), pueden generar problemas para la salud y la seguridad pública local, el medio ambiente y la economía. No solo son objetos antiestéticos, sino que también pueden contaminar las aguas, afectar el turismo local y las rutas marítimas, y afectar el ecosistema marino.

Alienado con esta problemática, en 2019, el Gobierno de Canadá dio un paso importante para abordar el problema de las embarcaciones en final de vida útil en las comunidades afectadas con la introducción de la Ley de embarcaciones náufragas, abandonadas o peligrosas, como medida clave en el marco del Plan de Protección de los Océanos (OPP) lanzado en 2016 con una financiación de 1.500 millones de dólares a 5 años. Esta ley reduce el impacto negativo de las embarcaciones en final de vida útil en las comunidades costeras y ribereñas de Canadá al aumentar la responsabilidad de los propietarios por sus embarcaciones y permitir al Gobierno de Canadá tomar medidas proactivas en los casos en que se identifique una embarcación en mal estado.

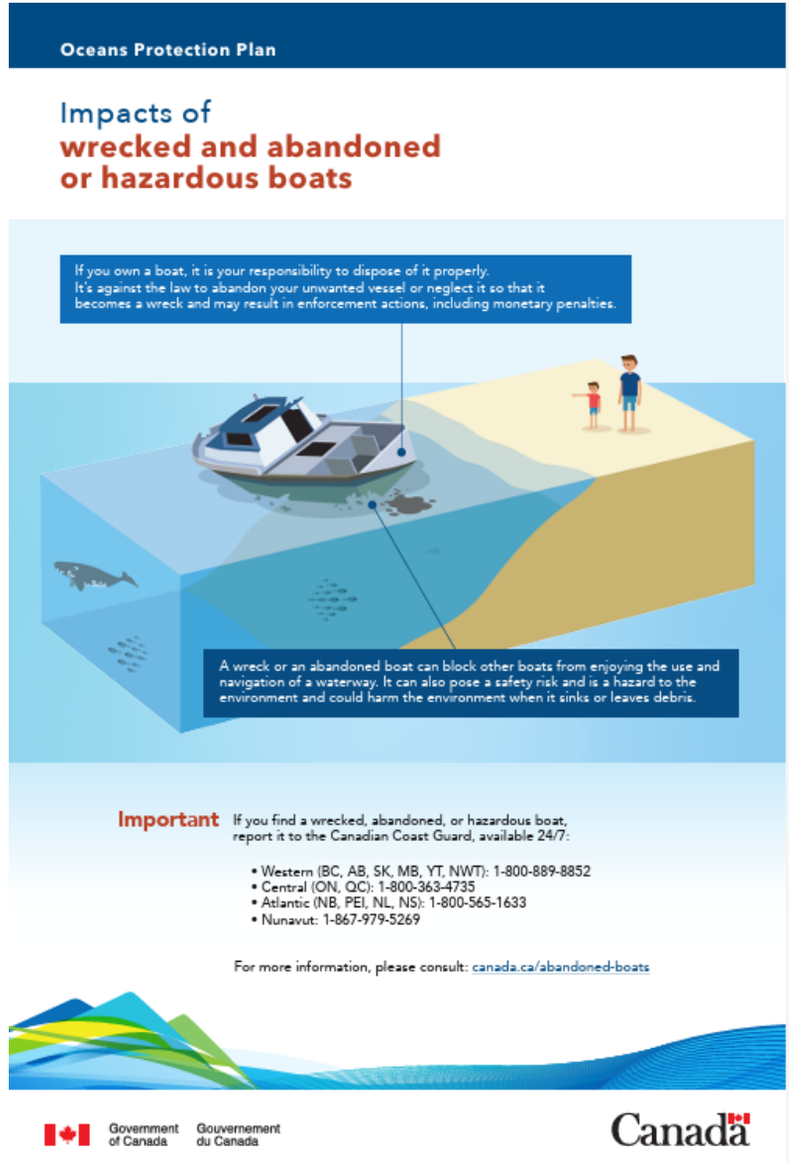
Como iniciativa clave del OPP, la implementación de la Ley de embarcaciones naufragadas, abandonadas o peligrosas es fundamental para el objetivo del Gobierno de Canadá de abordar el problema de las embarcaciones y proteger las vías fluviales y el ecosistema marino. Las embarcaciones preocupantes, como así se define en la Ley, pueden presentar problemas ambientales, económicos, sociales y de seguridad, y son un problema creciente para las comunidades locales.

Su objetivo principal es abordar la gestión irresponsable de embarcaciones, lo que incluye disposiciones que prohíben el abandono de embarcaciones y refuerzan las facultades federales para tomar medidas proactivas para abordar las embarcaciones preocupantes antes de que se conviertan en un riesgo. La Ley se aplica a las embarcaciones registradas en Canadá y en el extranjero (desde pequeñas embarcaciones de recreo hasta embarcaciones comerciales) que se encuentran en aguas canadienses.

La Ley incorpora al derecho canadiense el Convenio Internacional de Nairobi sobre la Remoción de Naufragios de 2007, que responsabiliza a los propietarios de embarcaciones por el coste de retirar una embarcación que represente un peligro ambiental o que afecte negativamente a la seguridad de la navegación.

En virtud de la Ley de embarcaciones naufragadas, abandonadas o peligrosas, el Ministerio de Transporte de Canadá y el Ministerio de Pesca y Océanos (Guardia Costera Canadiense) colaboran para abordar el problema de los buques de interés y sus impactos, repartiéndose las competencias en el marco de la Ley, lo que les permite desempeñar eficazmente sus funciones garantizando el cumplimiento de todas las disposiciones de la Ley. A continuación, se enumeran las competencias de cada departamento.

Figura 4.1 – Folleto del Gobierno de Canadá sobre las embarcaciones naufragadas, abandonadas o peligrosas



Fuente: Gobierno de Canadá

Transporte Canadá

Transporte Canadá es responsable de administrar la Ley de embarcaciones naufragadas, abandonadas o peligrosas, supervisando su cumplimiento en todas las aguas canadienses y la Zona Económica Exclusiva (ZEE). Administrada por el Programa de Protección de la Navegación (PPN), la Ley permite a Transportes de Canadá:

- proteger el derecho público a utilizar todas las aguas navegables de Canadá; y
- proteger las aguas navegables de Canadá, incluidas las comunidades costeras y ribereñas, de los buques naufragados, abandonados o deteriorados (en mal estado).

Según la Ley, el ministro de Transporte tiene la autoridad para:

- Autorizar la transferencia de posesión de cualquier embarcación abandonada a un tercero.
- Designar a una persona como receptor de pecios, un custodio cuando se desconoce o no se puede localizar al propietario del naufragio.
- Ordenar a los propietarios de embarcaciones que se ocupen de su embarcación deteriorada (en mal estado) si ha permanecido en el mismo lugar durante 60 días consecutivos sin el consentimiento de la persona a cargo.
- Hacer cumplir la prohibición del abandono de embarcaciones.
- Adoptar medidas para retirar una embarcación preocupante si se desconoce el propietario o si no puede o no quiere responder.
- Exigir a los propietarios de embarcaciones la responsabilidad de los costes de traslado o retirada de su embarcación abandonada o deteriorada.

Departamento de Pesca y Océanos (Guardia Costera Canadiense)

A su vez, según la Ley, el Departamento de Pesca y Océanos tiene la autoridad para:

- Atender todas las embarcaciones y pecios, incluidos aquellos que representan o pueden representar un peligro en todas las aguas canadienses y en la ZEE de Canadá.
- Coordinar y realizar evaluaciones de riesgos en buques y restos de naufragio dondequiera que se encuentren, incluyendo la aplicación de medidas de cumplimiento.
- Hacer cumplir la Convención Internacional de Nairobi sobre la Remoción de Restos de Naufragio de 2007, en aguas y ZEE de Canadá. En concreto, garantizar que los restos de naufragio sean debidamente reportados, localizados, marcados y retirados por el propietario, según lo dispuesto en la Parte 1, y tomar medidas necesarias si el propietario es desconocido, no puede o no desea actuar.
- Adoptar las medidas adecuadas respecto a los buques en mal estado que se encuentren en propiedades bajo la responsabilidad del ministro de Pesca y Océanos.

Gestión responsable de embarcaciones

Al navegar por las vías fluviales de Canadá o a lo largo de sus costas, es posible que vea restos de naufragios o embarcaciones abandonadas. Esto puede plantear varios problemas, como impedir que otras embarcaciones disfruten del uso y la navegación de una vía fluvial, suponer un riesgo para la salud pública y la infraestructura, y representar un peligro para el medio ambiente. Ser propietario de una embarcación conlleva muchas responsabilidades, una de las cuales incluye tener un plan para desecharla responsablemente cuando sufra daños o llegue al final de su vida útil. Es ilegal abandonar una embarcación no deseada o descuidarla hasta que se convierta en un naufragio.

Para ayudar a proteger el medio ambiente, las economías locales y, la salud y seguridad pública, es importante que todo propietario de embarcación sepa cómo ser un propietario responsable.

Según las secciones de la Ley administradas por Transporte de Canadá, es ilegal:

- Abandonar su embarcación.
- Provocar que su embarcación se convierta en un naufragio por no realizarle el mantenimiento.
- Hundir, encallar o encallar su embarcación a propósito.
- Dejar su embarcación en mal estado, en la misma zona, durante más de 60 días consecutivos en un radio de 3 millas náuticas sin la autorización del propietario.
- Dejar su embarcación a la deriva durante más de 48 horas sin tomar medidas para asegurarla.
- Tomar posesión de un pecio antes de informarlo al Receptor de Pecios, a menos que:
  - ✓ El pecio esté en peligro y usted necesite tomar posesión para asegurarlo o protegerlo de otra manera; o
  - ✓ El Receptor de Pecios le autorice a tomar posesión.
- Entrar en Canadá con un pecio encontrado fuera de aguas canadienses sin informarlo al Receptor de Pecios lo antes posible.

El incumplimiento de las disposiciones de la Ley puede dar lugar a la aplicación de medidas coercitivas, que pueden incluir la imposición de sanciones monetarias administrativas de hasta 50.000 dólares para personas físicas y de hasta 250.000 dólares para empresas. Las condenas por delitos más graves podrían resultar en una multa máxima de 1 millón de dólares para particulares y de 6 millones de dólares para empresas.

La Ley exige que el ministro de Transportes mantenga y publique un registro público de todas las sanciones por incumplimiento impuestas en virtud de esta.

En 2022, el Gobierno de Canadá anunció una nueva inversión de 2.000 millones de dólares durante nueve años para continuar con el OPP 2.0. El OPP 2.0 es un plan renovado y ampliado, basado en el OPP 1.0, que busca:

- Mejorar la protección y la restauración de los ecosistemas marinos vulnerables y la fauna silvestre.
- Mejorar la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad de las cadenas de suministro marinas de Canadá y mitigar su impacto en el medio ambiente, incluyendo el fomento de la investigación sobre la contaminación marina, los ecosistemas y la fauna silvestre.
- Gestionar mejor la navegación marítima frente a nuestras costas y los incidentes marinos de todo tipo.
- Fomentar las alianzas y las oportunidades de capacitación para que las comunidades indígenas y costeras incorporen sus conocimientos y experiencias en diversos aspectos de la seguridad marina y la protección de los ecosistemas.

El plan incluye un programa integral para reducir el número de embarcaciones abandonadas y naufragadas y minimizar los riesgos asociados de daño ambiental.

En este sentido, el Gobierno de Canadá ha puesto en marcha dos programas para abordar el problema de las embarcaciones abandonadas:

1. Programa de Embarcaciones Abandonadas de Transportes de Canadá.
2. Programa de Retirada de Embarcaciones Abandonadas y Naufragadas de los Puertos para Pequeñas Embarcaciones (SCH) del Departamento de Pesca y Océanos.

PROGRAMA DE EMBARCACIONES ABANDONADAS DE TRANSPORTE DE CANADÁ

El Programa de Embarcaciones Abandonadas (PAA) proporciona subvenciones y contribuciones para ayudar en la retirada de pequeñas embarcaciones abandonadas o naufragadas que representan un peligro en aguas canadienses. El programa también ayuda a:

- Educar a los propietarios de pequeñas embarcaciones sobre cómo gestionarlas responsablemente.
- Apoyar la investigación sobre el reciclaje de embarcaciones y el diseño ambientalmente responsable de embarcaciones.

El PAA tiene dos componentes clave:

1. El componente de evaluación y retirada que financia las evaluaciones de retirada de embarcaciones y, la retirada y disposición definitiva de pequeñas embarcaciones abandonadas o naufragadas.
2. El componente de educación, concienciación e investigación que financia:
   - Proyectos de educación pública destinados a concienciar sobre la responsabilidad de los propietarios de embarcaciones, incluyendo prácticas adecuadas de gestión al final de su vida útil.
   - Investigación sobre el diseño ambientalmente responsable de embarcaciones y el reciclaje de embarcaciones al final de su vida útil.

Tabla 4.1. - Proyectos aprobados del Programa PAA

Periodo	Tipo de proyecto	Localizaciones (*nº Distritos*)	Alcance (*nº embarcaciones*)	Financiación ($)
2017 / 2018	Evaluación	3	26	90.400
	Retirada	3	12	89.400
	Sensibilización	4	14	538.604
	Investigación	3		477.500
2018 / 2019	Evaluación	7	61	177.160
	Retirada	8	33	516.813
2019 / 2020	Evaluación	3	22	108.450
	Retirada	4	67	2.330.514
TOTAL			235	4.328.841

Elaboración propia. Fuente: Ministerio de Transporte del Gobierno de Canadá

PROGRAMA DE RETIRADA DE EMBARCACIONES ABANDONADAS Y NAUFRAGADAS DE LOS PUERTOS PARA PEQUEÑAS EMBARCACIONES (SCH)

El Programa de Retirada de Embarcaciones Abandonadas y Náufragas (SCH), bajo la OPP 2.0, proporciona hasta 250 mil dólares anuales a las autoridades portuarias y otros beneficiarios elegibles para la retirada y disposición de embarcaciones abandonadas o naufragadas ubicadas en puertos para pequeñas embarcaciones propiedad del Departamento de Pesca y Océanos.

Los beneficiarios elegibles pueden recibir hasta el 100% de sus costes totales elegibles para obtener la posesión legal de una embarcación y evaluar el coste de la retirada y disposición de la misma, y hasta el 75% para las actividades de retirada y disposición de una embarcación abandonada o naufragada en un puerto para pequeñas embarcaciones.

El programa va dirigido a las siguientes definiciones de embarcaciones abandonadas o naufragadas.

Una embarcación abandonada según este programa incluye al menos una de las siguientes características:

- El propietario es desconocido o no se puede localizar.
- El propietario manifestó su intención de abandonarla.
- La embarcación ha permanecido en el mismo lugar durante un período de tiempo inusualmente largo.
- No hay evidencia de que la embarcación haya recibido cuidados durante un período de tiempo significativo.
- La embarcación ha ido a la deriva o ha tenido que ser reasegurada.
- La embarcación está haciendo agua lentamente.
- No tiene matrícula vigente.

En el caso de una embarcación naufragada incluye una o más de las siguientes características:

- La embarcación parece estar parcial o sustancialmente destruida.
- Está parcial o totalmente hundida.
- Está en tierra o varada.
- Está varada, en peligro o en ruinas.

Tabla 4.2 - Proyectos aprobados del Programa SCH

Periodo	Región	Localizaciones (*nº Puertos*)	Embarcaciones retiradas (*nº*)
2017 / 2018	Pacifico	3	8
	Newfoundland y Labrador	1	1
	SUBTOTAL	**4**	**9**
2018 / 2019	Pacífico	4	8
	Quebec	3	1
	Newfoundland y Labrador	4	5
	SUBTOTAL		**14**
2019 / 2020	Pacífico	4	6
	Quebec	3	12
	Maritimes y Gulf	4	11
	Newfoundland y Labrador	5	12
	SUBTOTAL		**41**
2020 / 2021	Pacífico	6	17
	Quebec	5	7
	Newfoundland y Labrador	5	9
	SUBTOTAL		**33**
2021 / 2022	Pacífico	9	37
	Quebec	8	8
	Maritimes y Gulf	2	4
	Newfoundland y Labrador	6	9
	SUBTOTAL		**58**
2022 / 2023	Pacífico	3	6
	Quebec	2	3
	Newfoundland y Labrador	5	9
	SUBTOTAL		**18**
2023 / 2024	Pacífico	4	4
	Newfoundland y Labrador	10	19
	SUBTOTAL		**23**
TOTAL			**196**

Elaboración propia. Fuente: Departamento de Pesca y Océanos del Gobierno de Canadá

En épocas de expansión económica, las matriculaciones de embarcaciones aumentan considerablemente. Por el contrario, en épocas de recesión, disminuyen. Muchos propietarios no pueden asumir los costes de mantenimiento de sus embarcaciones ni las tasas de amarre en puertos deportivos, astilleros o talleres navales, y como resultado, se produce un aumento de embarcaciones abandonadas y descuidadas. El desarrollo de la industria de la construcción naval despierta un creciente interés entre los aficionados a los yates. Sin embargo, existe un problema latente cuando la embarcación llega al final de su vida útil (*Zhang y Wang, 2019*).

En el caso de España, las matriculaciones han sufrido un descenso significativo coincidiendo con la crisis financiera de 2008, con una ligera recuperación desde 2014, aunque nunca se ha recuperado del crecimiento desenfrenado de los años de bonanza. Los desguazadores de embarcaciones no son ajenos a estas circunstancias económicas. Desde 2010 (coincidiendo con el periodo de dos años de resolución judicial) se produce un elevado volumen de desguace de embarcaciones, si bien esta actividad desciende bruscamente cuando se habla de "*recuperación*".

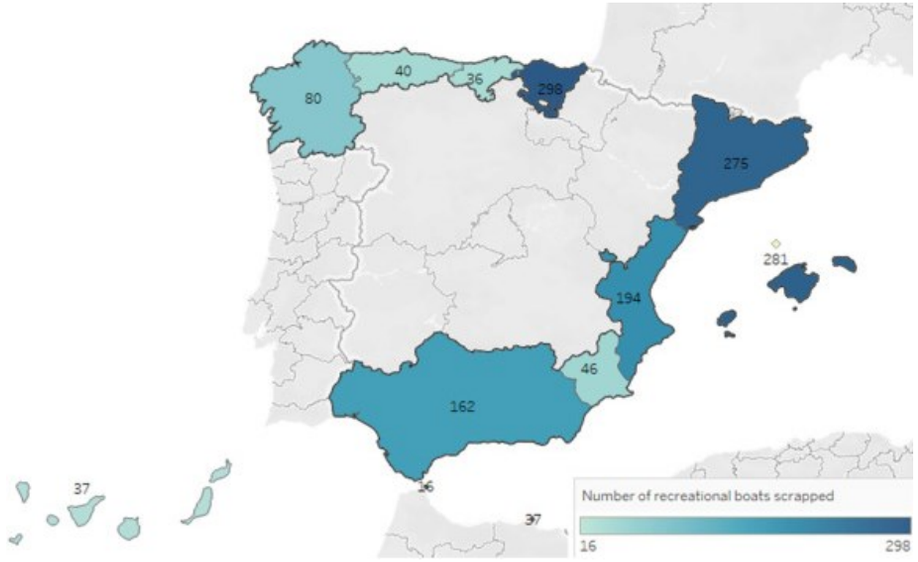
Algunas embarcaciones amarradas en puertos deportivos no son recogidas ni reclamadas por sus propietarios, lo que supone un problema para las entidades gestoras de los puertos deportivos. Un problema ambiental adicional surge del deterioro de las embarcaciones en el puerto deportivo (tanto en zonas de dique seco como húmedo), así como en otras zonas cercanas a los puertos deportivos, debido al creciente número de embarcaciones abandonadas que se acumulan. Un número significativo de estas embarcaciones ya no están en condiciones de navegar, por lo que es necesario su desguace y reciclaje.

En España, durante el período 2000-2020, el valor acumulado de las embarcaciones desguazadas en las distintas Comunidades Autónomas se muestra en la figura siguiente, con el País Vasco (298), Baleares (281) y Cataluña (275) presentando los valores más altos. Si hacemos un balance general de estos 20 años, se han destruido 1.595 embarcaciones con una vida útil media de 31 años.

El desguace de embarcaciones es un proceso que implica el desmantelamiento de su estructura en un astillero, muelle o taller naval. En resumen, en el caso español, el proceso de desguace de embarcaciones de recreo se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. El propietario o la entidad gestora de la marina debe solicitar el desguace a la capitanía marítima, con el correspondiente pago de la tasa de desguace y la baja en el Registro de Buques, donde debe especificar un astillero o taller autorizado para llevar a cabo el desguace; en caso contrario, el propietario lo realizará.
2. La autorización se obtiene del Capitán Marítimo y es supervisada por inspectores de seguridad marítima.
3. Se debe presentar un comprobante de la extracción de todos los residuos oleosos.
4. Certificación del depósito de los residuos restantes en una empresa de tratamiento de residuos.
5. Posteriormente, si la embarcación está matriculada en España, se da de baja del Registro de Barcos.

Figura 4.2 - Mapa de embarcaciones recreativas desguazadas en el periodo 2020-2020



Fuente: Challenges and opportunities for the future of recreational boat scrapping: The Spanish case (2020). Rosa María Martínez-Vázquez, Juan Milán-García y Jaime de Pablo Valenciano

El primer paso consiste en contactar con el propietario para localizar la embarcación, planificar la logística de su transporte y completar los trámites administrativos necesarios (matrícula). Dependiendo del tamaño de la embarcación, este paso suele ser el más costoso, ya que, si la embarcación excede el ancho de la vía, será necesario gestionar y calcular varios permisos y rutas adecuadas. Al llegar a su destino, se realizan las comprobaciones pertinentes y se entrega un certificado del centro de reciclaje autorizado para eximir al propietario de cualquier responsabilidad futura.

El segundo paso consiste en preparar la embarcación in situ para iniciar el proceso de desguace. Se elabora un inventario inicial y un plan de desguace de todos los materiales y equipos peligrosos (radar plotter, sonda, radio, GPS y otros materiales). La instalación debe estar preparada para recibir la embarcación en esta fase preparatoria y haber identificado previamente cualquier riesgo para la salud, el trabajo y el medio ambiente. Una vez in situ, se realiza una inspección visual para verificar que las medidas de acceso y

extracción segura estén correctamente ubicadas, marcando la ubicación de los peligros detectados.

El proceso de desguace consta de tres etapas. La primera etapa consiste en el desmantelamiento y la eliminación de residuos visibles y de fácil acceso. Este proceso de descontaminación requiere un sistema de drenaje para la extracción de agua, aceites y combustibles, así como un sistema de almacenamiento adecuado para su posterior procesamiento. Independientemente del tipo de embarcación, la siguiente etapa implica la planificación de la descontaminación y la instalación de sistemas de seguridad para los trabajadores y el medio ambiente, el apagado de los circuitos eléctricos, la retirada de las baterías, la descontaminación de gases, la extracción de residuos raros, la extracción y el almacenamiento de combustibles y aceites usados (lodos y aguas oleosas), la limpieza de tanques, la desgasificación y la eliminación de residuos peligrosos comunes.

La segunda etapa del proceso de desmantelamiento depende del tipo de embarcación y del equipo disponible para el desguazador. En embarcaciones pequeñas, el desmantelamiento puede realizarse directamente de proa a popa o desde el centro. En embarcaciones medianas y grandes, la secuencia comienza en las cubiertas superiores de la estructura hacia la quilla, y se pueden realizar aberturas laterales para acceder al interior de la embarcación y continuar con la extracción de equipos, materiales y residuos. Para retirar equipo pesado de la sala de máquinas, se debe tener cuidado, ya que implica la eliminación de líquidos peligrosos y la posterior retirada de los motores y demás maquinaria.

La tercera y última etapa consiste en la extracción de residuos líquidos tóxicos, otros residuos sólidos y la retirada de piezas destinadas a la reutilización o reventa. En este punto, y siguiendo la normativa vigente para el tratamiento de diferentes residuos (orgánicos, madera, vidrio, plásticos, metales, combustibles, aceites usados), intervienen empresas especializadas encargadas de la recogida y el tratamiento de residuos. Una vez finalizado el trabajo, todos los residuos generados deben gestionarse adecuadamente. Finalmente, de acuerdo con la legislación local, se debe informar a la agencia ambiental competente. La agencia emitirá el certificado correspondiente que acredite la correcta finalización del desguace.

Durante todas las etapas del proceso de desguace y reciclaje, la embarcación no está exento de otros riesgos, como accidentes laborales, derrames, fugas y otros problemas de reciclaje, como el ruido y la contaminación atmosférica derivados del proceso de trituración.

El artículo "*Challenges and opportunities for the future of recreational boat scrapping: The Spanish case*" (2020) de Rosa María Martínez-Vázquez, Juan Milán-García y Jaime de Pablo Valenciano, analiza las tendencias en gestión de embarcaciones en final de vida útil utilizando palabras clave y un análisis Delphi para comprobar si los expertos coinciden con los resultados obtenidos. Cabe destacar que, para áreas de conocimiento y disciplinas específicas, no existe bibliografía completa debido a la complejidad del concepto y del conocimiento correspondiente (Tsai et al., 2020). Sin embargo, el objetivo principal es abordar este campo de investigación poco explorado, ya que ofrece numerosas posibilidades para instituciones privadas y públicas, empresas de reciclaje, desguazadores de embarcaciones y otros profesionales relevantes.

Algunas conclusiones, plantean que se ha generado un grave problema en los puertos deportivos debido a la falta de medidas legales disponibles para resolver este conflicto (ocupación de amarres, aumento de impagos por abandono). Además, existe una falta de información sobre los procesos de desguace y reciclaje de embarcaciones de recreo por parte de los propietarios de embarcaciones.

Una propuesta que podría ayudar a reducir el número de embarcaciones abandonadas en puertos deportivos, talleres navales y otros lugares exige el desarrollo de un marco legal que facilite eficazmente la resolución del problema. Para revender una embarcación en el mercado de segunda mano, sería necesario agilizar el proceso judicial, prolongando así su vida útil y recuperando parcialmente las deudas generadas por el anterior propietario.

Otra propuesta destaca la necesidad de desarrollar una legislación específica para el desguace de embarcaciones de recreo, que diferencie de la legislación que regula los procesos de desguace de grandes buques y que aborde las características, dimensiones y materiales específicos utilizados en embarcaciones más pequeñas. Dado el problema de las embarcaciones abandonadas, se podrían elaborar medidas similares a las que rigen los vehículos abandonados en la vía pública, considerándolas como bienes muebles. En caso de abandono de vehículos, el propietario se enfrenta a una sanción económica, que puede variar según las ordenanzas municipales pertinentes, y está obligado a depositarlo en un punto de desguace autorizado.

Según los resultados de este estudio, existe un conflicto de intereses. Por un lado, los gestores de puertos deportivos necesitan recuperar parte de la deuda generada por el propietario mediante la venta de la embarcación. En este sentido, el proceso judicial y las condiciones del buque desempeñan un papel fundamental para prolongar su vida útil. Por otro lado, la industria del desguace genera ingresos en aquellos procesos prolongados en los que la embarcación no se ha comercializado y presenta un deterioro significativo. En cualquier caso, la economía circular podría aplicarse en ambas situaciones.

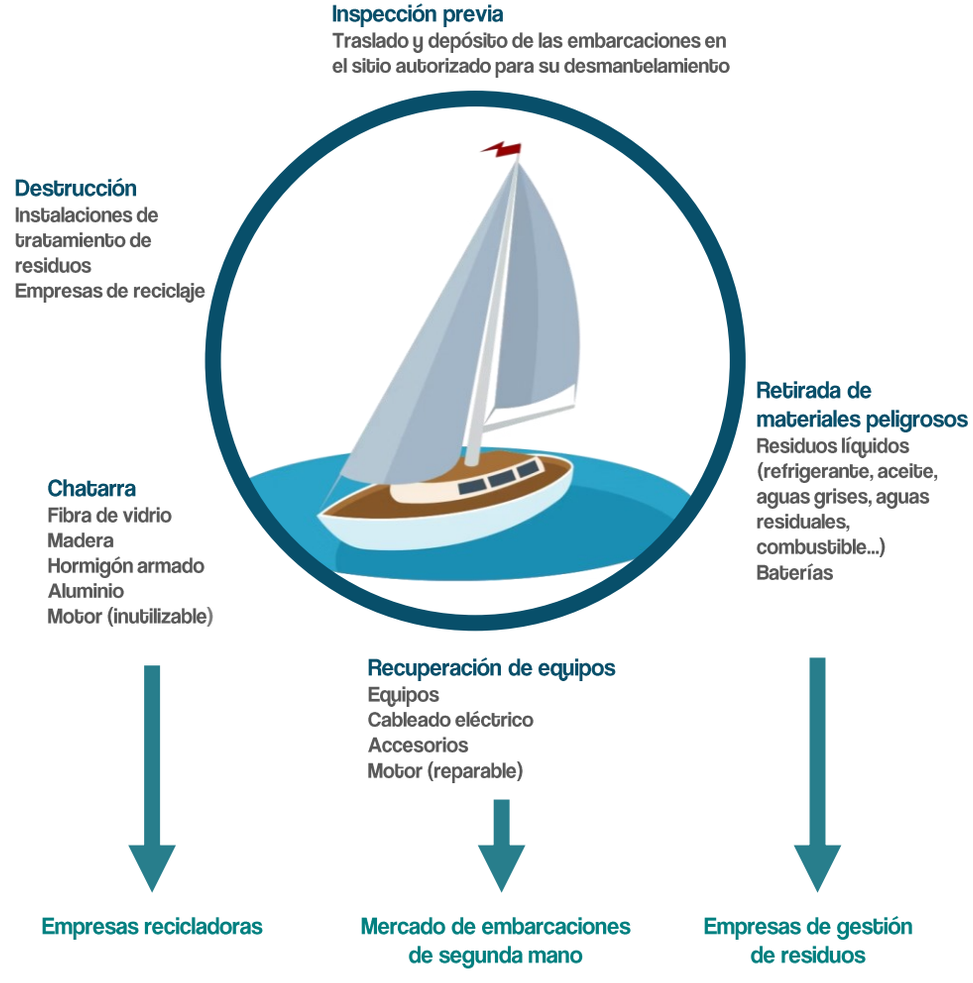
En puertos pequeños no comerciales, como zonas de amarre y puertos deportivos, con poco tráfico y utilizados únicamente por embarcaciones de recreo, o en épocas específicas del año, puede resultar complicado desarrollar y supervisar planes de recepción y gestión de residuos. El sistema municipal de gestión de residuos suele gestionar los residuos de estos pequeños puertos según los principios establecidos en la Directiva 2008/98/CE. Para no sobrecargar a las autoridades locales y facilitar la gestión de residuos en estos puertos, debería bastar con que los residuos de estos puertos se incluyan en el flujo municipal de residuos y se gestionen en consecuencia.

La figura 4.3 resume la incorporación de la industria del reciclaje al proceso de desguace de embarcaciones de recreo. La fase de eliminación de materiales peligrosos (principalmente componentes líquidos, chatarra y desguace de cascos) se destaca mediante la incorporación de la industria del tratamiento y reciclaje de residuos. En esta etapa del proceso, la economía circular desempeña un papel crucial en la creación de valor añadido en el proceso de desguace y la minimización del impacto ambiental.

La Economía Circular se enfrenta a retos que van más allá del tratamiento de residuos, la prolongación del ciclo de vida de las embarcaciones o su depósito en una planta de tratamiento. Se necesitan proyectos de I+D para fabricar nuevas materias primas reciclables y energía más limpia en la construcción de las embarcaciones.

Actualmente, algunas iniciativas interesantes ofrecen oportunidades para la economía circular. Por ejemplo, en el caso español, el proyecto Boatcycle busco reducir el impacto de la industria marina en el medio ambiente mediante el desarrollo de metodologías de recuperación, reciclaje y buenas prácticas para el tratamiento de embarcaciones recreativas, basadas en un enfoque de ACV y ecodiseño.

Figura 4.3 - Introducción de la economía circular en el proceso de desguace de embarcaciones de recreo



Elaboración propia. Fuente: Challenges and opportunities for the future of recreational boat scrapping: The Spanish case (2020). Rosa María Martínez-Vázquez, Juan Milán-García y Jaime de Pablo Valenciano

Sección 5

RECICLAJE DE LOS MATERIALES



Como veíamos anteriormente, la gestión de residuos de las embarcaciones en final de vida útil se plantea bajo cinco (5) métodos.

1. Reducción.
2. Reutilización: volver a utilizar los componentes de la embarcación.
3. Reciclaje: separar los componentes y reciclarlos para su posterior uso en alguna aplicación.
4. Recuperación de energía: consiste en incinerar el material obtenido del desmantelamiento para generar energía.
5. Eliminación: eliminar los residuos que no pueden someterse a las cuatro opciones anteriores en un vertedero.

Centrándonos en el tercer método el reciclaje, de los materiales existentes para la construcción de embarcaciones de recreo hay algunos que son muy fáciles de reciclar y que tienen muchas aplicaciones como materiales secundarios, sin embargo, hay otros que tienen más complicaciones a la hora de ser reciclados y el material secundario no tiene tanta demanda ni valor en el mercado.

A continuación, en este capítulo, se ofrece un análisis de la reciclabilidad de los distintos materiales que componen las embarcaciones de recreo abordando las tecnologías implicadas, casos empresariales de reciclado, oportunidades y desventajas de los métodos.



Como se ha venido planteando en buena parte del informe, los materiales compuestos no son fáciles de reciclar debido a la difícil separación de la fibra y la matriz. Es necesario para el reciclaje de materiales compuestos, utilizar los residuos de compuestos como recurso para producir fibra reciclada, ya que la producción de fibra virgen necesita mucha energía y es muy costosa.

5.2 1 POLÍMEROS TERMOESTABLES

El abandono es la práctica más habitual sobre todo de las embarcaciones construidas con fibra de vidrio, debido al alto coste de desmantelamiento, esta va seguida de la eliminación en los vertederos y de la eliminación con incineración que consiste en la quema de la embarcación que libera compuestos altamente tóxicos que pueden afectar a los organismos biológicos.

Los métodos de gestión de los residuos de los polímeros termoestables son la incineración con recuperación de energía y por último el reciclaje.

Los polímeros termoestables tienen interconexiones entre sus cadenas generando estructuras covalentes reticuladas, por lo que muestran dificultades para ser procesados o reciclados. Es más difícil recuperar la matriz y las fibras sin que se degraden sus propiedades debido a su naturaleza reticulante. No pueden fundirse ni volver a moldearse.

Se han desarrollado formas de reciclaje separadas en tres categorías; reciclaje mecánico, reciclaje químico y reciclaje térmico. En la primera se utilizan procesos mecánicos para reducir el tamaño de los residuos y producir partículas finas. Y en la segunda y tercera, los procesos químicos y térmicos se utilizan para descomponer el material en otra forma útil o crear energía a partir de la incineración del material.

Los métodos de reciclaje de materiales compuestos tienen un elevado coste y los materiales reciclados tienen una calidad inferior, estos motivos obstaculizan su comercialización.

Las fibras recicladas tienen mejores características de procesamiento ya que producen un 90% menos de CO_2 durante su fabricación. Aunque la fibra reciclada resulta esponjosa y difícil de reformar en productos útiles.

El reciclaje predominante de materiales compuestos termoestables se limita al reciclado descendente como la recuperación de energía o combustible, con poca recuperación de materiales o al vertido de desechos en vertederos.

INCINERACIÓN CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

Consiste en un proceso de tratamiento de residuos que se basa en la combustión de sustancias orgánicas contenidas en los materiales de desecho, en una instalación adecuada para recuperar energía, dependiendo del valor calórico de los residuos, estos se pueden incinerar o no.

El calor desprendido se puede utilizar para la calefacción urbana, la generación de vapor, la generación de electricidad o en plantas químicas de acero o de cemento. En la incineración se produce contaminación atmosférica y se generan cenizas que son difíciles de eliminar.

En Europa se requiere un valor calórico superior a 11 MJ/kg para que el material pueda someterse a incineración. Los compuestos de fibra de carbono y aramida están por encima de estos valores y algunos de los compuestos de fibra de vidrio están por debajo.

La eliminación de residuos de alto contenido calórico en vertederos está prohibida en la comunidad europea.

RECICLAJE MECÁNICO

Utiliza la trituración y un cribado para separar fracciones con altas proporciones de fibra y de resina para reutilizarlas. Los reciclados tienen una calidad baja y se utiliza mucha energía.

Este método solo es capaz de producir fibras cortas con propiedades mecánicas inferiores que se utilizan como materiales de refuerzo de relleno.

El reciclaje mecánico es más respetuoso con el medio ambiente ya que no utiliza ni emite productos químicos y gases tóxicos, pero solo es capaz de producir fibras cortas con propiedades mecánicas inferiores que se utilizan como materiales de relleno.

RECICLAJE TÉRMICO

En este tipo de reciclaje se descompone la resina con altas temperaturas, así se pueden separar las fibras de refuerzo y las cargas. Las fibras limpias se regeneran y se puede producir combustible secundario o energía térmica mediante pirólisis, gasificación o combustión.

El principal inconveniente de este método es que la calidad de las fibras o materiales de relleno que se recuperan se degradan durante este tratamiento.

Este método puede incluir tres operaciones distintas.

1. Incineración o combustión para recuperar energía.
2. Combustión para el reciclaje de fibras y cargas con recuperación de energía.
3. Pirólisis con recuperación de fibras y combustible.

PROCESO DE RECICLAJE DE LA COMBUSTIÓN EN LECHO FLUIDIZADO

Consiste en disminuir el tamaño de la chatarra para después introducirla en el reactor de lecho fluidizado que funciona con lecho de arena y aire precalentado. Este método recupera los refuerzos y quema la resina que se utiliza como fuente de energía. El calor de la combustión se recupera mediante un sistema de recuperación de calor residual.

Las resinas se oxidan a CO_2 y vapor de agua con liberación de energía.

Se comprobó que las fibras de vidrio recuperadas sufren una reducción de la resistencia a la tracción mientras que las fibras de carbono sufren menos degradación.

La fibra reciclada resultante se presenta en forma de filamentos cortos, aunque conserva la mayor parte de su resistencia a la tracción y mantiene el mismo módulo de Young que la fibra virgen, sus aplicaciones se limitan a su uso en compuestos de moldeo.

Las fibras recuperadas se utilizan como refuerzo en los nuevos compuestos de moldeo en masa (DMC).

El lecho fluidizado produce fibras recicladas más limpias, pero siguen siendo con propiedades inferiores a las vírgenes. Se presentan en forma de filamentos cortos que se utilizan para los materiales de moldeo.

PROCESO DE RECICLAJE POR PIRÓLISIS

La pirólisis consiste en la descomposición térmica del polímero en ausencia de oxígeno, generándose moléculas de hidrocarburo más pequeñas que pueden utilizarse como combustible. Este método permite la recuperación de fibras largas.

El principal inconveniente es que es un proceso caro y solo es factible hasta un determinado tamaño de placa. Se han investigado formas de recuperar la energía de los compuestos de moldeo de láminas (SMC) y los compuestos DMC.

En el reciclaje térmico de pirolisis se pueden recuperar fibras largas, pero con propiedades mecánicas inferiores a las de las fibras vírgenes debido a la contaminación del carbón (las fibras se deben someter a un proceso de oxidación), además el consumo de energía durante el proceso es elevado. Las fibras recuperadas no generan suficientes beneficios económicos para compensar los costes energéticos. La pirólisis asistida por microondas disminuye el consumo de energía ya que reduce el tiempo de calentamiento. Se considera un método poco respetuoso con el medio ambiente y que consume mucha energía.

RECICLAJE QUÍMICO

En este proceso se liberan las fibras despolimerizando la matriz con reactivos de disolución química. Puede volver a generar tanto fibras y rellenos como la matriz despolimerizada en forma de monómeros o materia prima petroquímica.

El proceso de disolución se denomina solvólisis y dependiendo del disolvente utilizado se clasifica en hidrólisis cuando se utiliza agua como disolvente, glicólisis con el uso de glicoles y digestión ácida cuando se emplean ácidos. La fibra resultante conserva la mayor parte de sus propiedades mecánicas.

La hidrólisis se utiliza para núcleos de policloruro de vinilo (PVC) de los paneles sándwich, entre otros.

Su principal inconveniente es la generación de residuos químicos que afectan al medioambiente, por lo que se ha investigado el uso de un fluido super crítico, como el agua, para generar un proceso más limpio.

Los alcoholes y el agua supercrítica han demostrado su potencial para el procesamiento químico y son mucho más respetuosos con el medio ambiente debido a su baja toxicidad y tienen un coste de procesamiento menor.

De los tres procesamientos, el químico es la opción más recomendable y adecuada para garantizar un daño menor a las fibras, consiguiendo una calidad de fibra recuperada mayor. Las propiedades de las fibras recicladas son similares a las fibras vírgenes. Pero la desventaja es que necesita reactores que deben ser capaces de soportar altas temperaturas, presiones y corrosión, y el uso de productos químicos que son tóxicos.

COMPUESTOS TERMOESTABLES DE FIBRA DE VIDRIO

La fibra de vidrio se recicla poco ya que el precio del material virgen es más bajo que el coste que comporta el reciclado del vidrio, su reciclaje no es viable comercialmente, además el precio de la fibra reciclada es muy bajo. Los cascos de plástico reforzado con fibra de vidrio se amontonan en puertos, patios, astilleros y vertederos ya que tienen poco valor como material recuperado.

El abandono y la eliminación en los vertederos son las opciones más comunes de las embarcaciones de fibra de vidrio debido a que son opciones económicamente viables.

La OMI publicó conclusiones sobre las opciones de eliminación y reciclaje de embarcaciones de fibra de vidrio en un informe en 2019. Concluían que no existe un mercado financiero viable para el material resultante, porque no es especialmente útil o valioso, por lo que la eliminación más común ha sido el vertedero, solo en los países donde están prohibidas estas prácticas se están desarrollando y aplicando soluciones con el material PRFV triturado que se utiliza en hormigón, asfalto y como relleno de otros PRFV.

Los métodos de reciclaje como la pirólisis y la solvólisis son procesos caros y no son totalmente viables comercialmente en la actualidad.

En el proceso de incineración, el calor generado se puede utilizar para la calefacción urbana, etc. Se generan subproductos como el yeso y la escoria con contenido de vidrio que se utilizan en materiales de construcción. La escoria resultante que no tiene contenido de vidrio necesita un tratamiento para eliminar sustancias peligrosas. Además, se generan cantidades grandes de ceniza y la eliminación de estas es costosa.

El reciclado mecánico de fibras de vidrio requiere un alto coste energético y sólo genera polvo de escaso valor comercial, utilizado como relleno en materiales cementosos o en una mezcla con resinas vírgenes para procesos de termoformado o moldeo.

Aunque el reciclaje de fibra de vidrio en compuestos SMC y en compuestos de moldeo a granel (BMC) es un éxito. Estas técnicas permiten un alto grado de materiales compuestos reciclados como relleno.

RITMA

La Fundación de la Asociación de Oficios Marítimos de Rhode Island (RITMA) recibió una subvención de 105.000 dólares para ampliar el programa estatal de reciclaje de fibra de vidrio. RITMA en 2016 fue pionera en la utilización de barcos de fibra de vidrio para la producción de cemento.

El co-procesamiento en hornos de cemento consiste en triturar los residuos de fibra. Esta práctica ayuda a reducir la huella de carbono de la industria de cemento, se puede llegar a obtener una reducción de las emisiones de CO_2 y además ayuda a deshacerse de los residuos de fibra de vidrio.

La quema de la resina da lugar a la recuperación de energía y las fibras de vidrio y las cargas se convierten en un componente del cemento, lo que da lugar a la recuperación completa del material. Aunque solo se puede sustituir un 10% de combustible por compuestos poliméricos reforzados con fibra de vidrio.

BATHÔ

Bathô es un astillero situado en Nantes, Francia. El astillero compra veleros abandonados y en ruinas de entre 6 y 15 m de eslora y los convierte en pequeñas casas en tierra. La nueva utilidad que le dan a las viejas embarcaciones no resuelve el problema de la fibra de vidrio, pero retrasa su viaje a un vertedero o incineradora.

KOREC

Es una empresa tecnológica italiana que quiere industrializar un proceso propio para recuperar las fibras y las resinas de los compuestos de fibra de vidrio.

El proceso pretende recuperar las fibras y la resina. La fracción líquida recuperada se puede mezclar con prepolímeros-resinas vírgenes y participar en reacciones de polimerización que producen nuevos compuestos termoestables. La despolimerización tiene lugar sin reactivos químicos. Se producen vapores y tras la purificación, se consigue el líquido Korec que puede mezclarse con resinas vírgenes para participar en una nueva polimerización. Las fibras separadas pasan por la calcinación para la eliminación del coque y la separación de cargas inorgánicas.

Entre las posibles aplicaciones de las fibras de vidrio recuperadas se encuentran los compuestos termoplásticos, las matrices orgánicas y la producción de una nueva estera picada de fibra de vidrio o material aislante para altas temperaturas. En cuanto al impacto ambiental, no se generan vertidos de agua y sólo produce un 2-3% de residuos que hay que eliminar.

ECOFIBER RECYCLING AS

Fundada en 2015 en Stavanger (Noruega), es una empresa donde se procesan residuos de fibra de vidrio y materiales compuestos de embarcaciones de recreo y de otras industrias. Puede procesar embarcaciones de hasta 15,24 metros.

Los barcos se desmontan y se cortan en trozos que se muelen en copos llamados Ecofibras. Los materiales del núcleo se fresan con un separador.



COMPUESTOS TERMOESTABLES DE FIBRA DE CARBONO

Los compuestos de fibra de carbono se reciclan más que los compuestos de fibra de vidrio ya que la fibra de carbono virgen tiene un coste muy elevado. Los dos principales procesos utilizados actualmente son la pirólisis y la solvólisis, aunque la pirólisis es el único proceso que realmente se ha industrializado y comercializado.

ELG CARBON FIBRE

Es una empresa que fue creada en 2011 y opera la mayor planta de recuperación de fibra de carbono del mundo en Coseley, Reino Unido.

La materia prima son principalmente prepregs (preimpregnados) no utilizados y residuos de producción curados y materiales en final de vida útil.

En marzo de 2017, ELG firmó un memorando de entendimiento (MOU) con el Centro de Tecnología de Reciclaje de Compuestos (CRTC), en Washington, para desarrollar nuevas formas de utilizar la fibra de carbono recuperada a través del proceso de pirólisis. Se basan en reprocesar los materiales excedentes del plástico reforzado con fibra de carbono de las operaciones de fabricación y al final de su vida útil mediante un proceso de pirólisis. Su horno de pirólisis tiene una capacidad de producción que genera más de 1.000 toneladas de fibra de carbono por año.

Primero se eliminan los metales y se cortan las estructuras a tamaños adecuados para su procesamiento posterior (trituración de laminados y preimpregnados). A continuación, se recupera la fibra mediante pirólisis y la resina se quema. Las fibras recuperadas se convierten en fibras molidas y picadas para fabricar compuestos termoestables y termoplásticos y esteras no tejidas para estructuras compuestas.

ELG ha desarrollado, modificado e industrializado procesos para adoptarse a la naturaleza esponjosa de la fibra reciclada. En noviembre de 2017 la empresa estableció vínculos con la industria náutica cuando colaboró con Ben Ainslie Racing (BAR) para reciclar todos los posibles residuos del proceso de fibra de carbono y componentes al final de su uso donados por el equipo. Parte de los productos de fibra de carbono reciclada se fabrican con componentes de carbono reprocesados de BAR, como moldes de cascos y láminas de barcos.

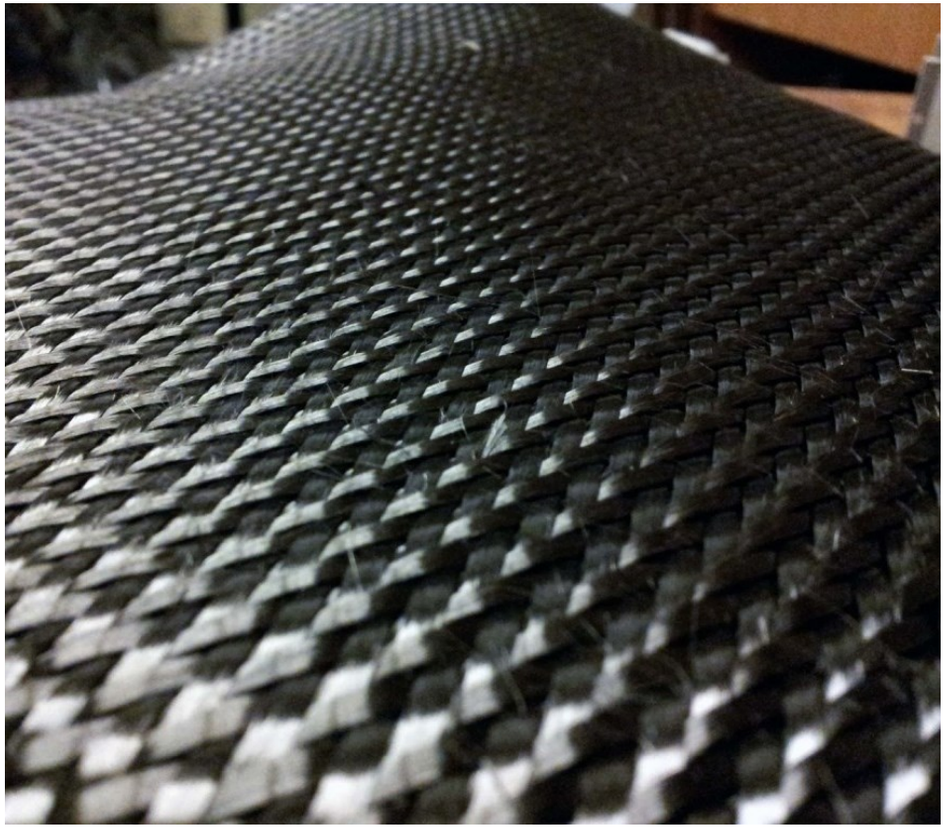
Aunque actualmente también utiliza fibra reciclada de otras industrias para fabricar componentes compuestos para el sector náutico. La empresa trabajó con INEOS Team UK, un equipo de vela británico, para utilizar fibra de carbono reciclada en la producción de dos cunas para sostener el AC75, barco de la clase 75 de la copa América, y en los moldes del casco y la cubierta.

Un representante de INEOS dijo que sus operaciones tienen impacto sobre el medio ambiente y quieren trabajar para contribuir en el desarrollo sostenible, han centrado sus esfuerzos en la introducción de un 10% de fibra reciclada en moldes y cunas.

Aunque el mercado de las fibras de carbono recicladas aún no se puede comparar con las industrias de acero y de aluminio, ha aumentado considerablemente el número de aplicaciones con fibras recicladas.

ÉIRECOMPOSITES Y ORPC

Son empresas que utilizan fibra de carbono reciclada en láminas para aerogeneradores marinos.



5.2.2 COMPUESTOS DE FIBRA NATURAL Y RESINA BIOLÓGICA

Los métodos de reciclaje y eliminación de residuos existentes para los materiales compuestos como la pirólisis o la solvólisis no son aptos para el reciclaje de las fibras del líber, ya que es muy probable que las fibras se consuman en estos procesos de reciclaje y no se puedan reciclar.

Los dos métodos existentes para eliminación de los compuestos de fibra natural y de resina de origen biológico son el compostaje y la incineración con recuperación de la energía.

El compostaje es un método de reciclaje que reduce la cantidad de desechos generados consistente en la biodegradación de los materiales en condiciones de compostaje controladas. Se puede realizar de dos maneras, de manera aeróbica o de manera anaeróbica. El producto resultante se utiliza como fertilizante orgánico, como abono natural.

5.2.3 ESTRUCTURAS TIPO SÁNDWICH

En las estructuras tipo sándwich, el reciclaje por pirólisis e hidrólisis no son opciones económicamente viables. Los métodos utilizados para la gestión de residuos son la reutilización, que consiste en cortar paneles de la estructura del casco para utilizarlos de nuevo y el reciclaje mecánico.

5.2.4 POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS

Los polímeros termoplásticos son más fáciles de reciclar debido a su capacidad de reconfigurarse tras el calentamiento, por lo que pueden reciclarse mediante la refundición. Se pueden reciclar sin o con menos degradación del material de la matriz polimérica y de las fibras de refuerzo recuperadas.

Se demostró que el casco de una embarcación inflable rígida de laminado de vidrio/polipropileno junto con material de núcleo de balsa y pintura puede reutilizarse mediante el procesamiento por fusión en gránulos moldeables por inyección.

El reciclaje y la incineración son los métodos habituales que se utilizan al final de la vida útil de las embarcaciones construidas con polímeros termoplásticos.

RECICLAJE MECÁNICO

En este proceso los residuos se forman por corte, trituración o lavado en granulados, escamas o pellets, y luego se funden para hacer el nuevo producto por extrusión. El material reciclado puede mezclarse con material virgen, aunque las propiedades del material reciclado se deterioran.

RECICLAJE QUÍMICO

En este método los polímeros se convierten en monómeros o se despolimerizan parcialmente en oligómeros mediante un proceso químico. Los monómeros se pueden utilizar en nuevas polimerizaciones para generar un nuevo polímero. El reciclaje químico es el método más aceptable en cuanto a sostenibilidad, los materiales reciclados pueden utilizarse en una gama amplia de aplicaciones.

RECUPERACIÓN ENERGÉTICA O RECICLAJE CUATERNARIO

La recuperación de energía del plástico se realiza mediante la incineración. Se puede recuperar una cantidad razonable de energía para utilizarla en otras aplicaciones, pero genera sustancias tóxicas que se transportan por el aire.



La madera es un material reciclable y reutilizable. Las embarcaciones de madera se descomponen rápidamente y con una mínima contaminación ambiental.

Los residuos de las industrias madereras se utilizan en la fabricación de subproductos o como combustible y bioenergía limpia. Cuando se utiliza como combustible hay que tener en cuenta que como los árboles secuestran CO_2 de la atmósfera, este se libera de nuevo a la atmósfera cuando la biomasa de las plantas se convierte en combustible y se utiliza.

Los residuos orgánicos que se generan en el proceso de construcción de barcos como las astillas de madera, pueden utilizarse para producir bioenergía renovable que se puede utilizar en los hogares y en el transporte.

Los residuos de madera pueden reciclarse para la producción de tableros o se pueden utilizar para la producción de energía.

La desforestación tiene un impacto negativo en el clima, por lo que el reciclaje de residuos de madera es beneficioso ya que se consigue utilizarla para nuevas aplicaciones sin la necesidad de talar árboles. La madera que se recoge procede de diferentes áreas, se encuentran trozos de madera maciza mezclados con material laminado y contrachapado. Cuando se recicla se deben separar y este proceso requiere mucha mano de obra.

La contaminación de los residuos de madera con conservantes como el Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) y otros contaminantes limita el reciclaje en la producción de tableros.

Existen diferentes métodos de reciclaje para la madera, el método utilizado depende de las impurezas que tengan los residuos, como los revestimientos o los conservantes, entre otros. El reciclaje de la madera se basa en la desintegración de los residuos de madera en pequeñas partículas que se reutilizan para producir nuevos materiales.

Para reducir el tamaño de los residuos se pueden aplicar tres métodos distintos: mecánico, termo hidrolítico y químico.

DESINTEGRACIÓN MECÁNICA

La desintegración mecánica es un proceso seco, se realiza sin presencia de agua. Los compuestos de madera se trituran en pequeños trozos obteniendo virutas secas que se pueden utilizar en una nueva aplicación.

El inconveniente principal de esta técnica es que las astillas resultantes tienen forma cúbica, al contrario de las astillas de la madera primaria que son más planas, esto influye en las propiedades del tablero. Las cargas de polvo y partículas finas generadas en la desintegración mecánica deben separarse de las astillas que se pueden reutilizar.

Una ventaja de este proceso es que no se necesitan procesos de secado del material, lo que ahorra energía y evita emisiones.

DESINTEGRACIÓN TERMO HIDROLÍTICA

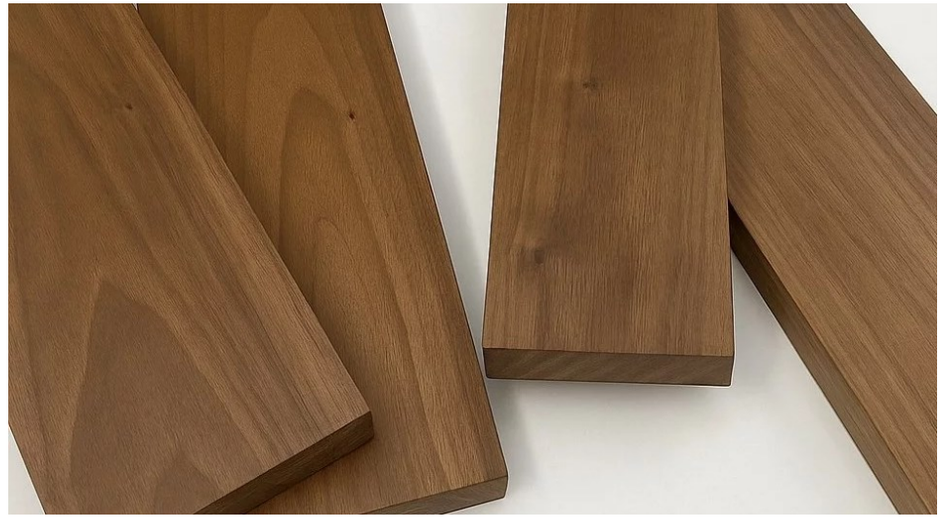
El vapor y la presión se utilizan para eliminar los enlaces entre los compuestos de madera pegados con adhesivos. Este método no puede utilizarse en materiales que contienen aglutinantes resistentes a la hidrólisis. Después de la desintegración, pueden quedar restos de resinas que producen emisiones durante el secado de las astillas. El secado supone un coste energético adicional.

DESINTEGRACIÓN QUÍMICA

Se tratan las virutas a presión con sodio cáustico. En este proceso las fibras de las astillas de madera se convierten en pasta química. Este material puede utilizarse en la fabricación de papel o en la producción de tableros.

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

La producción de energía a partir de la biomasa se encuentra en el centro de atracción, el reciclaje energético de la madera supera el reciclaje de materiales.



El aluminio es 100% reciclable. No se degrada durante el proceso de reciclaje ya que su estructura atómica no se altera durante la fusión. También es muy fácil de reciclar debido a su bajo punto de fusión y consume solo el 5% de la energía utilizada en la fabricación de aluminio primario.

La producción de aluminio mediante reciclaje en vez de la producción primaria a partir de minerales de bauxita conlleva una serie de ventajas:

- Ahorro de energía: Para la producción primaria se utiliza mucha energía debida en gran parte a la electrólisis de sal fundida de la alúmina. Cuando se produce aluminio secundario, la energía utilizada es mucho menor. La parte del proceso de aluminio reciclado donde se requiere mayor energía es en la etapa de fusión, que se suele realizar con combustible fósil.
- Reducción de la eliminación de residuos: La producción de aluminio primario genera residuos en cada etapa, como el lodo rojo que se crea durante la purificación de la alúmina y el revestimiento gastado de las celdas electrolíticas. El aluminio reciclado también genera residuos sólidos como la escoria y la sal creada durante la refundición, pero, aun así, los volúmenes de residuos son mucho menores.
- Reducción de las emisiones: En la producción de aluminio secundario se generan menos cantidades de emisiones.
- Reducción del coste de capital.

Aunque la producción de aluminio reciclado presenta muchas ventajas con respecto al aluminio primario, se deben tener en cuenta una serie de cuestiones.

- La chatarra suele estar dispersa en vez de concentrada en un sitio, por lo que su recogida puede ser un problema, el coste de la recogida y el tratamiento de chatarra vieja puede hacer que el reciclaje no sea rentable.
- Aunque las emisiones son más bajas que las de la producción primaria, existen tratamientos de chatarra grasienta y aceitosa o recubierta con resinas orgánicas que generan gases de escape con compuestos orgánicos que se deben eliminar.
- La escoria producida en el proceso de producción de aluminio primario es conocida como escoria blanca debido al alto contenido de aluminio metálico, cerca del 80%, en cambio la escoria generada en la producción de aluminio secundario contiene un contenido mucho menor de aluminio, del 5% al 20% y grandes cantidades de sales solubles, por lo que se la conoce como escoria negra, y la que contiene un porcentaje aún menor de aluminio, de entre el 5% y el 10%, se la conoce como torta de sal. En Europa la eliminación de estos residuos en el vertedero está prohibida debido a que las sales solubles de la escoria representan una fuente potencial de contaminación de aguas superficiales y subterráneas.
- Aunque el reciclaje de aluminio tiene beneficios medioambientales y económicos, la acumulación de impurezas en los flujos de material reciclado puede suponer un obstáculo.
- Los productos laminados y conformados se fabrican a partir de materias primas y no con materiales reciclados.

El proceso de reciclaje de aluminio empieza con la recogida de la chatarra, después se tritura en trozos más pequeños y se separa por métodos de cribado y finalmente se refunde y se transforma en aluminio normalizado. Se suelen aplicar procesos de deslimitación para eliminar pinturas u otros revestimientos. El metal fundido se transfiere a un horno de mantenimiento, allí se ajusta la composición química y el metal se purifica mediante la adición de agentes refinadores o con el uso de filtros.

Los refinadores pueden añadir elementos de aleación y eliminar elementos no deseados tras el proceso de fundición. Producen aleaciones de fundición a partir de chatarra.

La acumulación de impurezas en los materiales reciclados es un inconveniente. Las impurezas que se encuentran pueden ser Mg, Si, Fe, Cu, etc. La eliminación de estas impurezas en la chatarra se determina mediante la energía aportada en el proceso de fusión. Existen métodos para disminuir el impacto negativo de esta acumulación de impurezas como métodos de separación basados en procesos físicos.

Los métodos de separación físicos se utilizan en chatarra que ya ha sido triturada, pueden ser métodos de separación por aire donde se arrancan los materiales ligeros como plástico o espuma y se depositan en vertederos, también pueden ser métodos por separación magnética donde se separan las piezas de chatarra ferrosa y no ferrosa, aunque este método no puede separar el flujo de chatarra no ferrosa y puede contener fracciones contaminantes no magnéticas como el magnesio.

Existen muchos otros métodos físicos como los de separación de la fracción pesada, de separación por corrientes de Foucault, entre otros.

En el método de downcycling los materiales no se separan de las impurezas por métodos físicos, se reciclan en productos de menor valor, permite un mayor uso de materiales reciclados, pero con efectos económicos negativos.

El método de dilución con el primario es la solución más utilizada, pero tiene impactos negativos en el reciclaje. A parte de la acumulación de impurezas, la chatarra suele estar contaminada con material orgánico como pintura, aceite, etc. que representan una entrada de carbono en el proceso de reciclaje del aluminio y también afectan a la calidad del aluminio reciclado. Estos componentes orgánicos podrían someterse a un proceso de pirólisis para así reducir el consumo de combustible en el reciclaje. Los residuos se reciclan cuando es posible o se eliminan. Por ejemplo, las escorias salinas de aluminio que se generan durante la fusión de la chatarra bajo una capa de sal se convierten en reutilizables.

APLICACIONES DEL ALUMINIO RECICLADO

El aluminio reciclado se utiliza en una amplia gama de productos como las piezas de fundición como culatas, bloques de motor, cajas de cambio y muchos más componentes, también se utiliza en palanquillas de extrusión o lingotes de laminación para la producción de perfiles, chapas y láminas. La industria siderúrgica utiliza el aluminio reciclado para la desoxidación.

Los aluminios aleados limitan la posibilidad de utilizar el aluminio reciclado en la producción de productos manufacturados por lo que la chatarra de aluminio con una determinada composición de aleación se separa siempre que sea posible. El reciclaje de aluminio ahorra muchas toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero al año.



5.5 RECICLABILIDAD DEL ACERO

El acero es un material 100% reciclable y la chatarra se puede convertir en el mismo grado de acero, sin perder propiedades como la resistencia, la ductilidad o la conformabilidad.

El reciclaje de acero produce mucha menos energía que el acero primario, aunque debido a la alta densidad que presentan los aceros, se necesita más cantidad de energía para la refundición.

La mayor parte del reciclaje de acero consiste en refundir la chatarra para producir aceros sin que cambien las propiedades del material básico del acero, es decir, de bucle cerrado. Por lo que se puede utilizar para la producción primaria. El reciclaje de bucle cerrado recicla productos para producir el mismo tipo de producto, las propiedades inherentes del material no cambian.

Por otro lado, el reciclaje de bucle abierto produce un material diferente al primario donde las propiedades del material cambian.

Según una estimación de la World Steel Association, el reciclaje de chatarra puede compensar el uso de más de 1.200 kg de hierro, 7 kg de carbón y 51 kg de piedra caliza por cada tonelada de chatarra de acero utilizada.

Al igual que el aluminio, la chatarra de acero contiene residuos metálicos o elementos de aleación. Por lo que existen diferentes métodos para la recogida, la clasificación y el tratamiento de la chatarra de acero, antes de proceder a su reciclaje como la separación física, la reducción de tamaño, la trituración, la separación magnética, la separación por corrientes de Foucault, entre otros.

Algunas piezas trituradas pueden venderse para ser reutilizadas, en vez de reciclarse.

Diferentes estudios han llevado a la categorización de los contaminantes en el reciclaje del acero.

1. Cobre, estaño, níquel y molibdeno. Este grupo de contaminantes son muy difícil de extraer de la chatarra mediante procesos metalúrgicos.
2. Cromo, manganeso, zinc y plomo. Son parcialmente extraíbles mediante procesos metalúrgicos. Son menos críticos porque se utilizan como elementos de aleación y dan propiedades mecánicas especiales al acero.
3. Aluminio, silicio y titanio. Se eliminan totalmente durante el refinamiento.

Por ello, no siempre es posible utilizar fuentes secundarias de acero para fabricar acero nuevo.

El método más común para el reciclaje del acero es el horno eléctrico. El horno eléctrico (EAF), produce acero utilizando una corriente eléctrica para fundir chatarra de acero.



Sección 6

RECOMENDACIONES



Un elemento clave para el desguace de embarcaciones náuticas es la financiación. En este sentido, se destaca la necesidad de implementar un sistema de financiación que permita establecer una estructura y un fondo permanente para recoger, tratar y desmantelar las embarcaciones al final de su vida útil.

Cabe destacar que el último propietario de una embarcación no suele poder afrontar los elevados costes de una eliminación adecuada, por lo que se necesitan soluciones asequibles para incentivar el desguace adecuado. Con el fin de facilitar y economizar la tarea de desguace a los propietarios de las embarcaciones, se proponen diversas opciones de financiación, entre las que se encuentran un régimen de REP con una contribución ecológica de las empresas que ponen el barco en el mercado y subsidios de las tasas o impuestos de los registros específicos existentes.

Otras opciones podrían ser subsidios públicos durante todo el año o basados en campañas específicas, la inclusión en primas de seguros o en tarifas de las marinas o el establecimiento de un sistema privado con pago por parte del propietario final, puerto deportivo o autoridad local.

En cualquier caso, parece claro que hay que tener en cuenta las particularidades de cada Estado Miembro o región en relación con su número de embarcaciones (número de nuevas en comparación con las antiguas, el stock histórico y otros factores), sus características geográficas (principalmente aguas interiores o costeras) o la madurez del mercado, entre otros factores.

En resumen, para el sistema de financiación se pueden plantear distintos enfoques diferentes, ya existentes en Europa o en otras zonas de estudio:

- Enfoque de la UE (incluido en la Directiva Marco de Residuos).
  - ✓ Sistema de Responsabilidad Ampliada del Productor con una contribución ecológica de las empresas que comercializan la embarcación y subvenciones procedentes de las tasas de matriculación o impuestos sectoriales existentes (como Francia, APER).
- Además, otras opciones de financiación podrían ser:
  - ✓ Subvenciones públicas durante todo el año o basadas en campañas específicas (como Suecia, BÅTRETUR / Agencia Sueca para la Gestión Marina y del Agua)
  - ✓ Inclusión en las primas de seguros o en las tasas de los puertos deportivos
  - ✓ Sistema privado con pago por parte del propietario final, el puerto deportivo o la autoridad local

Es necesario prestar especial atención a las diferencias en la financiación de las embarcaciones existentes en el mercado y las nuevas. La financiación de la UE puede ser útil para apoyar e impulsar proyectos o campañas regionales para identificar, desmantelar y reciclar embarcaciones al final de su vida útil.

Figura 6.1 – Recomendaciones sobre financiación



Elaboración propia.

El desmontaje y transporte de las embarcaciones al final de su vida útil es un factor fundamental para poder llevarse a cabo un desguace de manera más sencilla.

Según informa EBI, el coste del desmantelamiento aumenta con el tamaño del barco. Así, se ha cotizado a 15 €/m para barcos de menos de 6 m de eslora. En Bélgica se estimó que el desguace individual costaba unos 1.163 € para una lancha a motor de 6 m y 989 € para un velero. Según APER, los costes de desmantelamiento por embarcación rondan un promedio de 600 €, con una variación de 120 € a 6.000 € para embarcaciones más grandes. Estos precios no incluyen los costes de reflotamiento, varado y carga.

Utilizando la media europea, el coste del desmantelamiento solo para embarcaciones más pequeñas, sin tener en cuenta otros costes, ascenderá, por lo tanto, a entre 18 y 24 millones de € al año en la UE. Esta cifra podría ser mucho mayor, dependiendo de la eslora y el tipo de embarcaciones finalmente desmanteladas. También deben tenerse en cuenta los costes adicionales de administración, comunicación y, sobre todo, transporte. Asimismo, existe la posibilidad de considerar la posibilidad de destinar dicha financiación a I+D+i.

Otro factor que considerar es el transporte, que varía según la distancia a la que haya que desplazarse para el desguace, la longitud de la embarcación y la necesidad de transporte excepcional y permisos especiales. En Francia, la ley AREC (anti-residuos y economía circular) establece que, a partir de 2023, los sectores cubiertos por el sistema REP deben organizar y financiar no solo la deconstrucción, sino también la recolección y el transporte de residuos a los centros de tratamiento. El coste del transporte es tan alto como el coste de la deconstrucción y, por lo tanto, la nueva obligación conduce a una duplicación de los costes unitarios por embarcación, lo que pone en riesgo el equilibrio económico del sistema APER.

Una solución propuesta para evitar los altos costes derivados de esta actividad es el uso de unidades de desguace móviles, que puedan acceder a los astilleros o puertos deportivos para el desmantelamiento directo en el sitio. Dichas ubicaciones deberían poder solicitar una licencia basada en protocolos adecuados. Sin embargo, esto no es posible actualmente debido a las disposiciones de la Directiva Marco de Residuos de la UE, que deberían considerarse en la revisión actual. Esta es una práctica común en el sector de la energía eólica. Con frecuencia, las palas desmanteladas ya se cortan in situ con todas las precauciones ambientales necesarias.

Por otro lado, surgen dudas respecto a las actuaciones en barcos abandonados. Tal y como apunta EBI, un enfoque que se está discutiendo en España es que, en caso de embarcaciones abandonados en puertos deportivos, un notario pueda declarar el barco abandonado y retirar los derechos de propiedad. Una vez hecha esta declaración notarial, el puerto deportivo u otro sitio puede vender el barco o iniciar el procedimiento de desguace. Se consideran embarcaciones abandonadas aquellas que no pagan las tasas de amarre durante más de un año o, excepcionalmente, durante seis meses si la embarcación contamina, está a punto de contaminar o supone un peligro para otras embarcaciones.

La intervención de un notario proporciona seguridad jurídica al puerto deportivo u otro emplazamiento. Este enfoque también debería considerarse a nivel de los Estados miembros o adaptarse al marco jurídico nacional.

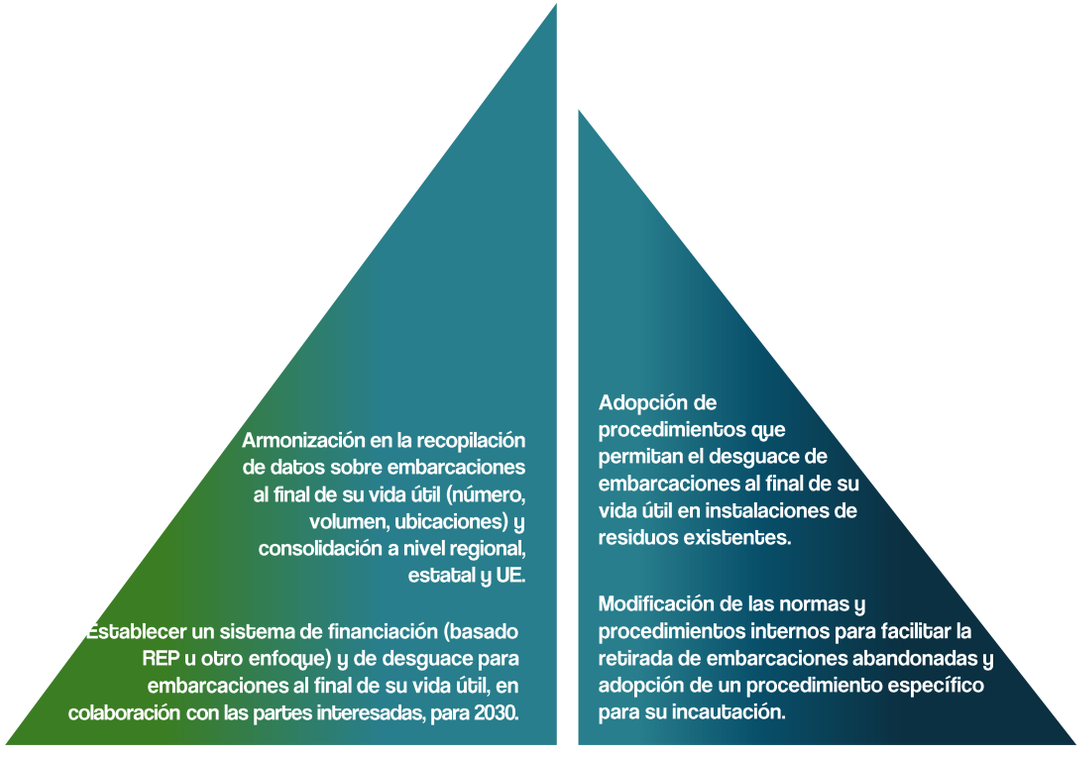
Un aspecto clave para el enfoque circular es la disponibilidad de centros de desguace en las proximidades de las embarcaciones al final de su vida útil (por ejemplo, zonas náuticas de interés, puertos deportivos) a los que puedan transportarse y desmontarse fácilmente. El material compuesto de las embarcaciones al final de su vida útil suele estar desgastado y probablemente haya sido tratado con pintura antiincrustante, lo que requiere conocimientos especializados y directrices comunes. Una base podría ser la Norma italiana UNI sobre ‹‹*Tratamiento al final de la vida útil de embarcaciones de recreo y pequeñas embarcaciones*›› (UNI 11509: 2013), finalizada en 2013.

Además, las embarcaciones al final de su vida útil y los residuos compuestos no están incluidos como una categoría específica en la Lista Europea de Residuos. La Lista Europea de Residuos proporciona una terminología común para la clasificación de residuos en toda la UE, crucial para la gestión de residuos, el reciclaje y las estadísticas. Esto dificulta el seguimiento y el transporte de los residuos compuestos una vez etiquetados e impide la agrupación de residuos compuestos de diferentes sectores necesarios para el reciclaje y su pretratamiento, con empresas de reciclaje que no pueden obtener una cantidad suficiente y constante de residuos de materiales compuestos.

En un estudio de apoyo para la última revisión de la lista de residuos de la UE, se sugirió crear una nueva entrada sobre "*residuos de buques al final de su vida útil y otros medios utilizados para el transporte marítimo*". Sin embargo, esto nunca se implementó en la lista final de residuos de la UE y debería revisarse en el contexto de este documento y la próxima revisión. Para mejorar la puesta en común de los residuos compuestos, debería implementarse una entrada sobre "*residuos compuestos*" con subcategorías para "*residuos compuestos de embarcaciones al final de su vida útil*", "*residuos compuestos de palas al final de su vida útil*", "*residuos compuestos de fabricación*" y otras categorías para cada sector de uso principal.

Existe una preocupación específica por las embarcaciones abandonadas, ya sea en puertos deportivos o en el entorno natural, cuando el propietario no puede ser identificado o no está dispuesto a actuar. En este caso, deben implementarse procedimientos especiales para permitir la confiscación y el desmantelamiento de la embarcación. Las embarcaciones abandonadas en puertos deportivos también ocupan un espacio valioso. Un enfoque que se está debatiendo en España es que, en caso de abandono de embarcaciones en puertos deportivos, un notario pueda declarar la embarcación abandonada y retirarle los derechos de propiedad.

Figura 6.2 – Recomendaciones sobre desmantelamiento y transporte



Elaboración propia.

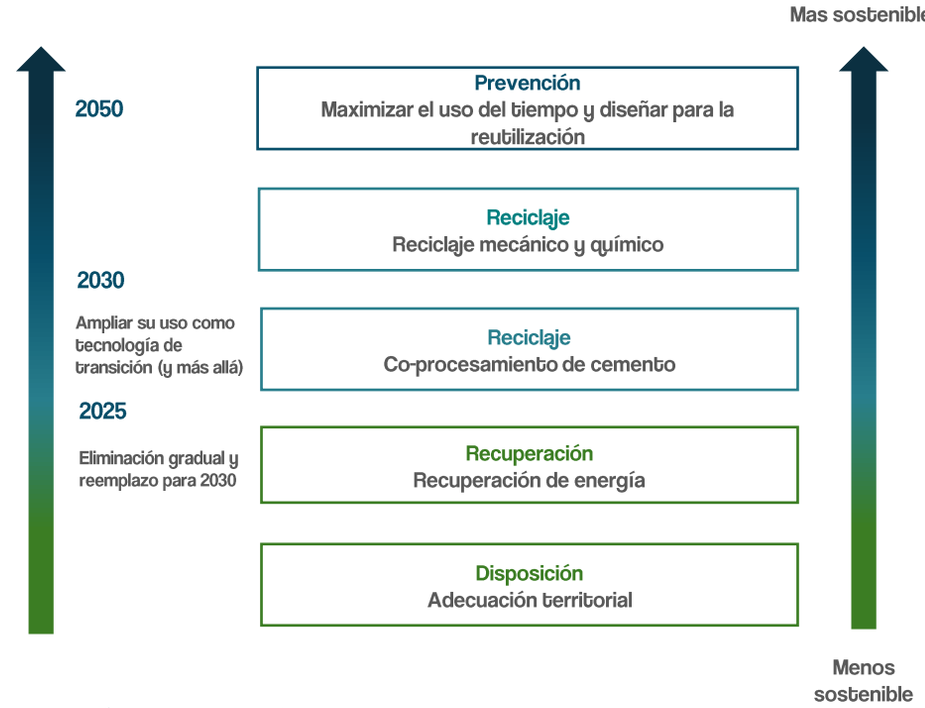


El reciclaje de residuos compuestos es un problema intersectorial importante. Actualmente, no existen soluciones de reciclaje comercialmente viables debido a los altos costos energéticos y de otro tipo que implica el hecho de que el producto final no puede venderse de forma rentable. El objetivo del reciclaje creativo debería ser la conversión en nuevos materiales y productos que puedan ser utilizados en la fabricación de nuevos productos compuestos, lo que permite un enfoque circular dentro del sector de los compuestos. Actualmente, los residuos compuestos, independientemente de su origen, se utilizan para la recuperación de energía y el vertido. Según APER, el 40% de los residuos compuestos se almacena en ubicaciones clasificadas, y el 60% se utiliza para la recuperación de energía.

El co-procesamiento en hornos de cemento, si bien es costoso, es una tecnología de tratamiento que ya está disponible y que podría utilizarse cada vez más en los próximos años para la transición hacia un enfoque de economía circular de los materiales compuestos. La fibra de vidrio puede ser una fuente de sílice necesaria en la producción de cemento. Una tonelada del material compuesto permite ahorrar 460 kilogramos de materia prima (como arena). Los polímeros pueden utilizarse para producir energía. Su alta eficiencia y menor factor de emisión de CO_2 reducen el impacto total de CO_2 del proceso de producción de cemento. Una tonelada de material compuesto puede ahorrar aproximadamente 110 kilogramos de CO_2 en comparación con los combustibles fósiles. En 2021, solo una planta de cemento aceptaba residuos compuestos. Sin embargo, esta única instalación podía procesar la totalidad de los residuos compuestos anuales combinados de los sectores náutico y eólico. Dada su disponibilidad inmediata y la necesidad del sector cementero de reemplazar la arena y reducir las emisiones de GEI, el co-procesamiento en hornos de cemento puede actuar como una tecnología de reciclaje para residuos compuestos y seguir utilizándose junto con otras tecnologías. El enfoque para las nuevas soluciones de reciclaje debe ser abierto a la tecnología para identificar el más adecuado para todas las industrias que utilizan materiales compuestos.

Se han desarrollado otras soluciones de reciclaje, como el reciclaje mecánico y químico de compuestos. Si bien han demostrado su éxito a escala piloto, su ampliación y comercialización será clave en los próximos años. Esto requiere inversión y apoyo público. El sector de la navegación recreativa, por sí solo, puede considerarse demasiado pequeño y con la seguridad insuficiente para producir un flujo estable de residuos compuestos que genere un mercado de reciclaje, por lo que debe colaborar con otros sectores, como la energía eólica, la construcción y la automoción, para encontrar soluciones comunes a escala industrial. Un sistema de reciclaje independiente para embarcaciones recreativas al final de su vida útil no es viable. Los centros de reciclaje centrales en las regiones, incluso transfronterizos, pueden ser cruciales para reducir los costes de transporte desde el desmantelamiento de los residuos hasta su reciclaje. Dado que las embarcaciones fabricadas con materiales compuestos dominarán el parque de embarcaciones al final de su vida útil durante las próximas décadas, será necesario reciclar los residuos compuestos.

Figura 6.3 - Propuesta de vías de reciclaje hasta 2030 y 2050



Elaboración propia. Fuente: EBI

Además, es necesario fomentar al máximo la reutilización de embarcaciones, ya que esto puede prevenir eficazmente los residuos. Las embarcaciones pueden reacondicionarse y prolongar su vida útil. Esto podría beneficiarse de la cooperación transfronteriza, identificando el uso de embarcaciones al final de su vida útil en otros países de la UE. Un aspecto importante sería diseñar y fabricar embarcaciones teniendo en cuenta la reutilización y el reciclaje. El sistema sueco Båtskroten, por ejemplo, pone en contacto a clientes con propietarios de embarcaciones al final de su vida útil. Esto ha permitido reutilizar aproximadamente 650 componentes de embarcaciones desmanteladas en 2022 (incluyendo escotas de mayor, anclas, accesorios de caña del timón, linternas, brújulas, velas y timón). Algunas embarcaciones que llegan son completamente funcionales y podrían utilizarse durante muchos años más. Båtskroten ha recibido solicitudes para exportar embarcaciones completas a Estonia, Letonia, Lituania y Polonia para su reciclaje.

Figura 6.4 – Recomendaciones sobre reciclaje



Elaboración propia.



Además de la implementación de soluciones de reciclaje para embarcaciones existentes al final de su vida útil y la financiación para apoyar su transición de la etapa preindustrial a la práctica, se necesita investigación en investigación, desarrollo e innovación en la identificación de nuevas fibras y resinas sostenibles y con menor intensidad de CO_2. El basalto, el lino y el cáñamo se están probando y podrían convertirse en parte del material utilizado en la construcción de embarcaciones. Su posterior implementación requiere pruebas de durabilidad, así como comparaciones del análisis del ciclo de vida con los materiales existentes. Si bien aún se encuentran en una fase temprana de adopción, estos pueden ofrecer parte de la solución para reducir el impacto ambiental y las emisiones de CO_2.

Otras innovaciones, como la impresión 3D, también pueden respaldar un enfoque circular. Por lo tanto, se necesita mayor investigación e innovación para apoyar el desarrollo futuro de materiales compuestos utilizados en la construcción de embarcaciones. El Análisis del Ciclo de Vida (ACV), si se estandariza, también puede ser una herramienta importante para evaluar la reducción efectiva del impacto ambiental en todas las fases del ciclo de vida, adoptando una sólida perspectiva del material.

Figura 6.5 – Recomendaciones sobre investigación e innovación



Elaboración propia.

Sección 7

ANEXOS



BIBLIOGRAFIA

- *Asokan, P., Osmani, M., and Price, A. D. F. (2009)*. Assessing the recycling potential of glass f ibre reinforced plastic waste in concrete and cement composites. Journal of Cleaner Production, 17, No. 9, 821–829.
- AVK, 2023, The European Market for Fibre-Reinforced Plastics and Composites 2022.
- Cembuereau et al., 2023, Cement co-processing is a sustainable solution for recycling end-of-life composite materials,
- *Cement Europe, European Boat Industry, European Composites Industry Association, Glass Fibre Europe, UPR/VE Resin Association y Wind Europe* (2025). CIRCULAR ECONOMY ACT & COMPOSITES: Joint contribution by the composite value -chain to the future Circular Economy Act
- Challenges and opportunities for the future of recreational boat scrapping: The Spanish case (2022). Rosa María Martínez-Vázquez, Juan Milán-García, Jaime De Pablo Valenciano
- *CMIA, (2016).* Abandoned and Derelict Vessels, Where do we go from here?
- European Confederation of Nautical Industries – ECNI (2009). NAUTICAL ACTIVITIES: WHAT IMPACT ON THE ENVIRONMENT? A LIFE CYCLE APPROACH FOR "CLEAR BLUE" BOATING
- *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS (2020).* A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe
- *Du Plessis, H. (2010).* Fibreglass Boats: Construction, Gel Coat, Stressing, Blistering, Repair, Maintenance. Pp304.
- *European Boat Industry* (2018). A roadmap on the implementation of the circular economy for end-of-life recreational boats
- *EC, (2011).* Recovery of Obsolete Vessels not used in the fishing trade. European Commission DG Environment.
- *Eric Green Associates (2008).* Recycling Composite Boats.
- *G.R.U. Senavirathna, U.I.K. Galappaththi y M.T.T. Ranjan* (2022). A review of end-life management options for marine structures: State of the art, industrial voids, research gaps and strategies for sustainability
- *IMO (2019).* End-Of-Life Management of Fibre Reinforced Plastic Vessels: Alternatives to At Sea Disposal. *Office for the London Convention/Protocol and Ocean Affairs.*
- *IMO (2017). LC/SG 40/2.* Waste Assessment Guidance Developing recommendation on disposal of fibreglass vessels: Available background information. Note by the Secretariat. Scientific Group Of The London Convention – 40th Meeting; and Scientific Group of the London Protocol
- *Haines, R. (2016).* Assessment of the Impact of Business Development Improvements around Nautical Tourism. European Commission. ICF in association with Deloitte, Marine South East, Sea Teach, IEEP
- *Henna Rinne, Senior Specialist, Ministry of the Environment, Unit for Water Resources and Marine Protection (2024). Finnish study to accelerate the collection and waste management of discarded and abandoned fibre glass boats.*
- *Job, S. (2014). Recycling composites commercially. Reinforced Plastics, 58, No. 5, 32-38.*
- *Fernando de Rojas Martínez-Parets, Universitas Miguel Hernández (UMH), Director de Càtedra d'Economia Blava-UA-UMH-Generalitat Valenciana (2024).* La descarbonización de la náutica recreativa: un punto de vista práctico para su regulación y su consideración concesional y fiscal.
- *French Ministry of the Sea (2021) La Plaisance en chiffres.*
- *López, F. A., Martin, M. I., Alguacil, F. J., Rincon, J. M., Centeno, T. A., and Romero, M. (2012). Thermolysis of fibreglass polyester composite and reutilisation of the glass fibre residue to obtain a glass- ceramic material. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 93, 104–112.*
- *Lydecker, R. (2011). Derelict Boats a Problem. BoatUS.*
- *Marsh, G. (2013). End-of-life boat disposal – a looming issue. Reinforced Plastics, 57. No. 5, 24-27.*
- *METS TRADE (2017). End-of-Life Boats panel points to solutions.*
- *Moses, H. (2018).* On options for FRP vessel disposal, Palau.
- *NCN, (2006).* Best Practice Guide, End-of-life Options for Composite Waste. National Composites Network Best Practice. Haliwell, S. (Author).
- *Norden, (2013).* Disposal of End-of-life Plastic Boats. Authors: Eklund, B., Haaksi, H., Syversen, F. and Elsted, R. ISBN 978-92-893-2651-3.
- *Oliveux, G., Dandy, L.O. and Leeke, G.A. (2015b).* Current status of recycling of fibre reinforced polymers: Review of technologies, reuse and resulting properties. Progress in Materials Science, 72, 61-99.
- *OSPAR Commission (2024).* OSPAR Background Document on end-of-life recreational vessels
- *Ritchie, C. (2017).* Aging, recycling hulls a looming crisis. BoatingIndustry.
- *Singh, M.M., Summerscales, J. and Wittamore, K. (2010).* Disposal of composite boats and other marine composites. In: Management, Recycling and Reuse of Waste Composites. Goodship, V. (Ed.).

- *Stoter, J. (2017).* Reduction in the amount of dumped polyester end-of-life boats in Fiji. University of Groningen.
- *Summerscales, J., Singh, M.M. and Wittamore, K. (2015).* Disposal of composite boats and other marine composites. Chapter 8, of Graham-Jones, J. and Summerscales, J. (Eds.), Marine Applications of Advanced Fibre-Reinforced Composites. Pp 185-213.
- *Talouli, A. (2018).* On "London Dumping Convention and Protocol information – Fiberglass boats".
- *TheStar.com, (2017).* Abandoning a boat in Canadian waters will no longer be legal: Transport minister.
- *Turner, A., and Rees, A. (2016).* The environmental impacts and health hazards of abandoned boats in estuaries. Regional Studies in Marine Science, 6, 75–82.
- *Ventura Monsó, M.G. EU, (2012a).* Diagnosis, state of the art of boat scrapping. Boatcycle Project - Good environmental practices and eco-design for nautical sector.
- *Ventura Monsó, M.G. EU, (2012a).* Guide on good scrapping and waste management practices for out-of-use boats. Boatcycle Project - Good environmental practices and eco-design for nautical sector.
- *WA Yachting Consultants (2015).* Number of End-of-life Boats (ELB) and waste material flows in the Netherlands.

REFERENCIAS

- Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA)
- Asociación Nacional de Industria Náuticas (ANEN)
- Association pour la Plaisance Éco-Responsable (APER)
- Båtskroten
- Centro Tecnológico LEITAT
- Centro de Tecnología de Reciclaje de Compuestos (CRTC)
- Confindustria Nautica è l'Associazione
- Departamento de Transporte de Suecia
- European Boating Industry (EBI)
- Fédération des Industries Nautiques (FIN)
- Finnish Boat Federation (FINNBOAT)
- Fundación de la Asociación de Oficios Marítimos de Rhode Island (RITMA)
- ICOMIA Recreational Boating Industry Statistics
- Ministerio del Mar de Francia
- Ministerio de Pesca y Océanos de Canada
- Ministerio de Transportes de Canadá
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)
- Organización Marítima Internacional (OMI)
- OSPAR Commission

7.2 LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

	Pagina
Tabla 0.1 – Nº de embarcaciones de recreo por países europeos	6
Tabla 1.1 - Comparación para la producción de un catamarán	17
Tabla 1.2 - Comparación del ciclo de vida de un catamarán	17
Tabla 4.1. - Proyectos aprobados del Programa PAA	40
Tabla 4.2 - Proyectos aprobados del Programa SCH	40

FIGURAS

Figura 0.1 - Datos claves del sector náutico en Canarias (2023)	7
Figura 0.2 – Alcance del informe	9
Figura 0.3 – Diseño metodológico del diagnóstico	10
Figura 3.1 – Cronología de APER	31
Figura 3.2 – Modelo de gobernanza de APER	32
Figura 3.3 – Datos de deconstrucción de embarcaciones de APER en el periodo 2019-204	35
Figura 4.1 – Folleto del Gobierno de Canadá sobre las embarcaciones naufragadas, abandonadas o peligrosas	38
Figura 4.2 - Mapa de embarcaciones recreativas desguazadas en el periodo 2020-2020	42
Figura 4.3 - Introducción de la economía circular en el proceso de desguace de embarcaciones de recreo	44
Figura 6.1 – Recomendaciones sobre financiación	58
Figura 6.2 – Recomendaciones sobre desmantelamiento y transporte	60
Figura 6.3 - Propuesta de vías de reciclaje hasta 2030 y 2050	61
Figura 6.4 – Recomendaciones sobre reciclaje	62
Figura 6.5 – Recomendaciones sobre investigación e innovación	63



ACV; Análisis del Ciclo de Vida
ADEME; Agence de la Transition Écologique
APER; Association pour la Plaisance Eco-Responsable
aprox; aproximadamente

BAR; Ben Ainslie Racing
BMC; Compuestos de Moldeo a Granel

CCA; Arseniato de Cobre Cromatado
CE; Comisión Europea
CETECIMA, Centro Tecnológico de Ciencias Marinas
CO_2 dióxido de carbono
CRTC; Centro de Tecnología de Reciclaje de Compuestos
Cu; Cobre

DDT; Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)
DMC; Compuestos de Moldeo en Masa
DROM-COM; Departamentos, Regiones Francesas de Ultramar y Colectividades de Ultramar

EAF; horno eléctrico (EAF)
EBI; Confederación Europea de Industrias Náuticas
EPA; Agencia de Protección Ambiental de EE. UU.
EE. UU; Estados Unidos de America

Fe; Hierro
FIN; Federación Francesa de Industrias Náuticas

GESAMP; Grupo de Expertos sobre los Aspectos Científicos de la Protección del Medio Marino
GPS; Sistema de Posicionamiento Global
GT; arqueo bruto
GW; Gigawatios

HAP; Contaminantes Atmosféricos Peligrosos

ICOMIA; International Council of Marine Industry Associations:
I+D; Investigación y Desarrollo

Kg; kilogramos
kW; kilovatios
kWh; kilovatios hora

m; metros
MARPOL; Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación por los Buques
Mg: Magnesio
mm; milímetros

MOOC; Curos masivos, online y abiertos
MOU; Memorando de Entendimiento

nº; número
NOK; coronas noruegas

OMI; Organización Marítima Internacional
OPP; Plan de Protección de los Océanos de Canadá
OSPAR; Convenio sobre la Protección del Medio Marino del Atlántico Nordeste

PAA; Programa de Embarcaciones Abandonadas de Canadá
PCB; bifenilos policlorados
PE; Polietileno
PFN; Programa de Protección de la Navegación
PIB; Producto Interior Bruto
PNUMA; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PRFV; Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio
PVC; Policloruro de Vinilo

RAEE; Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos
REP; Responsabilidad Ampliada del Productor
RITMA; Fundación de la Asociación de Oficios Marítimos de Rhode Island
RSC; Responsabilidad Social Corporativa
RTM; Moldeo de Transferencia de Resina

SCH; Programa de Retirada de Embarcaciones Abandonadas y Náufragas de Canadá
Si; Silicio
SMC; Compuestos de Moldeo de Láminas
SREP; Sistema de Responsabilidad Extendida del Productor
s/d; sin datos

T; toneladas

UE; Unión Europea
UNI; Normas italianas de estandarización

VAB; Valor Añadido Bruto
VFU; Vehículo Fuera de Uso
VNM; Embarcaciones semirrígidas, neumáticas y motos acuáticas

ZEE; Zona Económica Exclusiva

%; porcentaje
€; euros
$; dólares

DIAGNOSTICO COMPARATIVO DE BUENAS PRÁCTICAS SOBRE GESTIÓN DE EMBARCACIONES DE RECREO EN FINAL DE VIDA UTIL

Realizado por

CETECIMA
Centro Tecnológico de Ciencias Marinas

www.cetecima.com
Calle Alonso Alvarado 8, primero C.
35003 Las Palmas de Gran Canaria

En el marco del proyecto INNOVABLUE

MAC 2021-2027 Cooperación Territorial

INNOVABLUE

Interreg MAC

Cofinanciado por la Unión Europea

Con la colaboración de

femepa
FEDERACIÓN PROVINCIAL DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA DEL METAL Y NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LAS PALMAS

Autores

Sebastián Hernández García
Daniel Reina González

Versión 03
28 de julio de 2026



DIAGNOSTICO COMPARATIVO DE BUENAS PRÁCTICAS SOBRE GESTIÓN DE EMBARCACIONES DE RECREO EN FINAL DE VIDA UTIL

