



Universidad Pontificia de Comillas ICADE

# **MOVILIDAD SOSTENIBLE MARÍTIMA LOS BARCOS SOLARES**

Autor: Sofia Puig de la BellacasaVallejo

Director: Victoria Labajo Gonzalez

MADRID | Junio 2022

## **RESUMEN**

Debido a los efectos del cambio climático, es necesario desarrollar un sistema de transporte marítimo sostenible basado en recursos energéticos renovables para mejorar la calidad de vida de las generaciones futuras y eliminar la dependencia de las energías fósiles. Los barcos eléctricos solares desempeñan un papel muy importante en el transporte de pasajeros en aguas calmadas y el paso hacia el uso de las energías renovables como fuente energética preferente. En este estudio se analizará el sector marítimo y el impacto que está teniendo en el medio ambiente. Además, se expondrá el cambio de propulsión a la energía solar mediante la introducción de placas solares y baterías para comprobar su viabilidad como alternativa a las embarcaciones propulsadas con energías fósiles. Se consideran aspectos tanto financieros como técnicos y medioambientales como la subida de precios del petróleo, las diferentes alternativas energéticas, las barreras de entrada del mercado y la perspectiva de los consumidores. Para obtener un resultado más completo y fiable se realizará un análisis de un caso en particular. La empresa seleccionada se llama Els Bots, dedicada al transporte de pasajeros mediante la energía solar por el Puerto de Mahón, Menorca. La tecnología que utiliza es innovadora y sigue desarrollándose. Concretamente se trata de la instalación de un sistema fotovoltaico en el techo de las embarcaciones que aporta autonomía y carga las baterías para el uso de la energía en cualquier momento del día, resultando en la eliminación del uso del petróleo. El impacto que tiene la sustitución de los actuales barcos por los propulsados por energía solar en el medioambiente demuestra ser efectiva ya que cada uno elimina una tonelada de emisiones de CO<sub>2</sub> al año. Por último, también se estudiará la oferta y la demanda que existe en el mercado llegando a la conclusión que con la concienciación de la sociedad la demanda por una movilidad sostenible seguirá creciendo y el mercado es de fácil acceso ya que no está explotado. Este estudio promueve la transición de los barcos a una fuente de energía sostenible y limpia.

## **PALABRAS CLAVE**

Movilidad sostenible, medio ambiente, cambio climático, sector marítimo, barcos solares, emisiones de CO<sub>2</sub>, energías fósiles, energías renovables, energía solar, placas solares, eficiencia, transporte de pasajeros, puerto, análisis de un caso y baterías.

## **ABSTRACT**

Due to the effects of climate change, it is necessary to develop a sustainable maritime transport system based on renewable energy resources to improve the quality of life of future generations and to eliminate dependence on fossil fuels. Solar electric boats play a very important role in the transport of passengers in calm waters and the move towards the use of renewable energies as the preferred energy source. This study will analyse the maritime sector and the impact it's having on the environment. In addition, the change of propulsion to solar energy through the introduction of solar panels and batteries will be presented in order to test its viability as an alternative to fossil-fuelled vessels. Financial, technical and environmental aspects such as rising oil prices, different energy alternatives, market entry barriers and the consumer perspective are considered. In order to obtain a more complete and reliable result, an analysis of a particular case will be carried out. The selected company is called Els Bots, dedicated to the transport of passengers using solar energy in the Port of Mahón, Menorca. The technology it uses is innovative and is still being developed. Specifically, it involves the installation of a photovoltaic system on the roof of the boats that provides autonomy and charges the batteries for the use of energy at any time of the day, resulting in the elimination of the use of oil. The impact of replacing existing boats with solar-powered ones on the environment is shown to be effective as each one eliminates one tonne of CO<sub>2</sub> emissions per year. Finally, the supply and demand in the market will also be studied and it will be concluded that with society's awareness the demand for sustainable mobility will continue to grow and the market is easy to access as it is not exploited. This study promotes the transition of ships to a sustainable and clean energy source.

## **KEY WORDS**

Sustainable transportation, environment, climate change, maritime sector, solar boat, CO<sub>2</sub> emissions, fossil energies, renewable energies, solar energy, solar panels, efficiency, passenger transport, port, case analysis and batteries.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>1. Propósito general de la investigación y contextualización del tema .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Justificación .....</b>	<b>5</b>
2.1 Estado de la cuestión.....	5
2.2 Motivación .....	6
<b>3. Objetivos .....</b>	<b>6</b>
<b>4. Metodología .....</b>	<b>7</b>
<b>5. Estructura del trabajo .....</b>	<b>8</b>
<b>MARCO CONCEPTUAL Y CONTEXTUAL .....</b>	<b>9</b>
<b>1. La movilidad eléctrica unida a la movilidad sostenible.....</b>	<b>9</b>
<b>2. Sostenibilidad y el sector marítimo .....</b>	<b>11</b>
2.1 Búsqueda de energías alternativas .....	14
2.2 Del barco eléctrico al barco solar.....	17
<b>3. El consumidor y la movilidad marítima sostenible.....</b>	<b>19</b>
<b>4. Retos técnicos y barreras.....</b>	<b>21</b>
<b>5. El mercado de la movilidad marítima eléctrica y sostenible.....</b>	<b>23</b>
5.1 Análisis de la industria.....	23
5.2 Identificación de “best practices” .....	26
<b>ANÁLISIS DEL CASO.....</b>	<b>28</b>
<b>1. Metodología de estudio de caso.....</b>	<b>28</b>
<b>2. Descripción del caso .....</b>	<b>29</b>
2.1 Puerto de Mahón. Visión general. Situación actual y perspectivas. ....	29
2.2 Oferta actual de transporte de pasajeros intra-portuario por vía marítima .....	29
2.3 Movilidad eléctrica marítima en el puerto de Mahón.....	30
2.4 Visión General del Negocio.....	31
<b>3. Justificación de impacto medioambiental.....</b>	<b>33</b>

<b>4. Crecimiento de la Oferta .....</b>	<b>34</b>
<b>5. Demanda y consumidores.....</b>	<b>35</b>
<b><i>CONCLUSIONES</i>.....</b>	<b>38</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>38</b>
<b>Limitaciones.....</b>	<b>40</b>

# INTRODUCCIÓN

## 1. Propósito general de la investigación y contextualización del tema

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal el análisis de la evolución y el estado actual del sector naval haciendo hincapié en el mercado de los barcos eléctricos de recreo. Se estudiará en profundidad cuales son las principales características que se encuentran en este sector relacionadas con la sostenibilidad, las barreras y retos técnicos a los que se enfrenta y las expectativas que tiene en el futuro. Además, se realizará el análisis de un caso para analizar la concienciación y la viabilidad de los barcos de transporte de personas propulsados por energía solar, mediante placas fotovoltaicas, en aguas calmas como son los puertos. Para ello se expondrá la empresa “Els Bots” en el puerto de Mahón, Menorca, al detalle y el impacto que tiene tanto en el medio ambiente como en los consumidores para que sirva como ejemplo y motivación en el impulso de nuevos proyectos con características similares.

## 2. Justificación

### 2.1 Estado de la cuestión

Actualmente, nos encontramos ante un momento crítico de cambios profundos hacia un modelo más verde y sostenible en el sector de la movilidad y de la transición energética. La descarbonización es una palabra que cada vez está más presente en nuestro día a día con el fin de concienciar de la importancia de reducir las emisiones contaminantes en respuesta a la emergencia climática. Los vehículos marítimos actuales propulsados por energías contaminantes no son sostenibles en el tiempo, por ello la necesidad tan grande de cambiar. Los barcos propulsados por energías renovables jugarán un papel muy importante en este cambio, es específico nos centraremos en este trabajo en los barcos propulsados mediante placas solares y motores eléctricos. En todo el mundo, el sector de las energías renovables ha aumentado su tamaño y se están fijando objetivos cada vez más ambiciosos. La mayoría de los países han firmado acuerdos y fijado objetivos para reducir sus propias emisiones de gases de efecto invernadero y lograr que el 100% de su energía proceda de fuentes renovables en las próximas décadas.

“La dicotomía entre desarrollo y sostenibilidad es falsa. Sin planeta, no hay economía que valga” (Al Gore, 2007). Así comenzó Al Gore, ex vicepresidente de Estados Unidos, su primera intervención sobre energía y calentamiento global en Madrid, recalcando la necesidad de concienciar y desarrollar iniciativas enfocadas en la mejora del planeta antes que el resto de actividades tanto financieras como de ocio, las cuales también serán afectadas positivamente en el largo plazo.

## 2.2 Motivación

La elección de este sector, el naval, y en específico los barcos de recreo propulsados por energía solar viene sobre todo por la actual necesidad de cambio hacia un sistema más sostenible, que es fundamental para la supervivencia de los mares tal y como los conocemos. Al pasar todo el confinamiento en Menorca pude observar la escasa oferta de taxis marítimos que había, estos propulsados con las energías fósiles lo que ofrecía una oportunidad de negocio única. Al año siguiente de estas observaciones personales, nació una empresa dedicada exactamente a este servicio de conectividad mediante la energía solar, Els Bots, en la cual me he basado para la parte de investigación de la viabilidad de este producto y el futuro de este sector.

En específico en el trabajo se presenta la situación actual, del mercado de los barcos eléctricos y el desarrollo de una embarcación eléctrica solar destinada para sustituir otras embarcaciones que utilizan motor diésel que actualmente proporcionan transporte de personas, en el puerto de Mahón. Además, se implementaron para el funcionamiento del barco placas fotovoltaicas que alimentan las baterías convirtiéndolo en autónomo y libre de emisiones. Este cambio supone un avance hacia la movilidad sostenible impulsando la implantación del motor eléctrico en el diseño naval, sector poco penetrado por la tecnología eléctrica, y la apuesta por la energía solar.

## 3. Objetivos

Una vez identificado el objetivo principal, la viabilidad de la navegación de barcos electro solares en puertos, procedemos a establecer los objetivos más específicos que ayudaran a resolver el trabajo.

- Identificación de un supuesto real al que aplicar la investigación

- Barreras de entrada y retos técnicos
- Análisis de la oferta en el Puerto de Mahón
- Análisis del impacto medio ambiental con la aplicación de los barcos eléctrico-solares
- Aceptación por parte de los consumidores del nuevo negocio
- Entrevista para obtención información más profunda
- Contraste de información mediante artículos de prensa.
- Obtención de recomendaciones, limitaciones y futuras líneas de investigación en el sector para que otras empresas ya existentes o que quieran introducirse en este, tengan información base y garantía de el servicio funciona y es el futuro.

El valor aportado por este trabajo con el estudio de la viabilidad de la introducción de los barcos solares en aguas calmadas y el cumplimiento de todos los objetivos anteriores ayudara a muchas personas. Cabe destacar que los más beneficiados serán las autoridades portuarias, los potenciales creadores de negocios similares o las empresas creadas a raíz de este servicio como empresas de suministros de los materiales necesarios para las embarcaciones.

#### **4. Metodología**

La elaboración de este estudio se puede dividir en dos partes diferenciadas. En primera parte de la investigación trata la revisión de la literatura, denominada marco conceptual y contextual. Se han utilizado para ello diferentes bases de datos como libros, artículos de periódicos, informes y estudios ya realizados en el sector. Mediante estas fuentes se ha podido obtener la información relevante y profundizar en el tema empezando por conceptos más amplios y generales hasta terminar centrando la información al objetivo que se quería resolver, a la vez que se han contrastado datos para la fiabilidad de la información. En segundo lugar, nos encontramos con la parte más empírica del estudio. Para su investigación se ha elegido como metodología de obtención de información, el método de análisis de casos, utilizando como referente al investigador Yin. Para ello se han utilizado dos tipos de fuentes, las primarias como las entrevista y la página web del negocio y las secundarias como los artículos de los periódicos. Más tarde se han triangulado para obtener una información completa y contrastada. La selección de este método se debe a la necesidad de estudiar un fenómeno mediante un caso real para obtener resultados fiables y así poder compartir las conclusiones sacadas para futuros negocios dentro del mercado del sector naval. Las variables de análisis seleccionadas han sido



el funcionamiento del negocio, el impacto que ha tenido la introducción de estos barcos en el medio ambiente y la oferta y la demanda en el mercado de barcos eléctricos de Menorca.

## **5. Estructura del trabajo**

El trabajo se ha dividido en varias secciones siguiendo un hilo conductor. A continuación, presentare como están constituidas sus partes:

La primera sección, es la parte de la literatura donde se establece el marco conceptual y contextual del trabajo. En primer lugar, se explican conceptos generales como la sostenibilidad y movilidad formando así el concepto en el cual se basa el trabajo: la movilidad sostenible. A continuación, se enfoca más el trabajo dirigiéndose al sector marítimo y estableciendo la necesidad del cambio de motores propulsados por energías fósiles a alternativas más sostenibles como los motores eléctricos propulsados por energías renovables, en específico la solar. Una vez llegado a este punto se realiza un análisis de los potenciales consumidores de los barcos eléctricos, las barreras y retos técnicos a los que se enfrentan en el mercado. Para terminar esta sección nos centramos en el mercado de los barcos electro solares y la identificación de algunos modelos ya en uso que han triunfado.

En la segunda sección, pasamos al análisis de un caso en concreto como metodología para explicar un fenómeno en la vida real. Para ello se utilizan diferentes fuentes como artículos de prensa, la página web de la empresa y entrevistas personales. La empresa elegida es un servicio de transporte de personas de recreo propulsado por placas solares en el puerto de Mahón, Menorca. Para obtener un análisis completo primero se realiza una visión general con la oferta ya existente y un estudio del negocio mediante diferentes fuentes. A continuación, se hace una minuciosa observación del impacto que tiene en el medio ambiente, la oferta, la demanda y la introducción de este vehículo en el mercado. Toda la información es contrastada formando un completo y profundo análisis que podrá ser útil para futuros interesados que quieran entrar en el sector.

Para finalizar el trabajo se han establecido unas conclusiones en dónde se incluyen recomendaciones, limitaciones y futuras líneas del mercado del barco eléctrico solar. Basándome sobre todo en los resultados obtenidos del análisis del caso para futuras investigaciones.

## MARCO CONCEPTUAL Y CONTEXTUAL

### 1. La movilidad eléctrica unida a la movilidad sostenible

El cambio climático es un problema global en el siglo XXI, y la sostenibilidad ha sido identificada como un desafío crítico para los seres humanos. La tendencia global del incremento de la movilidad, primordialmente mediante a través del automóvil, supone un serio impedimento para conservar el entorno debido a la mayor contaminación en el aire, el agotamiento de de las energías fósiles, etc. Ante esta situación, la inversión y el desarrollo en búsqueda de nuevos modelos de transporte sostenibles se ha incrementado considerablemente.

El concepto de ‘sostenibilidad’, como lo entendemos hoy en día, apareció por primera vez en 1987 en el informe “Nuestro Futuro Común” creado por la Comisión Brundtland, donde se identificó que la relación entre el medio ambiente y el desarrollo económico y social no iban en consonancia (*Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) 2022*). Por ello establecieron el desarrollo sostenible, definido como “el desarrollo que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro de satisfacer sus propias necesidades”<sup>1</sup>. La toma de conciencia sobre la necesidad de realizar un cambio y utilizar los recursos de forma más eficiente se expandió globalmente.

La crisis de energía de los años 80 captó el interés de la población debido a la iniciativa de cambiar el petróleo por otras fuentes energéticas, al mismo tiempo que continuaba el movimiento de desarrollo sostenible del informe de la comisión de Brundtland de 1987. Como consecuencia se celebró la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD) en Río de Janeiro, también denominada “Cumbre de la Tierra”, con el objetivo de reafirmar las propuestas del informe “Nuestro Futuro Común” y formalizar el término de desarrollo sostenible. Para ello se redactó la Declaración de Río, que pone el énfasis en la implementación del desarrollo sostenible, es decir, la financiación y la producción sostenible. Específicamente en cuanto a la energía, elemento primordial para este estudio, se promueve el uso de energías renovables frente a las contaminantes como los combustibles

---

<sup>1</sup> *Informe Nuestro futuro común, 1987, Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo.*

fósiles, favoreciendo tanto el desarrollo sostenible como al cambio climático. Al ser los transportes una de las causas de mayor contaminación, nacieron unos planes de acción específicos para las actividades de turismo sostenible, donde apoyaron el desarrollo de transportes sostenibles entre ellos los vehículos no contaminantes como los vehículos eléctricos (*Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA) 2012*).

Gracias a estos dos informes tanto el de la comisión de Brundtland como la Declaración de Río, el concepto de sostenibilidad se asentó y ha ido perfeccionándose ante las necesidades emergentes. Una de las consecuencias más importantes fue el establecimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que en 2015 las Naciones Unidas puso en práctica, estableciendo 17 Objetivos.

Una vez que entendemos bien el significado de “sostenibilidad”, se puede aplicar a diversos conceptos. En este caso utilizamos “movilidad” que es la necesidad de los seres humanos de moverse de un lugar a otro para satisfacer una necesidad. Generalmente estos desplazamientos se realizan mediante transportes como coches, barcos, autobuses pero también mediante bicicletas y andando. La base de la movilidad sostenible es el cuidado del medio ambiente y la calidad de vida de los seres humanos. Por ello, el uso de vehículos propulsados por motores de energías no renovables no son sostenibles ya que impide alcanzar el objetivo de uno de los pilares de la movilidad sostenible, el cuidado del medio ambiente.

En las últimas décadas, hemos experimentado un aumento significativo de la importancia que conlleva la relación entre el turismo, el transporte y el medio ambiente. (*Mihalic, 2016*). El transporte basado en el turismo amenaza la naturaleza y los recursos naturales al tiempo que aumenta la contaminación. Uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas recomienda que los países se centren en actividades turísticas sostenibles para garantizar su bienestar social, económico y medioambiental. Este objetivo se complementa muy bien con el plan de la Comisión Europea de reducir en un 90% las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) del sector del transporte en 2050, responsable de casi el 30% de los gases de efecto invernadero generados en la Unión Europea (*El País, 2020*). Los medios de transporte sostenibles son una herramienta importante para apoyar el turismo sostenible. Una revisión sobre el transporte sostenible entre 2000 y 2019 reveló que el desarrollo de nuevos combustibles para vehículos es un tema de investigación activo, mientras que se necesita más investigación sobre temas como el transporte resiliente y sostenible (*Zhao, 2020*), por ello se

debe invertir en fuentes de energía limpia y renovables, para así lograr los objetivos establecidos.

## **2. Sostenibilidad y el sector marítimo**

Hoy en día la industria de los vehículos está evolucionando mediante la creación de nuevas soluciones que ayudan a reducir la emisión de CO<sub>2</sub>. De esta evolución no está exento el mundo marítimo, ya que representa el 70% de la superficie de la tierra. (*Manzanas, 2021*). El sector naval es imprescindible dentro del mundo del comercio y la economía mundial. Según la periodista Rose George, la aparición de internet es tan revolucionaria como la de los transportes marítimos, “*Sin envío, el mundo que conocemos no funcionará*” (*Rose George, 2021*). Este sector constituye al 90% del transporte de mercancías global, llegando a consumir un 10% del crudo del planeta. Esta cifra se debe a que surcan nuestros mares más de 90.000 barcos propulsados por motores de combustión interna (*Cánovas Sánchez, 2022*). Por tanto, el sector naval es uno de los generadores de contaminación del planeta, afectando tanto al mar como al aire y la tierra. Aunque se haya producido una reducción en el transporte marítimo debido a la pandemia del COVID-19, este sector seguirá creciendo debido a la creciente demanda de materias primas y al comercio internacional en general (*European Environmental Agency (EEA). 2022.*)

A pesar de que hoy en día el transporte marítimo es esencial para la sociedad y la economía, tiene un impacto muy negativo hacia el medioambiente. A continuación, expondré algunos ejemplos.

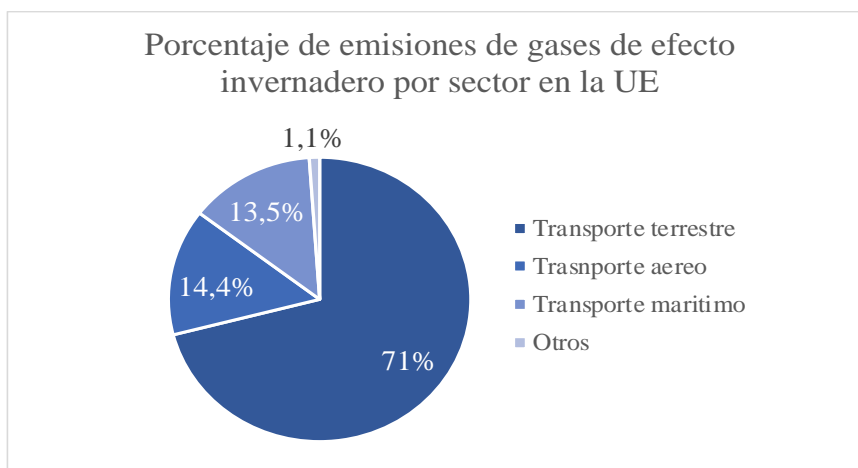
En primer lugar, podemos encontrar como problema principal la contaminación del aire. El informe de 2021 de La Agencia Europea de Seguridad Marítima (EMSA) sobre el impacto que tiene el tráfico marítimo sobre el medioambiente en Europa arroja datos interesantes sobre el sector naval. Este informe refleja que el tráfico marítimo es responsable del 13,5% de las emisiones de gases efecto invernadero de la Unión Europea y el 2,5% de las emisiones globales. Se trata de una amplia gama de gases tóxicos que contribuyen al problema del calentamiento global a la vez que afectan a la salud de los humanos provocando enfermedades tanto cardiovasculares como respiratorias. Uno de los gases más tóxicos es el Azufre (SO<sub>2</sub>) responsable de la lluvia ácida y de la destrucción de la capa de ozono, del cual en 2019 hubo

una emisión total de 1,63 millones de toneladas. El 16% de emisiones totales de Azufre mundiales son producidas por el transporte marítimo (*EEA. 2022*). Para la reducción de esta cifra la OIM aprobó una nueva regulación donde los barcos están obligados a utilizar combustibles con un máximo de 0,5% de azufre para reducir las emisiones que antes podían alcanzar hasta el 3,5% (*Agencia Europea de Seguridad Marítima (EMSA) 2021*).

Aunque la emisión de gases tóxicos a la atmósfera sea uno de los mayores problemas no es el único. El vertido de residuos al mar, en especial plásticos y micro plásticos, en continuo crecimiento, es una de las causas de la contaminación de los océanos afectando tanto a su fauna como a su flora. Actualmente hay 150 millones de toneladas de plástico surcando nuestros océanos y esta cifra no para de crecer, cada año aumenta entre 4,6 y 12 millones de toneladas. La ley decreta que la basura debe ser desechada en instalaciones en los puertos, pero existe un problema, hay un desfase entre la cantidad que se entrega en puerto y la que se produce. Para ser más concretos, entre el 7% y el 25% de la basura generada se vierte en los mares y océanos afectando a todo su ecosistema (*Ferrer, 2021*).

Por último, podemos encontrar también un aumento en la contaminación acústica producida por el sector naval. El sonido se propaga muy bien debajo del agua y viene de cualquier ruido producido por un barco, sobre todo por las hélices. Estos sonidos generados son una amenaza para el equilibrio del ecosistema marino ya que estos se expanden abarcando largas distancias y de esta manera afecta a las especies que utilizan el sonido como medio de comunicación con otros miembros, de orientación y de alimentación. Ante esta situación ciertos animales han tenido que evolucionar cambiando su comportamiento como su forma de cazar para poder sobrevivir.

A pesar de lo expuesto anteriormente en su conjunto el sector naval es el menos contaminante, como podemos ver en el gráfico 1 se encuentra por debajo del sector aéreo (14,4%) y terrestre (71%) con un 13,5% de emisiones de gases de efecto invernadero en la UE. Aun siendo el menos contaminante la industria marítima es el sector más consciente de su necesidad de reducir emisiones nocivas. Actualmente se están realizando investigaciones para la reducción de la contaminación y sus efectos como combustibles limpios y energías renovables unido a las regulaciones legales (*Diario el Canal, 2021*).

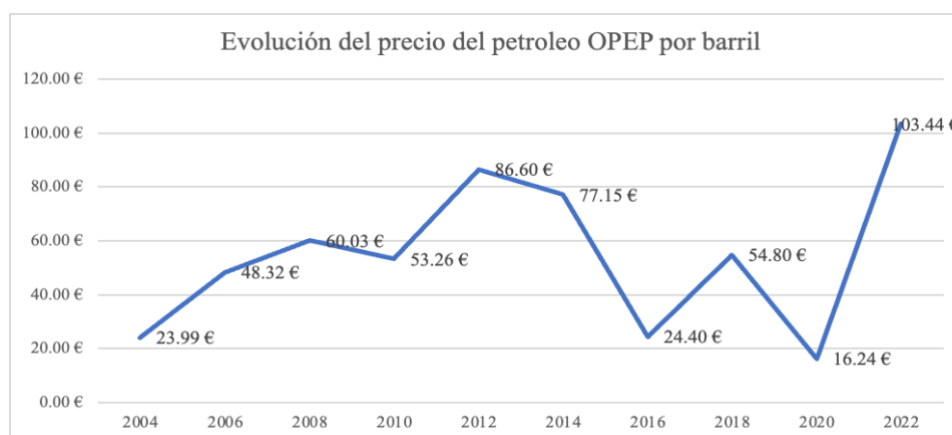


*Gráfico 1: Porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero por sector en la Unión Europea. Fuente: Elaboración propia a partir de (Diario el Canal, 2021).*

Caben destacar dos entidades como medios de regulación. En primer lugar, la ONU con la implantación en 2015 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible que se ha ocupado en algunos apartados de su regulación. Se han podido vincular varios objetivos al sector naval y el efecto que tiene en el planeta, dado al papel que tiene en el comercio. Para alcanzar el objetivo de un desarrollo sostenible se debe conseguir un equilibrio en tres dimensiones. La social, relacionada con la sanidad y la seguridad pública, que implica el acceso a mercancías tanto de alimentación como de comercio para las personas. La medioambiental, que hace referencia al impacto que tiene este sector en el medioambiente debido a la emisión de gases nocivos y a las descargas de desechos en los océanos y mares que afectan a la biosfera marina. Y la económica, pues el sector naval debe apoyar a la economía de los países al ser el mayor responsable de la distribución de mercancías y debe proporcionar un buen ambiente de trabajo para sus empleados. Si estas tres dimensiones no están alineadas el desarrollo sostenible no será posible. En segundo lugar, encontramos a la OMI, que se encarga de regular las emisiones de gases de efecto invernadero del sector marítimo en la atmosfera. Para facilitar el tráfico marítimo internacional las regulaciones de la OMI se centran en dos dimensiones, la seguridad marítima, la protección del medio ambiente. Estas medidas no deben afectar en la eficiencia del transporte. Aun así los encargados del transporte marítimo se mantienen preocupados por los cambios y el impacto que puede tener en su eficacia (*Elizalde Monteagudo, 2019*).

## 2.1 Búsqueda de energías alternativas

La energía ha pasado a ser un elemento crucial, necesario para realizar las actividades en nuestro día a día. En especial, el petróleo se ha convertido en el elemento esencial en todos los sectores afectando de esta manera al transporte marítimo ya que sin él no podría desarrollar su actividad. Sin embargo, esta materia prima ha sufrido muchas crisis durante los últimos setenta años lo que hace prever que en el futuro no se podrá fundamentar en ella solamente. Este sector al depender tanto del combustible cualquier incremento en los precios añade presión inflacionista tensando de esta manera a las cadenas de suministro globales. Como podemos observar a continuación en el gráfico 2 el precio del petróleo por barril este año se ha disparado debido a la guerra de Ucrania ya que uno de los mayores abastecedores de petróleo es Rusia. El precio del barril de petróleo se encuentra actualmente por encima de 100 USD. En los últimos 12 meses el precio por barril ha crecido un 67,25%. Se ha utilizado el precio del barril de petróleo de la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo) ya que esta organización influye en el mercado del petróleo mediante sus políticas petroleras y es el punto de referencia del precio del petróleo (*Expansión, 2022*).



*Gráfico 2: Evolución del precio del petróleo OPEP por barril. Fuente: elaboración propia a partir de (Expansión, 2022)*

Actualmente, casi toda la energía consumida por el sector de los transportes procede del petróleo. Esta dependencia tiene repercusiones negativas debido a aspectos económicos, como la creciente escasez de las reservas y la inflación, así como medioambientales, por ejemplo el aumento de emisiones de CO<sub>2</sub>. Por estos motivos muchos países quieren aumentar su independencia hacia este elemento y como muchos no poseen fuentes de petróleo, están

fomentando la implementación de fuentes alternativas para la propulsión del sector naval. Según las estimaciones, las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector naval se podrían reducir hasta un 75% aplicando estos nuevos modelos, creando un ambiente esperanzador en la lucha contra el cambio climático.

En primer lugar, un combustible fósil que afecta menos a nuestro ecosistema y que reemplazará al petróleo es el Gas Natural Licuado. Este es un combustible fósil también pero es más limpio que el petróleo, resultando en una menor contaminación del medioambiente. Este combustible reduce un 30% las emisiones de CO<sub>2</sub>, y elimina por completo las emisiones de azufre, reduciendo así la generación de lluvia ácida. Además, es comercialmente viable y existe la capacidad de producir este combustible en grandes cantidades. El profesor de la Facultad Náutica de Barcelona, Germán de Melo, se refiere a este combustible como “un combustible de transición” ya que es la alternativa más fácil y rápida de implementar, pero sigue generando altas cantidades de CO<sub>2</sub>. (*Larach, 2020*).

En segundo lugar, podemos encontrar los biocombustibles avanzados, los cuales van un paso más adelante y llegan a eliminar entre un 65% y el 100% de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Son combustibles renovables que se apoyan en la economía circular y se fabrican mediante los residuos biológicos que se encuentran en la industria agroalimentaria o forestal. Además de reducir las emisiones que ayudan al medioambiente tienen una ventaja que es la compatibilidad con los motores ya existentes que utilizan los barcos y la cadena logística requerida. Dolores Cardenas, ‘advisor’ en Diseño de Productos del Technology Lab, el centro de tecnología e innovación de Repsol, afirma que estos combustibles son una alternativa fiable para la descarbonización del sector naval a medio plazo.

En tercer lugar, pasamos a los barcos de propulsión eléctrica. Estos son en su mayoría pequeños barcos de pasajeros en vías navegables interiores que son propulsados completamente con electricidad. Podemos encontrar dos opciones, una 100% eléctrica y otra híbrida, donde se combina con el uso de gasolina. La propulsión 100% eléctrica trata de almacenar energía en unas baterías de litio las cuales se deben cargar en los puertos. Los motores de estos barcos son más sencillos para instalar y mantener que los de uso de gasolina además de ocupar menos espacio. Son “ecofriendly”, eliminan las emisiones de CO<sub>2</sub> de los barcos a la atmósfera a la vez que el ruido que contamina la biosfera marina. Como hemos mencionado anteriormente el precio del petróleo sigue subiendo por lo que esta energía resulta unas tres veces más barata.



Sin embargo, tiene varias limitaciones claras como son la autonomía que da la energía eléctrica es menor a la de combustión y el tiempo de recarga de las baterías es grande en comparación con el requerido para rellenar un tanque de combustible. Por ello aparecen los barcos con propulsión híbrida, que combinan ambos motores tanto eléctrico como de combustión, de esta manera si la batería se queda sin energía existe la posibilidad de recargar mientras utilizando el motor de gasolina sin tener que parar la embarcación (*Aister, 2021*).

Finalmente, con el crecimiento del sector de las energías renovables se están fijando objetivos cada vez más ambiciosos. La mayoría de los países firmaron el Acuerdo de París en 2015 con el objetivo de reducir sus propias emisiones de gases de efecto invernadero y lograr que el 100% de su energía proceda de fuentes renovables en las próximas décadas. Como consecuencia aparece la energía solar fotovoltaica como alternativa factible e innovadora para la propulsión de los barcos obtenida de la radiación procedente del sol convirtiéndola en electricidad. Dicha transformación se realiza mediante la implantación de paneles solares, considerando esta energía limpia y sin efectos negativos hacia el medio ambiente consiguiendo así la eliminación de la contaminación atmosférica y del ruido. Esta juega un papel crucial ya que es una de las pocas que podrá satisfacer la demanda energética en el largo plazo. Las primeras embarcaciones consistían en simples paneles fotovoltaicos instalados en canoas, aprovechando la energía del sol para propulsar las embarcaciones. En los años noventa, algunos pioneros desarrollaron aún más la tecnología, lo que permitió que se comercializarán los primeros barcos con estas características, principalmente para las vías navegables interiores. La implementación de esta energía se realiza mediante sistemas aislados. Estos son aquellos que sin estar conectados a una red generan electricidad. Posteriormente almacenan esta energía producida en baterías de litio para poder disponer de ella cuando sea necesaria, incluyendo las horas donde ya no hay luz del sol. Esto es fundamental en el sector marítimo ya que una vez navegando no hay posibilidad de estar conectado a una fuente de energía eléctrica (*Guellard, 2013*).

Cabe mencionar que estas alternativas siguen desarrollándose y mejorando, pero los combustibles fósiles seguirán siendo a corto y medio plazo la opción más utilizada. La energía con mayor potencial para ser utilizada en cualquier tipo de embarcación naval (desde buques de mercancías a barcos pequeños de transporte de pasajeros) es el Gas Natural Licuado, seguido de los biocombustibles que con el tiempo podrían sustituir a los combustibles basados en petróleo. Por otro lado, el uso de la energía eléctrica y la energía solar para la propulsión de

barcos sigue en fase de desarrollo por lo que todavía no es una opción viable para barcos de grandes tamaños por su falta de autonomía y potencia pero si se está promoviendo por los barcos más pequeños como barcos de ocio, portuarios y de recreo. Es necesario antes de llevar esta tecnología a gran escala perfeccionarla a nivel micro. Aun siendo las menos implementadas en el sector naval se debe potenciar su desarrollo ya que es la verdadera solución para la eliminación de los gases tóxicos del océano.

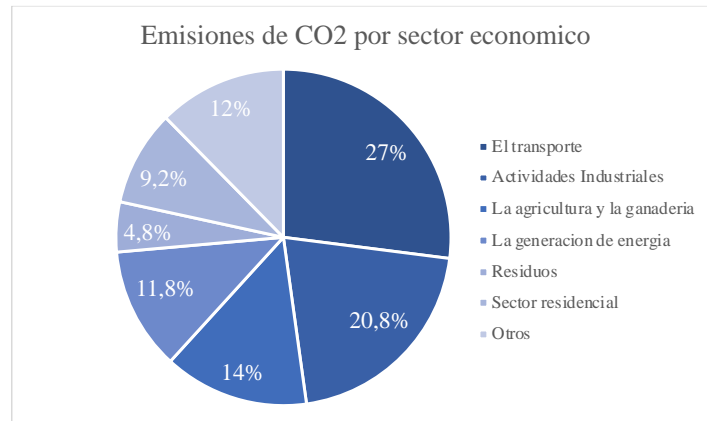
## 2.2 Del barco eléctrico al barco solar

La mayoría de las embarcaciones marítimas están propulsadas por motores de combustión fósil, pero cabe destacar que desde hace más de 120 años las embarcaciones eléctricas coexistieron con estos ganando popularidad entre 1880 y 1920. Sin embargo, las compañías petroleras tomaron el control y los motores de gasolina y diésel mejoraron con el paso de los años descartando cualquier otro tipo de modelo. La llegada de la crisis energética de los años 70 hizo que el interés por la energía eléctrica renovable volviera a crecer de forma constante, sobre todo desde que apareció la tecnología solar.

En la actualidad la movilidad eléctrica ha despertado un gran interés en el sector marítimo, específicamente en los barcos recreativos. El mercado de estos barcos se puede dividir entre tres segmentos, el transporte de pasajeros públicos y privados, barcos de ocio y barcos portuarios de tamaño medio o pequeño. De hecho, muchas ciudades disponen de vías navegables que llegan hasta el centro por lo que son ideales para el transporte de personas, evitando las carreteras y los atascos.

Como se ha expuesto anteriormente los sistemas de propulsión eléctricos actuales permiten la total independencia de otros combustibles fósiles, convirtiendo esta tecnología en una de las menos contaminantes y más eficientes provocando un gran interés por todo el mundo. La actual necesidad de mitigar el cambio climático y con ello la eliminación de gases tóxicos directos generados que se emiten a la atmósfera promueve este tipo de embarcaciones. Pero hay un problema grande respecto a las fuentes de origen de esta energía que hace viable el funcionamiento de estas embarcaciones, y las emisiones indirectas que conlleva. La energía distribuida para la carga de estos barcos encontrada en los puertos suele provenir de plantas eléctricas, que son el cuarto sector que más emisiones de CO<sub>2</sub> genera con un 11,8% después del transporte (27%), las actividades industriales (20,8%) y la agricultura y la ganadería (14%),

como podemos observar en el siguiente gráfico 3. Como consecuencia, se busca la descarbonización del suministro de energía mediante el uso de energías naturales (*Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, 2022*)



*Gráfico 3: Emisiones de CO2 por sector económico.  
Fuente: Elaboración propia a partir de (Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, 2022)*

Principalmente por esta razón, se incentivó el desarrollo de la tecnología basada en electricidad generada por fuentes de energía renovable como es la solar mediante las instalaciones de paneles fotovoltaicos como sistema autónomo en un barco. Estas embarcaciones reducen el impacto negativo de las embarcaciones a motor y contribuyen a la sostenibilidad al tratarse de una navegación libre de emisiones, contribuyendo a alcanzar el objetivo de reducir las emisiones de CO2 hasta en un 60% establecido por la Unión Europea (*Parlamento Europeo, 2018.*). Factores como la salud ambiental, el aumento de los costes energéticos y un presupuesto limitado están obligando a los propietarios de embarcaciones turísticas y a las autoridades locales a encontrar soluciones rentables para lograr la sostenibilidad. La ventaja económica que conlleva impulsa también a este modelo ya que obtienen un mayor ahorro en costes al cambiar de combustibles a energía eléctrica solar para el funcionamiento del motor, obteniendo un rendimiento y una eficiencia mayor en el largo plazo. Además, mediante la mejora de almacenamiento de las baterías y de las prestaciones de los paneles fotovoltaicos estas embarcaciones se adentran a alcanzar hitos en la navegación marina para hacerse conocer como fue en 2012 el “Planet Solar” una embarcación Suiza únicamente propulsada por energía solar fue el primer barco con esta tecnología en dar la vuelta al mundo.

Estos avances demuestran que los barcos con energía solar son factibles pues la desventaja de poseer una menor velocidad se ve compensada por su comodidad de navegación, sus cero emisiones, su menor oleaje y por sus bajos costes de funcionamiento. Por lo que las embarcaciones solares son una solución innovadora de creciente importancia, pero a pesar de los esfuerzos sigue siendo insuficiente. Los elevados costes, fundamentalmente de las baterías de almacenamiento, han impedido hasta ahora su uso generalizado (*Guellard, 2013*).

### **3. El consumidor y la movilidad marítima sostenible**

Los consumidores son los que hacen que un negocio triunfe o fracase. Recientemente el tema de la sostenibilidad ha tenido un impacto en la decisión de compra de estos ya que son más conscientes de la necesidad de un cambio para preservar el planeta. Los datos demográficos pueden explicar quiénes compran determinados productos, mientras que los psicográficos explican mejor por qué los clientes compran determinados productos, por ello se deben utilizar estos datos para entender la toma de decisiones de los potenciales consumidores.

La psicología del consumidor suele basarse en que quieren comprar productos novedosos, pero no tanto como para que no les resulte familiar. Ramond Lowey apoya esta idea diciendo “El gusto del público adulto no está necesariamente preparado para aceptar las soluciones lógicas a sus requerimientos si la solución implica una desviación demasiado grande de lo que han sido condicionados aceptadas como norma.” (*Blasi, 2020*). Esta visión da claridad al por qué de la lenta implantación y conciencia en los consumidores del barco eléctrico debido a su innovadora tecnología considerada desconocida o no probada y su lógica producción para la preservación del medio ambiente. Por lo tanto, los responsables políticos y los fabricantes deben identificar y superar los problemas de los consumidores para contrarrestar la escasa aceptación. Aunque se resuelvan los problemas técnicos, puede pasar mucho tiempo antes de que los consumidores reconozcan y empiecen a utilizar la nueva tecnología ya que son los determinantes del crecimiento del consumo de los barcos eléctricos. Los consumidores suelen percibir la relación calidad-precio basándose en sus conocimientos en el momento. Los potenciales clientes con una baja implicación en el barco eléctrico son menos conscientes de esta relación por lo que los perciben como una opción peor que los que estaban altamente implicados en el tema. Normalmente las personas somos guiadas e influenciadas en la toma de decisiones por lo que vemos visualmente tanto en las redes sociales como en los medios de comunicación, por lo que

las empresas deberían seguir esta tendencia y proporcionar información que reduzca las incertidumbres y los temores de los consumidores hacia la nueva tecnología o producto (Rogers, 2003).

En cuanto al tema de la sostenibilidad, es una realidad que ha incrementado la conciencia de la sociedad pero aun así muchos consumidores tienen dificultades para ver el panorama global en el sector marítimo y los beneficios que traen las nuevas tecnologías de ahorro de combustibles (Tsang, Pedersen, Wooding y Potoglou, 2012). Además, al tratarse de un producto que tiene un coste de adquisición mayor al actual en el mercado de productos convencionales, los consumidores tienen dificultades para ver que en el largo plazo es más rentable y acaban comprando lo que les sale más barato en el momento. Con esto, podemos detectar que la mayor influencia en los consumidores es el conocimiento que tengan sobre el producto y el sector, ya que es lo que diferenciará si efectúan la compra conociendo todas las oportunidades que esta conlleva en vez de continuar comprando los convencionales sabiendo que en un futuro cercano estas embarcaciones deberán de ser retiradas por temas sostenibles.

Por otro lado, el Estudio Fundacional de Sostenibilidad realizado por Kantara donde participaron 35.000 consumidores de 35 países diferentes, respalda que aunque la sostenibilidad este presente en la mente de los clientes, estos no se ven responsables de realizar el cambio. Seis de cada diez clientes europeos afirman que este problema recae en las medidas e iniciativas de las empresas y las marcas. Además, los consumidores tienen el poder de castigar a las empresas no consumiendo de ellas si no aplican la sostenibilidad a su estrategia. Un 42% de los consumidores dejan de adquirir productos que tengan un impacto negativo en el medio ambiente. Sin embargo, aun estando totalmente comprometidas con la sostenibilidad hay muchos clientes que necesitan ayuda para cerrar el llamado “Value Action Gap”, la diferencia entre las opiniones que tienen y realmente la acción que realizan. Podemos distinguir dos tipos de consumidores en Europa, el 82% que tienen como prioridad ahorrar antes que la sostenibilidad y el 51% que quieren actuar en concordancia con la mejora del planeta pero sus situación económica o prioridades diarias se adelantan a esos pensamientos. Estos datos demuestran que existen varios tipos de clientes con diferentes prioridades, pero todos inclinándose cada vez más hacia el consumo sostenible por lo que las empresas deben fomentar el comportamiento sostenible para tener una mejor aceptación por parte del consumidor (Melero, 2021).

#### 4. Retos técnicos y barreras

Las embarcaciones eléctricas están en pleno desarrollo y tendrán mayor acogida e importancia en un futuro cercano. La actual dependencia de los combustibles fósiles provoca un continuo aumento de las emisiones asociadas a las embarcaciones convencionales. A pesar de las ventajas que conlleva una embarcación totalmente eléctrica, primero se deben superar varios obstáculos para poder adoptarlas en todos los ámbitos. La cuota de mercado de los barcos eléctricos es baja en todos los países debido a su reciente integración. A continuación, expondré los diferentes retos técnicos y barreras identificadas que contribuyen a la baja competitividad, relacionadas con los costes reales y la percepción de los costes, los riesgos, el aspecto tecnológico y la falta de conocimiento.

Esta tecnología al ser tan innovadora dispone de una oferta corta por lo que el nivel de constancia en la sociedad es bajo lo que hace que las empresas están tardando más en añadirlos a su abanico de productos por miedo a no recibir la demanda esperada. Se enfrentan al reto de concienciar y convencer a las grandes empresas de barcos a ofrecer este producto y así rentabilizar la producción de estos vehículos. Así mismo los compradores potenciales antes de lanzarse a adquirir una tecnología sin garantías esperan y visualizan cómo se desarrolla el mercado. Esto suele suceder ya que, al poseer una cuota de mercado tan pequeña, los clientes no ven en uso estos barcos electros, reduciendo así la posibilidad de compra. A pesar de esto los consumidores que buscan productos de alta calidad, durabilidad y sostenibles no tienen otras alternativas en el mercado actual por ello la gran capacidad de crecer del mercado de los barcos eléctricos (*Rogers, 2003*).

Por otro lado, encontramos la falta de infraestructura adecuada para apoyar a estos barcos. Esto incluye, servicios de reparación, distribuidores, fabricas, estaciones de carga y opciones de reciclaje de baterías. En especial la falta de estaciones de carga de alta potencia son un factor determinante para el uso generalizado de esta embarcación ya que en cuanto estén más disponibles se incrementará la compra de estos barcos. Todo esto está estrechamente vinculado con la inversión inicial para ampliar este sector y los beneficios que obtendrá en el largo plazo. El coste inicial de estas embarcaciones es mayor al de los barcos convencionales a pesar de que los costes de explotación y mantenimiento pueden ser menores en el largo plazo, el elevado precio inicial hace que los potenciales consumidores se decidan por no comprar. Una vez se

comercialicen estos barcos en mayor proporción se producirán economías de escala, en la tecnología de estos se perfeccionará y la compra se verá cómo menos arriesgada para los clientes y como resultado será más demandada, incrementado la producción y bajando los costes. Actualmente, estamos en una situación donde los clientes pueden comprar un barco de combustible de mayor calidad y tamaño por el mismo precio que una embarcación eléctrica, por lo que una de las mayores claves para el éxito de este sector en el futuro es demostrar que los barcos eléctricos en el largo plazo son la opción más económica. Cabe destacar que estos procesos llevan tiempo y deben de triunfar varios prototipos para que sea atractivo para el mercado de masas, sin embargo aun seguimos en la fase donde existen prototipos en pequeñas cantidades pero no ha llegado a potenciar lo suficiente entre la sociedad el producto.

La mayor barrera que encuentran esta tecnología está relacionada con las baterías de litio de los barcos. Aunque esta tecnología ha avanzado mucho en los últimos años sigue con problemas que solucionar. La producción de este material se dobló entre 1975 y 2005 como podemos observar en el gráfico 4, y se estimó una subida continua a partir de ese año debido a la revolución eléctrica y a la necesidad de reducir emisiones para disminuir el efecto del cambio climático. Sin embargo, son pesadas, difíciles de cargar y tiene altos costes de producción ya que es un material difícil de extraer, escaso y muy demandado. Y además todavía no tienen muchos programas de reciclaje por lo que el cambio sostenible podría, si no se desarrolla, llegar a ser otro problema medioambiental (Rodríguez Ramos, 2017).

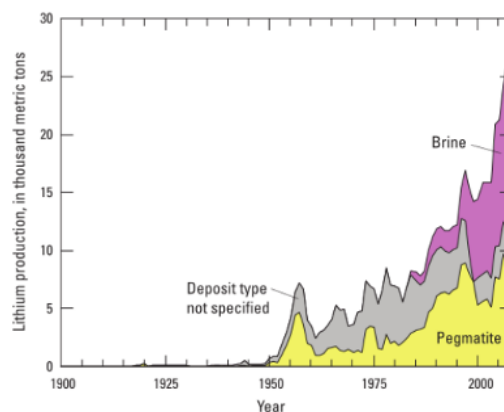


Gráfico 4: Producción mundial de litio entre 1900 – 2007. Fuente: (Rodríguez Ramos, 2017)

Las baterías a bordo se encargan del almacenamiento de la energía, la capacidad que soportan para ser autónomos, la velocidad y la durabilidad de los barcos. Dentro de los pocos modelos que hoy existen podemos encontrar que son de velocidad más reducida que sus equivalentes a motor. La mayoría de estas embarcaciones no llegan a velocidades muy altas precisamente por la merma que la mayor velocidad plantea en la autonomía de la embarcación. Los barcos eléctricos tienen también una dependencia del tiempo de carga que tengan las baterías. Si no tienen cómo cargarlas o no poseen grandes reservas, los barcos no se pueden alejar mucho de la costa. Por ello, para suavizar la transición energética se implementaron primero los barcos eléctricos híbridos que tienen una mayor autonomía. Esta solución es pasajera ya que se debe llegar a una alternativa libre de emisiones y autónoma para el futuro. Otra solución es instalar fuentes de generación eléctrica a bordo, como la energía fotovoltaica.

Por otro lado, relacionado con el tema de las baterías nos encontramos con la fuente de carga de estas, los paneles fotovoltaicos. Para que esta tecnología sea exitosa necesita poseer unas baterías con un poder de almacenamiento grande ya que sino las placas solares tendrían una producción de energía demasiado variable para poder ser utilizadas como única fuente de energía viable. Además, otro reto de los diseñadores de estos vehículos es encontrar el espacio suficiente para poder fijar las placas con acceso directo y constante al sol ya que muchos barcos no suelen tener techos y el suelo no es una opción ya que no se puede caminar sobre ellos.

## **5. El mercado de la movilidad marítima eléctrica y sostenible**

### **5.1 Análisis de la industria**

El mercado de las embarcaciones de recreo es grande y de rápido crecimiento, especialmente el de las embarcaciones marinas eléctricas. Este mercado se valoró en 2021 en 4.900 millones de dólares aunque es un sector que está creciendo rápidamente, se espera que alcance los 12.600 millones de dólares en 2030, registrando un crecimiento anual del 12,6% durante el periodo desde 2021-2030 (*El Herald del Bajío*, 2022). La pandemia obstaculizó el crecimiento del mercado de los barcos eléctricos debido al cierre de las fábricas y a las restricciones comerciales y de movilidad impuestas por los gobiernos en todo el mundo. Como consecuencia, para reactivar la economía y así el sector marítimo los gobiernos implementan medidas para incentivar de vuelta a la movilidad y al consumo de embarcaciones sostenibles.



La mayor tendencia que podemos encontrar en este sector es la preocupación por el medio ambiente. Dado que los factores que impulsan el mercado de barcos eléctricos son el aumento de comercio y turismo marítimo y que la economía depende de ello, se espera que los barcos eléctricos desempeñen un papel primordial en el sector promoviendo una solución ante el reciente incremento del impacto en el ambiente de este sector. Los gobiernos de cada país también intervienen apoyando y promoviendo estas embarcaciones ayudando al crecimiento. Por ejemplo, el Gobierno de Corea del Sur promovió una iniciativa en 2020 llamada “Estrategia de Promoción de Barcos Verdes 2030”, donde concedió 870 millones de dólares para el desarrollo de barcos ecológicos y así reducir la contaminación. Con esta iniciativa Corea del Sur pretende lograr la neutralidad de carbono para 2050 y ha establecido como objetivos el desarrollo de la tecnología de los sistemas de propulsión eléctricos y la reducción de los gases de efecto invernadero un 40% en los próximos 25 años. Además, con la implantación de la nueva normativa de la OMI donde disminuye la cantidad de azufre permitido impulsará la implantación de los barcos eléctricos como producto preferente (*Mordor Intelligence, 2021*).

Geográficamente, el mercado de los barcos eléctricos se divide en América del Norte, Europa, Asia y el resto del mundo. Europa tiene la mayor parte del mercado mundial de barcos eléctricos y se espera que mantenga su posición como líder en el futuro. El gobierno europeo ha impuesto medidas para reducir las emisiones que tienen un efecto negativo en el ambiente como fomentar las fuentes de energía renovables contribuyendo al incremento en la demanda de los barcos eléctricos. Al mismo tiempo los fabricantes dentro de este sector están continuamente desarrollando su tecnología como las baterías de alto rendimiento y almacenaje para obtener una mayor autonomía. Alemania y Reino Unido son los dos países dentro de Europa con una mayor adopción de embarcaciones eléctricas debido a sus fuertes normativas medioambientales. En concreto el Reino Unido ha sido el primer país del G7 en promover la implantación de los barcos eléctricos debido a su objetivo de reducción de gases de efecto invernadero. El segundo lugar en el mercado mundial de barcos eléctricos recreativos se encuentra en América del Norte. Donde el gobierno ha adoptado iniciativas y concedido subvenciones para fomentar el turismo en la costa aumentando así la demanda de los barcos eléctricos. Por último y debido al reciente desarrollo de nuevas tecnologías nos encontramos con Asia en tercer lugar en el mismo mercado. India, China y Japón serán los tres países que mayor participación tendrán en el crecimiento del mercado.



*Gráfico 5: Mapa del crecimiento por región del mercado de los barcos eléctricos (2022 -2027). Fuente: ((Mordor Intelligence, 2021)*

En relación a la competitividad en el sector, el mercado de los barcos eléctricos es uno de los más competitivos al tener una alta tasa de crecimiento y ser considerado como lucrativo por las grandes empresas fabricantes. Resultando en la incorporación de muchas empresas, a pesar de las altas barreras de entrada, en la industria. Sin embargo, las empresas de este sector para sobrevivir y mantener su posición competitiva deben recurrir a realizar una o varias de las siguientes iniciativas:

1. Invertir en investigación y desarrollo: Realizando estas grandes inversiones de desarrollo e investigación las empresas especialmente en esta industria están apostando por su propio futuro, permitiéndoles crear nuevos modelos de vehículos eléctricos con mayor potencia y eficiencia energética. De esta manera obteniendo justificación por el precio más elevado que se pide por ellos.
2. Fusiones y adquisiciones: mediante estas estrategias las empresas logran aumentar su base de recursos, por lo que tienen más capacidad para invertir en desarrollo e investigación de calidad a la vez que realizar una muy buena campaña de marketing. Mediante la labor del marketing es como las empresas ganan un mayor número de clientes tanto a corto como a largo plazo. Creando así un mayor flujo de ingresos, base necesaria para hacer crecer a la empresa.

3. Establecer colaboraciones estratégicas: mediante las asociaciones estratégicas las empresas se posicionan en una situación mejor para el desarrollo de estos nuevos vehículos y la creación de la sostenibilidad como ventaja competitiva. Garantizando así su rentabilidad y reconocimiento en el mercado.

La principal ventaja competitiva que todos quieren frente al resto está relacionada con las tecnologías que utilizan estos barcos y más concretamente las baterías. Podemos encontrar 3 transacciones donde esta situación se pone en evidencia. En 2019, la empresa Corvus Energy Holding, proveedor de sistemas de almacenamiento energéticos, compró todas las acciones de una empresa fabricante de baterías ligeras de litio para el sector marítimo, Grenland Energy. Más tarde en 2020, Corvus Energy fue seleccionada para ser el proveedor de baterías de litio para la empresa Holland Ship Electric. Empresa dedicada para la creación de 5 nuevos transbordadores eléctricos para el operador mundial de transporte de Amsterdam. A continuación, dada la competitividad en la mejora de las baterías Discover Battery lanzó una nueva para el uso exclusivo de los barcos. Esta contiene el sistema BMS, el cual gestiona el rendimiento y seguridad de la carga rápida, además cuenta con una aplicación móvil para que los usuarios puedan hacer comprobaciones, consiguiendo diferenciarse de las demás baterías del mercado (*Mordor Intelligence, 2021*)

## 5.2 Identificación de “best practices”

La industria de barcos eléctricos está intensificando y aumentando su número de ventas y clientes que apuestan por esta movilidad. Guido Sodano, importador italiano de sistemas de propulsión eléctrica, afirma el alto interés que está transmitiendo la movilidad eléctrica en el sector naval recreativo. Además cada vez existen mayor número de astilleros que fabrican este tipo de barcos, fomentando así la demanda de estos vehículos en el mercado (Perez, A., 2021). Este tipo de embarcaciones son una realidad a día de hoy, los barcos eléctricos solares poseen unos sistemas motrices y baterías mucho más eficientes, autónomas y potentes, que además no dejan de mejorar y aumentar su capacidad energética. En el mercado ya existen varios modelos comerciales a flote que funcionan cuando el mar tiene poca ola (en puertos, canales) y navegan a baja velocidad. Así podemos encontrar los siguientes:

- Silent 80: barco solar de origen austriaco dirigido al crucero de personas. Está diseñado con la estructura de un catamarán e integra en 3 zonas diferentes un total de 56 placas

solares. Estas se encuentran en la parte superior del barco, en el techo, logrando captar el máximo de la luz solar para alimentar a las baterías. Tiene una capacidad de propulsión puramente eléctrica y sin autonomía a unos 6 nudos (*Köhler, 2022*).

- Eelex 8000: barco solar de origen sueco fabricado por la compañía X Shore. En 1996, la marca X Shore se registró por primera vez en todo el mundo. Sin embargo, no fue hasta 2016 cuando se empezó a trabajar con la idea de crear una embarcación eléctrica, y así X Shore empezó a tomar forma. En 2018 X Shore lanzó el primer prototipo, y a finales de 2020 se lanzó la primera serie de producción del Eelex 8000 equipado con baterías de litio de 120 kWh y una caja de cambios magnética proporcionando total silencio y emisiones, a la vez de una autonomía de 100 millas náuticas, es decir, 185 km (*Keisu, 2022*).
- Aquanima 40: barco completamente solar con 56 metros cuadrados de paneles solares dirigido al transporte de pasajeros recreacional con capacidad para 8 pasajeros. Tiene una autonomía ilimitada ya que funciona al 100% con energía solar y es propulsado por motores eléctricos con una velocidad de entre 4 a 9 nudos. Como resultado tiene la capacidad de emprender largas travesías oceánicas, de día y de noche, sin depender de los combustibles fósiles. Para mantener la velocidad predeterminada el barco requiere 2 kW de potencia, mientras que las placas solares del techo producen 8 kW dejando las baterías cargadas para cuando no haya luz solar y se pueda seguir navegando (*Marine, 2020*).
- Catamaran Turanor Planet Solar : es el barco solar más grande del mundo alimentado solo con energía solar que ha dado la vuelta al mundo. Fue diseñado por el arquitecto naval neozelandés Craig Loomes basado en la estructura de un catamarán. Está compuesto por 516 metros cuadrados de placas solares alrededor de todo el barco y navega a una velocidad media de 5 nudos, pero puede alcanzar los 14 nudos. El objetivo de la creación de este barco fue promover el desarrollo de la movilidad solar, concienciar de la viabilidad del sistema en alta mar y promocionar el uso de las energías limpias e inagotables (*Domjan, 2022*).

## ANÁLISIS DEL CASO

### 1. Metodología de estudio de caso

Para realizar una investigación más detallada y comprobar la viabilidad de la implantación de los barcos electrosolares en puertos y recintos de aguas tranquilas se elige como metodología a seguir el análisis de un caso en concreto, Els Bots Berguiners en el Puerto de Mahón, Menorca. El referente al estudio de casos como metodología de investigación es el investigador Yin, el cual lo describe como “una investigación empírica que investiga un fenómeno contemporáneo en su contexto real, donde los límites entre el fenómeno y el contexto no se muestran de forma precisa” (Yin, 1989). Este método es una herramienta valiosa de investigación ya que tiene como fortaleza diferenciadora el hecho que a través del mismo se mide y registra la conducta de las personas involucradas en el fenómeno estudiado (Yin, 1989). La línea de investigación se basará sobre el estudio previo realizado con el objeto de proporcionar información útil para justificar las tendencias y obtener conclusiones. El análisis de un caso en particular se ha seleccionado ya que se trata de una investigación de características concretas de un determinado sector, el naval eléctrico, que no se pueden relacionar con otras. Mediante este se generarán nuevas posibles soluciones y teorías que podrán servir de ayuda cuando se planteen situaciones similares en el futuro cercano. (Eisenhardt, 1989).

Mediante el uso de esta metodología se puede tratar una situación específica donde aparecen muchos puntos de interés que deben ser basados en múltiples fuentes de evidencia y a continuación contrastados mediante lo que denomina Yin como la “triangulación”. La realización de una triangulación de datos (Yin 1989) tiene como objetivo obtener una investigación más profunda y respaldada para establecer este caso como ejemplo para la adopción de estos vehículos en situaciones con condiciones similares alrededor del mundo. La obtención de información provendrá de varias fuentes para mejorar la validez y confiabilidad de la investigación y acabar con información y resultados de calidad. Por un lado, se consultan fuentes externas como artículos y noticias de prensa sobre empresas u otras que han surgido como consecuencia, o la propia página web de la empresa. Por otro lado, fuentes internas como entrevistas realizadas a los creadores de esta empresa Juan Melgar y Jose Galindez, además de varios usuarios obteniendo así un mayor conocimiento desde diferentes perspectivas.

## 2. Descripción del caso

### 2.1 Puerto de Mahón. Visión general. Situación actual y perspectivas.

El puerto de Mahón se encuentra en Menorca, una de las islas del archipiélago Balear. Es una de las mayores láminas de aguas abrigadas del Mediterráneo, para ser concreto es el segundo puerto natural más grande del mundo, que por sus características cuenta con un gran potencial turístico. Además, Mahón es una ciudad con gran riqueza histórica y el patrimonio arquitectónico y monumental de su puerto está siendo puesto en valor gracias a actuaciones tales como la recuperación de la Isla del Rey o la apertura de un centro de arte, gestionado por la prestigiosa galería Hauser & Wirth. Todo esto ha hecho que Menorca se sitúa como destino turístico de lujo dentro del mediterráneo, aumentando y revalorizando la oferta hotelera y de alojamientos en Mahón en los últimos años resultando en un incremento de potenciales consumidores.

El Puerto de Mahón tiene una longitud aproximada de 5 kilómetros y su litoral, que comprende dos municipios (Maó y Es Castell), está jalonado de elementos de indudable interés histórico y turístico. Los centros principales son la fortaleza de Isabel II en La Mola, el castillo de San Felipe, la isla del Lazareto, Calas Fons, la Isla del Rey y la ciudad de Maó y su casco histórico. Este patrimonio histórico tiene un alto potencial de aprovechamiento para un turismo de alta calidad, con sensibilidad artística y medioambiental que para desarrollarse plenamente necesita medios de transporte bien integrados en el puerto, sostenibles y respetuosos con el medio ambiente.

### 2.2 Oferta actual de transporte de pasajeros intra-portuario por vía marítima

Actualmente la oferta de transporte marítimo intra-portuario en el Puerto de Mahón es muy escasa. Prestan servicio tres embarcaciones de tipo “golondrina” que mayoritariamente realizan tours turísticos sin finalidad de transporte. Presta también servicios un barco taxi con capacidad de hasta 10 pasajeros y la embarcación *Lazareto* que comunica la isla del Lazareto con Calasfons (Es Castell). Dichos servicios son prestados únicamente con embarcaciones dotadas de motores de combustión basados en combustibles fósiles. Por lo tanto, se puede concluir que no existe una oferta de transporte marítimo regular que enlace los diferentes núcleos urbanos y puntos de interés del puerto y que tampoco existe oferta para la prestación de servicios de transporte por medios sostenibles.

Según información facilitada por la Autoridad Portuaria de Baleares, el Puerto de Mahón cuenta con aproximadamente 25 puntos de embarque y desembarque para peatones a lo largo de su litoral. La tradición del transporte de personas y cosas por vía marítima en el Puerto de Mahón es amplia y está bien documentada. Desde el siglo XVIII hay documentación de una actividad que servía bien el puerto.

### 2.3 Movilidad eléctrica marítima en el puerto de Mahón

La movilidad marítima no puede escapar a la inevitable transición hacia un modelo de movilidad sostenible y basado en las energías limpias y renovables. En este sentido, el desarrollo de la técnica ha propiciado que sea posible cumplir el objetivo en el sector de transporte marítimo de pasajeros y contar con embarcaciones con la suficiente autonomía como para prestar servicios durante una jornada completa reuniendo esas condiciones.

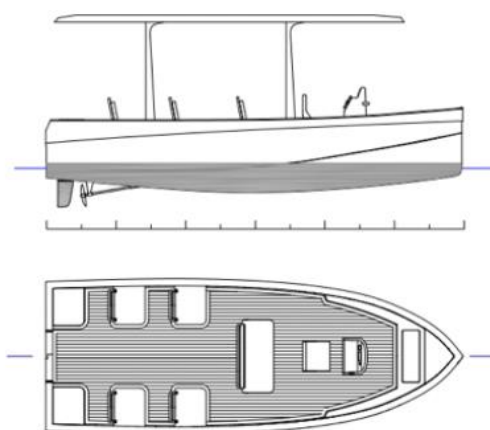
Como fruto de esta concienciación por el medio ambiente y el mercado español en la escasez de embarcaciones con estos criterios nace Rabelo Boats, SL. Es una compañía española constituida precisamente para cubrir esa demanda de embarcaciones sostenibles como parte de los esfuerzos de nuestro país para atender e impulsar el proceso de sustitución de barcos propulsados por combustibles fósiles a barcos propulsados por energía solar.

El primer modelo producido es el LASAI 20, creado para el transporte de personas en aguas costeras de manera limpia y silenciosa, con una capacidad máxima de 9 personas (incluyendo el patrón). Está construido a partir de fibra de vidrio apostando por un diseño amplio y cómodo, con un sencillo panel de mandos, capaz de soportar vientos de fuerza 6 de la escala Beaufort y una altura máxima de ola de 2m. Está equipado por un techo lleno de placas solares capaz de generar aproximadamente 1500 Wp de energía para su navegación autónoma y un motor eléctrico con potencia máxima de 10 Kw con refrigeración por agua de mar. El barco cuenta con un grupo de baterías de litio-hierro con capacidad conjunta de 10.000 Wh.

Las características principales de este vehículo son:

Eslora total:	5.98 m
Eslora en flotación:	5.96 m
Manga máxima:	2.20 m

Peso en rosca:	800 kg
Desplazamiento máximo:	1550 kg
No Máximo de personas a bordo:	9 u 8 + una persona con discapacidad.
Potencia instalada:	8 kW nominal/10 kW máxima.
Capacidad de baterías:	10.5 kWh
Velocidad de crucero:	5 nudos
Velocidad máxima:	6.5 nudos
Autonomía a velocidad de crucero:	7.2 h con placas solares
Autonomía en puerto (3 nudos):	14.5 h con placas solares
Categoría de diseño:	C
Zona de navegación:	Costera hasta 12 millas
Diseño:	Iñigo Echenique/Seadrone



*Ilustración 1: Diseño del LASAI 20.*

*Fuente: (Els Bots Berguiners, 2021)*

## 2.4 Visión General del Negocio

Al identificar el hueco existente en el mercado para la introducción de los barcos de transporte de pasajeros solares en el Puerto de Mahón, se constituyó la sociedad Els Bots Berguiners SL, aunque se utiliza comúnmente el término “Els Bots”. El servicio concreto que ofrecen es el



transporte de pasajeros mediante la propulsión electrosolar, facilitando así los desplazamientos de las personas y evitando tanto el uso de barcos de motores diésel como el transporte por tierra como son los coches y taxis. Cabe destacar que se ha optado por la propulsión electro solar por múltiples razones: es silenciosa, respetuosa con el medio ambiente al ser de cero emisiones, de sencillo mantenimiento y de costes operativos bajos. En el caso del Puerto de Mahón, el hecho de que la embarcación tenga paneles solares es especialmente importante, pues la electricidad en la isla tiene un origen fósil en el 95% de su generación.

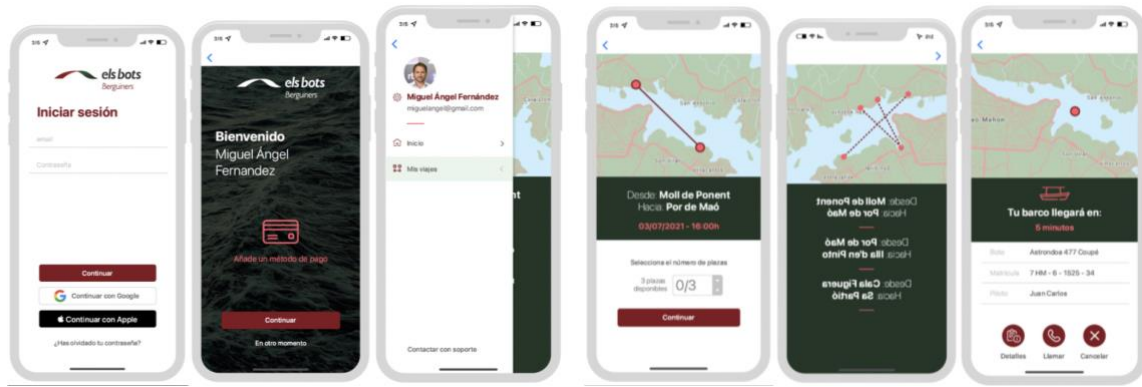
Para llevar los barcos es necesario que los patrones tengan unas licencias y experiencia previa, no es válido tener solo las titilaciones de recreo como es el PER, esto puede llegar a ser una dificultad ya que no existen muchas personas con todas las cualificaciones necesarias para la navegación de estos modelos de barcos. Las embarcaciones realizarán indistintamente dos tipos de servicios según se expone a continuación:

En primer lugar, las rutas regulares. Donde en función de la demanda detectada, y los trayectos más realizados, Els Bots realiza servicios regulares de pasajeros en determinadas rutas. Por ejemplo las siguientes rutas son muy populares:

- A. Muelle de Levante – Isla del Rey
- B. Calasfons - Lazareto
- C. Cala Llonga – Muelle de Levante – Calasfons

En segundo lugar, encontramos el servicio de taxi privado. Donde las embarcaciones transportan a grupos de personas bajo reserva previa a un coste de 15€ por persona en trayecto de ida y vuelta.

La contratación del servicio se hace a través de una plataforma tecnológica, creada exclusivamente para Els Bots, donde se puede solicitar y pagar el servicio seleccionado. Asimismo, la aplicación facilita la logística del barco ya que se puede realizar la reserva de una o más plazas en las rutas regulares, saber el tiempo de recogida del cliente, la geolocalización de este y el precio del servicio escogido, optimizando así los recursos de la empresa y el tiempo de los usuarios. Podemos visualizar a continuación como es la APP (*Ilustración 2*)



*Ilustración 2: Plataforma tecnológica de Els Bots: Fuente: Aplicación móvil “Els Bots”.*

### 3. Justificación de impacto medioambiental

La principal característica de este producto creado es el impacto positivo que tiene sobre el medio ambiente, aspecto relevante hoy en día y es reconocido cada vez más por los usuarios. Els Bots es un claro ejemplo de evolución hacia un futuro más verde y sostenible ya que tiene cero impacto ambiental, sin contaminación acústica, visual o medioambiental a través de su particular sistema de propulsión de energía solar ayudando asimismo a reducir el tráfico rodado en el puerto. Compenetrando e implementado las nuevas iniciativas medioambientales impuestas por la Unión Europea (Pons de Rosa, 2021). “Aunque abramos la tapa del motor no se escucha nada, el silencio es completo y total y uno está en contacto con el entorno. Se escucha el agua, el viento pero nada artificial” añade Juan Melgar, socio de Els Bots.

La construcción y la gestión del barco se llevan a cabo mediante dos empresas que comparten accionistas: Rabelo Boats (fabricación) y Els Bots (gestión). Desde su construcción se tiene en cuenta el lado sostenible por ello decidieron la implantación de placas solares en el techo de la embarcación como medio de alimentación del motor en vez de los motores de combustión. De esta manera pueden navegar de manera autónoma con la carga directa del sol mediante las placas fotovoltaicas, las cuales producen 1.500 vatios y generan unas reservas que ofrecen seis horas de autonomía, a 4,7 nudos (Pons de Rosa, 2021). La sostenibilidad se entiende bien en este caso, pues a una velocidad de crucero de 4,5 nudos, el motor eléctrico consume precisamente los 1,5 kW de potencia que producen sus paneles solares. Es decir, en un día soleado, la embarcación no necesita utilizar la energía de las baterías para desplazarse hasta

que se ponga el sol. Cabe la posibilidad si es estrictamente necesario de utilizar la corriente eléctrica de tierra para su carga pero en ningún caso el uso de combustibles fósiles. “Sin humo, sin ruidos, un barco limpio” así describe Juan Melgar el funcionamiento del barco electrosolar. Haciendo hincapié en la eliminación de emisiones de CO<sub>2</sub> al tratarse de energía limpia una de las preguntas realizadas al encuestado Juan Melgar fue ¿que cantidad de CO<sub>2</sub> se deja de emitir con la aplicación de este tipo de barcos de recreo?, a la cual respondió que por cada barco de este tipo en circulación se reduce al año una tonelada de emisiones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, una manera significativa de contribuir dentro del tamaño del barco a la reducción de estas emisiones.

#### **4. Crecimiento de la Oferta**

Els Bots, como recalca el periódico de Menorca, nace con la intención de recuperar los trayectos que se realizaban antiguamente conectando los distintos puntos del puerto mediante los llamados Berginers. Este método de transporte para desplazar a la gente de un lado al otro del puerto y unir puntos del puerto quedó en desuso y ahora con Els Bots se ha vuelto a poner en marcha. Pero con una gran diferencia, apuestan por la sostenibilidad, han pasado de los remos a la propulsión electrosolar. Como afirma el director del Lazareto Isaac Olives “hay que unir los diferentes puntos estratégicos para así crear el producto turístico del puerto de Mahón. Yo creo que este tipo de embarcación nos va a permitir que esto sea una realidad porque puede unir todos estos puntos, que hasta ahora no era posible ya que se tenía que hacer con embarcaciones más grandes y no era sostenible económicamente”. Mediante esta cita podemos observar el hueco tan grande que hay en el mercado de los taxis marítimos en este puerto que debe ser explotado además sabiendo que es donde se concentra la mayor parte del tráfico de pasajeros y mercancías, unos 141.218 viajeros, lo que supone un incremento del 19 por ciento respecto de 2018 (*Menorca Local, 2020*). Esto también es sustentado por uno de los creadores de Els Bots, Juan Melgar quien cuando se le pregunta de dónde sale la idea de la creación de este producto menciona que en su experiencia previa a la apertura de la empresa el navegaba el puerto y notaba una falta de oferta de transporte, que existió anteriormente pero que había dejado funcionar después, y al visitar otros países con puertos de características similares (aguas tranquilas, sin olas) podía apreciar una amplia oferta de taxi marítimo mientras que en Menorca existían los “Tours Turísticos” en barcos más grandes pero no ese servicio de conectividad”. Por esto vieron una oportunidad única en el mercado y la aprovecharon. Han

creado el nuevo “cabify” del mar con una autonomía de 40 millas náuticas (60 kilómetros) y una velocidad de 5 nudos (9 km/h) y la característica que hoy en día tanto se valora de ser 100% eléctricos (*Vigo, 2021*).

En una entrevista en IB3 cabe destacar que la entrevistada Sofia Vallejo Garay confirmó la novedad de este producto y de la inexistencia de otro con las mismas cualidades de Els Bots. De hecho, ha sido el primer barco eléctrico y con placas solares que ha existido en el Puerto de Mahón. A raíz de la aparición de Els Bots *han* surgido otras empresas con características similares. Cabe nombrar que el año pasado la empresa Náutica Margau lanzó al mercado su nuevo barco eléctrico recreacional poniendo el foco en la sostenibilidad mediante la implantación de motores eléctricos en vez de motores de gasolina y también utilizando materias primas renovables para la construcción como característica destacada. Actualmente cuenta con una dimensión de 4,96 metros y una motorización de 6 kW, tiene una autonomía de 3 horas, a 7 u 8 nudos pero si se reduce la velocidad, puede alcanzar las 8 horas (*Landero, 2021*). Seguramente vamos a ser testigos de la aparición de nuevas iniciativas en la movilidad sostenible en el mundo marítimo en los próximos años.

## **5. Demanda y consumidores**

El año pasado con el nacimiento de la empresa, se puede decir que se consideró como periodo de prueba para ver como este nuevo negocio era recibido y acogido tanto por los consumidores como las instituciones del puerto, especialmente en los meses de julio, agosto y septiembre donde el turismo es mayor en la isla de Menorca. Dado que nos encontrábamos en medio de la pandemia, donde todavía muchas restricciones seguían activas, los datos obtenidos de este año no son representativos. Sin embargo, José Galindez, CEO de la empresa, comparte que se realizaron 400 viajes en este periodo, pero con la seguridad de que esta cifra incrementara sin lugar a dudas este año debido a la retirada de las restricciones y la apertura de eventos en las dos islas características del centro del puerto, La Isla del Rey y el Lazareto. Este esperado incremento en la demanda a pensar de la escasa oferta de taxis marítimos eléctricos en el puerto se debe a varios factores:

1. Ahorro de tiempo: Al tratarse de un puerto tan grande divide el área urbana en dos mitades. La banda norte fundamentalmente residencial y la banda sur se encuentran las

poblaciones de Mahón y de Es Castell, con sus tiendas y restaurantes. Cruzar en coche de banda a banda lleva al menos de 20 minutos, más el tiempo en encontrar sitio para aparcar, cuando por barco son tan solo 5 minutos para cruzar la anchura del puerto. Con la existencia de un servicio regular en los meses más transitados (julio, agosto y septiembre) todos los ciudadanos de la banda norte del puerto llamado, S'altra Banda, evitan todos esos problemas. Ahorran tiempo, un elemento esencial en la vida de las personas actualmente. Juan Rivera, empleado del restaurante El Espigo en el centro de Mahón, menciona que el ahorraría cada día 1h de trayecto en coche si utilizase este transporte.

2. Atracciones culturales: Dos de las principales atracciones culturales y turísticas de Mahón se encuentran en dos islas situadas en el centro del puerto, la Isla del Rey y el Lazareto. Sólo son accesibles con embarcaciones. En 2021 se inauguró la galería de arte Hauser and Wirth en la isla del Rey, lo que supuso un rotundo éxito con más de 800 visitantes diarios. Esta cifra se incrementará este año debido al gran triunfo del año pasado y las facilidades añadidas para la vista como es este servicio. Además, esta clase de eventos atrae a turistas de lujo, personas dispuestas pagar un precio mayor por recibir experiencias únicas a la vez de que están contribuyendo al bienestar común.
3. Comunidades del puerto: Els Bots está recibiendo peticiones de comunidades de propietarios situados en la Banda Norte (S'altra banda) para establecer un servicio regular entre la comunidad y los centros comerciales y restaurantes situados en la banda contraria. La propia introducción del servicio está generando una demanda nueva que no existía por falta de oferta.
4. Aceptación de las autoridades portuarias: la autoridad portuaria y las ciudades de Mahón y Es Castell han apoyado la introducción de este servicio sostenible conectando los distintos puntos del puerto en una clara apuesta por la movilidad sostenible en el Puerto de Mahón. Como menciona el general Luis Alejandro, este servicio además de promover la sostenibilidad que ayuda a mantener Menorca como biosfera natural mete el elemento de la seguridad vial del puerto, aspecto que los propietarios de barcos no son nada conscientes.

Todo lo mencionado anteriormente da una clara imagen de la demanda que se está generando tan solo con un año de implementación del barco electro solar y unas proyecciones a futuro muy favorecedoras. Además, también ayuda a las personas a entender el porqué de ese precio quizá un poco mayor al que están acostumbrados a pagar en taxis normales, que con el tiempo ira normalizando como ha pasado con todas las grandes invenciones una vez se han establecido.

## CONCLUSIONES

Frente a la necesidad emergente e inevitable de conseguir un mundo duradero cabe señalar el papel tan importante que juega la movilidad sostenible en el sector marítimo. Debemos combatir el cambio climático, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y fomentar las energías renovables para que las generaciones futuras puedan disfrutar del planeta tal y como lo conocemos. Para conseguir este objetivo se ha centrado el estudio en la introducción de barcos eléctricos que alimentan sus baterías mediante la energía del sol con la implementación de placas solares en los techos de estos como opción para sustituir los barcos propulsados por energías fósiles. Mediante la selección de la empresa “Els Bots” se investiga y profundiza la viabilidad de estos nuevos modelos, ya que se trata un servicio de taxis marítimos electrosolares en el puerto de Mahón, Menorca. La información utilizada es triangulada mediante entrevistas y artículos de prensa para obtener unos resultados más contrastados y poder confirmar la exitosa entrada de estos barcos al mercado.

Este tipo de barcos tienen mucho recorrido por delante para contemplar futuras líneas de negocio e investigación ya que actualmente están en sus comienzos. Puede ser interesante continuar con su desarrollo ampliando la flota con barcos de recreo y embarcaciones auxiliares de puertos, con similar eslora y prestaciones. Además, una vez se establezcan en este mercado se podrá estudiar la posibilidad de electrificar barcos de mayores dimensiones, incrementando las baterías para poder navegar distancias largas.

A continuación, recalcaré las recomendaciones y limitaciones que se han podido establecer gracias al estudio de este trabajo y que se podrían utilizar para futuras investigaciones o empresas que quieran entrar en el mercado.

### **Recomendaciones**

Las recomendaciones establecidas a continuación se basan en los antecedentes del sector marítimo, específicamente en la entrada y aceptación de la empresa investigada “Els Bots” en el mercado de barcos eléctricos. Podemos concluir que nos encontramos ante un mercado sin explotar de fácil acceso de entrada, escasa oferta y una demanda creciente debido al auge de las preocupaciones medioambientales. En este mercado, las empresas que se han adentrado han

conseguido resultados positivos y con excelentes proyecciones de futuro, reconociendo este estilo de negocio como viable. Esto se debe sobre todo al incremento en la concienciación de la sociedad ante los problemas medio ambientales que se están agravando, provocando como resultado un aumento en la demanda de vehículos sostenibles por parte de los consumidores. El uso de las energías fósiles ha creado una dependencia en la sociedad que no vamos a poder sostener en el tiempo debido a la creciente escasez de esta materia prima y la contaminación que genera. Por ello, debemos trascender al uso de las energías renovables como forma de generación de energía ya que en el futuro seguirán existiendo y podrán revertir los daños ya causados.

La implementación de las energías renovables en los barcos, en específico la solar, es una realidad como hemos podido observar con el análisis del caso y sirve como ejemplo para que otros sigan los pasos. Para seguir este producto como modelo es muy importante que el entorno en donde se vaya a introducir tenga características similares ya que no es lo mismo navegar en aguas calmadas que en mar adentro. Además, la tecnología que utilizan es innovadora y sigue desarrollándose, la instalación de placas solares como generadora de energía ha sido un gran descubrimiento y para que estas funcionen es necesario que el clima en donde se vayan a introducir estos barcos sea soleado, asegurando así la carga de las baterías durante la navegación. Mediante la aplicación de modelos de este estilo se podría llegar a electrificar otros puertos y empezar la transformación del sector naval hacia las energías renovables. El actual éxito de esta empresa y otras similares alrededor del mundo señala y confirma que la tecnología utilizada funciona y que además el atractivo de su propuesta ha provocado que este obteniendo mucha inversión tanto por parte de grandes entidades particulares como por los gobiernos para seguir avanzando y creciendo hacia un futuro más sostenible convirtiéndola en una oportunidad de negocio favorable en estos momentos. Con este continuo desarrollo e investigación de las técnicas el objetivo final será llegar a establecer esta tecnología en embarcaciones de mayor tamaño y de esta manera dar un paso histórico ante la lucha contra el cambio climático y la implementación de las energías renovables como preferentes.

Ante este auge en el mercado, las instituciones públicas portuarias pasaran a jugar un papel esencial ya que son los que deciden las medidas e incentivos a implementar en el sector. Debido a esto, con el crecimiento esperado del mercado, deberán establecer nuevas medidas favoreciendo a los negocios que ponen la sostenibilidad como principio de actuación. Los actuales impuestos, falta de amarres en el puerto y requisitos para ser patrón de embarcaciones



de recreo son muy estrictos por lo que una llamada de atención ante estas entidades hará que estos negocios se vean favorecidos con reducciones en costes y facilidades para su introducción en el corto plazo. La reducción de los impuestos y la habilitación de amarres para los barcos eléctricos solares incentivaría su aplicación. Con estas iniciativas tanto los gobiernos con el aumento de turismo responsable, la conectividad del puerto y la mayor oferta de empleo, como los empresarios con la eliminación de barreras de acceso y los consumidores con la obtención de una oferta mayor y sostenible, se verán afectados positivamente cumpliendo cada uno con sus objetivos.

Por último, cabe destacar los puntos clave que personalmente en la entrevista, Juan Melgar recomendaría para otras empresas que quieren adentrarse en el sector. Ante esta pregunta respondió que la parte más importante del éxito de estos negocios es la planificación y la antelación, es decir, no se puede improvisar. Los barcos necesitan unas piezas específicas para su funcionamiento y dado a que es un sector en crecimiento la fabricación de estas puede llegar a ser más lenta y costosa. Por ejemplo, las baterías de litio necesarias para el almacenamiento de la energía del sol que luego se utilizan para la propulsión de los barcos, son un producto que sigue en desarrollo por lo que su coste es elevado y la producción se realiza en determinados sitios, pero es esencial para el funcionamiento del barco. Por lo que no adelantarse a los acontecimientos y respetar los tiempos es esencial para prosperar en este sector.

### **Limitaciones**

Esta investigación ha sido realizada mediante un extenso análisis del sector y de las embarcaciones electro solares con un posterior contraste de información utilizando varias fuentes de investigación para la obtención de un profundo conocimiento, sin embargo, al tratarse del análisis de tan solo un caso no se pueden extraer conclusiones generalizables, ya que cada situación es diferente y no sería realista.

A pesar de ser solo un caso, podemos sacar dos amplias limitaciones que pueden ser estudiadas en el futuro para su eliminación. En primer lugar, los escasos programas de reciclaje que existen para las baterías una vez su vida útil finalice. Sin estas medidas la contaminación ahorrada en emisiones es sustituida por la producida por los desechos de las partes que forman estos vehículos, volviendo al problema de la sostenibilidad que se veía como solucionado. En

segundo lugar, la inexistencia de amarres específicos para embarcaciones eléctricas hace más complicado el despliegue de esta tecnología en los puertos.

Por otro lado, también existen limitaciones que no dependen de la compañía en sí, ni del sector naval. Por ejemplo, actualmente nos encontramos en una crisis de suministros mundial por la cual todos los materiales están tardando más en llegar a sus destinos o directamente no se han podido fabricar en cantidades grandes debido a la pandemia. En concreto, para la fabricación de los barcos una de las piezas esenciales son las baterías que son producidas en China, que actualmente se encuentra con restricciones debido al confinamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Europea de Seguridad Marítima (EMSA) (2021). *European Maritime Transport Environmental Report 2021*. <https://www.emsa.europa.eu/publications/reports/item/4513-european-maritime-transport-environmental-report-2021.html>
- Aister (2021). Barcos de propulsión eléctrica e híbrida ¿Es en realidad la opción que necesito?. *Aister*. <https://aister.com/es/aister/barcos-de-propulsion-electrica-e-hibrida-es-en-realidad-la-opcion-que-necesito/>
- Blasi, J. (2020). El principio MAYA de Raymond Loewy. *ESDESIGN*. <https://www.esdesignbarcelona.com/actualidad/disenio-producto/el-principio-maya-de-raymond-loewy>
- Cánovas Sánchez, B. (2022). El transporte marítimo una solución ante el cambio climático. *Instituto Español de Estudios Estratégicos*. [https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs\\_opinion/2022/DIEEEO12\\_2022\\_BARCAN\\_Transporte.pdf](https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2022/DIEEEO12_2022_BARCAN_Transporte.pdf)
- Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA) (2012). *Resumen de la Declaración de Rio+20*. *CEMDA*. <https://www.cemda.org.mx/resumen-de-la-declaracion-de-rio20/>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2022). *Acerca de Desarrollo Sostenible*. <https://www.cepal.org/es/temas/desarrollo-sostenible/acerca-desarrollo-sostenible>
- Designbyben. (2012). MAYA: Most Advanced Yet Acceptable. *Designbyben*. <https://designbyben.wordpress.com/2012/10/15/maya-most-advanced-yet-acceptable/>
- Diario el Canal (2021). Los buques producen el 13,5% de las emisiones del transporte europeo, por detrás de los modos terrestre (71%) y aéreo (14,4%). *Diario el Canal*. <https://www.diarioelcanal.com/buques-producen-135-emisiones-transporte-europeo/>

- Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (2022). Inventario nacional de emisiones a la atmósfera. *Ministerio para la transformación ecológica y el reto demográfico*. [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/resumen\\_inventario\\_gei-ed\\_2022\\_tcm30-534394.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/resumen_inventario_gei-ed_2022_tcm30-534394.pdf)
- Domjan, R. (2022). The boat – Turanor PlanetSolar. *Planet Solar Foundation*. <https://www.planetsolar.swiss/en/world-premiere/boat>.
- Eisenhardt, K.M. (1989). Building Theories from Case Study Research. *Academy of Management Review*, 14(4), 532-550.
- Elizalde Monteagudo, P. (2019). Las ODS y el transporte marítimo. Escuela de Ciencias Sociales y Gobierno. <https://portalcip.org/wp-content/uploads/2018/04/2-Pedro-Elizalde-Los-ODS-y-el-transporte-mar%C3%ADtimo.pdf>
- El Heraldo del Bajío (2022). Tamaño del mercado de barcos y barcos eléctricos, tendencias, alcance y análisis de crecimiento hasta 2030. *El Heraldo del Bajío*. <https://heraldodelbajio.com/2022/05/20/tamano-del-mercado-de-barcos-y-barcos-electricos-tendencias-alcance-y-analisis-de-crecimiento-hasta-2030/>
- El País, (2020). Responsable de casi el 30% de los gases de efecto invernadero generados en la Unión Europea. *El País*. <https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2020-12-09/la-comision-europea-lanza-un-plan-para-reducir-un-90-el-co2-del-transporte-para-2050>.
- European Environmental Agency (EEA). (2022). *El Transporte Marítimo en la UE*. <<https://www.eea.europa.eu/es/highlights/el-transporte-maritimo-en-la>>
- Expansión (2022). Precio del petróleo OPEP por barril 2022. *Expansion*. <https://datosmacro.expansion.com/materias-primas/opec>
- Guellard, B., de Montgros, X., Pallu de la Barriere, P., Wolfensberger, G. y D’oliveira, P. (2013). *An overview of electric and solar boats market in France*.

- Keisu, J. (2022). Eelex 8000 – The future of smart boating. *Xshore*. <https://xshore.com/us/eelex-8000>
  
- Köhler, M. (2022). Silent 80. *Silent-Yachts*. <https://www.silent-yachts.com/es/silent-80/>
  
- Landero, I. (2021). La empresa náutica e-Boats Experience lanza su nueva marca 'Nauta Morgau', de embarcaciones sostenibles. *Diario de Mallorca*. <https://www.diariodemallorca.es/mallorca/2021/07/20/empresa-nautica-boats-experience-lanza-55242176.htm>.
  
- Larach, F. (2020). El transporte marítimo mira al gas natural como combustible de transición. *La Vanguardia*. <https://www.lavanguardia.com/vida/20200924/483642433486/el-transporte-maritimo-mira-al-gas-natural-como-combustible-de-transicion.html>
  
- Manzanas, J. (2021). ¿Qué cantidad de agua hay en el planeta Tierra?. *OkDiario*. <https://okdiario.com/curiosidades/cuanta-agua-hay-planeta-tierra-805673>
  
- Marine, A. (2020). Solar powered yacht Aquanima 40 completes 220 nautical mile circumnavigation of Bali. *Power boat world*. <https://powerboat.world/news/230745/Aquanima-40-completes-circumnavigation-of-Bali>.
  
- Melero, J. (2021). La sostenibilidad vista por los consumidores. *Kantar*. <https://www.kantar.com/es/inspiracion/sostenibilidad/la-sostenibilidad-vista-por-los-consumidores>
  
- Menorca Local (2020). Los puertos de Menorca superan por primera vez la barrera de los 600.000 pasajeros. *Periódico de Menorca*. <https://www.menorca.info/menorca/local/2020/02/13/1616616/puertos-menorca-superan-por-primera-vez-barrera-600000-pasajeros.html>.

- Mihalic, T. (2016). Sustainable-responsible tourism discourse – Towards ‘responsustable’ tourism. *Journal of Cleaner Production* 111.
- Mordor Intelligence (2021). Electric Boat and Ship Market | 2022 - 27 | Industry Share, Size, Growth. *Mordor Intelligence*. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/electric-boat-and-ship-market>
- Parlamento Europeo (2018). *Reducir las emisiones de carbono: objetivos y acciones de la* UE.  
<https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20180305STO99003/reducir-las-emisiones-de-carbono-objetivos-y-acciones-de-la-ue>
- Perez, A. (2021). Aumenta significativamente la demanda de barcos eléctricos. Híbridos y Eléctricos. <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/navegacion-sostenible/aumenta-significativamente-demanda-barcos-electricos/20210924145307049569.html>
- Pons de Rosa, I. (2021). Taxi al estilo de los ‘bots berguiners’. Periodico de Menorca. <https://www.menorca.info/menorca/vivir-menorca/2021/08/02/1660770/taxi-estilo-bots-berguiners.html>.
- Rodríguez Ramos, L., 2017. El Mercado Del Litio En Australia. [online] ICEX España Exportación e Inversiones. Available at: <<http://www.icex.es>> [Accessed 27 November 2020].
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations* (5 ed.).
- Tsang, F., Pedersen, J. S., Wooding, S., y Potoglou, D. (2012). Bringing the electric vehicle to the mass market: A review of barriers, facilitators and policy interventions.
- Vigo (2021). Vigo crea el primer barco «cabify» 100% eléctrico para Menorca. VigoÉ. <https://www.vigoe.es/vigo/maritima/vigo-crea-el-primer-barco-cabify-100-electrico-para-menorca/>.

- Yin, R.K. (1989). *Case Study Research: design and Methods*, Applied social research Methods Series, Newbury Park CA: Sage.
- Zhao, X. (2020). Evaluation of sustainable transport research in 2000–2019. *Journal of Cleaner Production* 256.