



# INGENIERÍA naval

REVISTA DEL SECTOR MARÍTIMO

sectormaritimo.es

AÑO XCIII · N°1035 · JUNIO 2024



**Libro digital** de los  
trabajos presentados  
en el

**I Simposio  
Internacional  
de buques  
históricos**



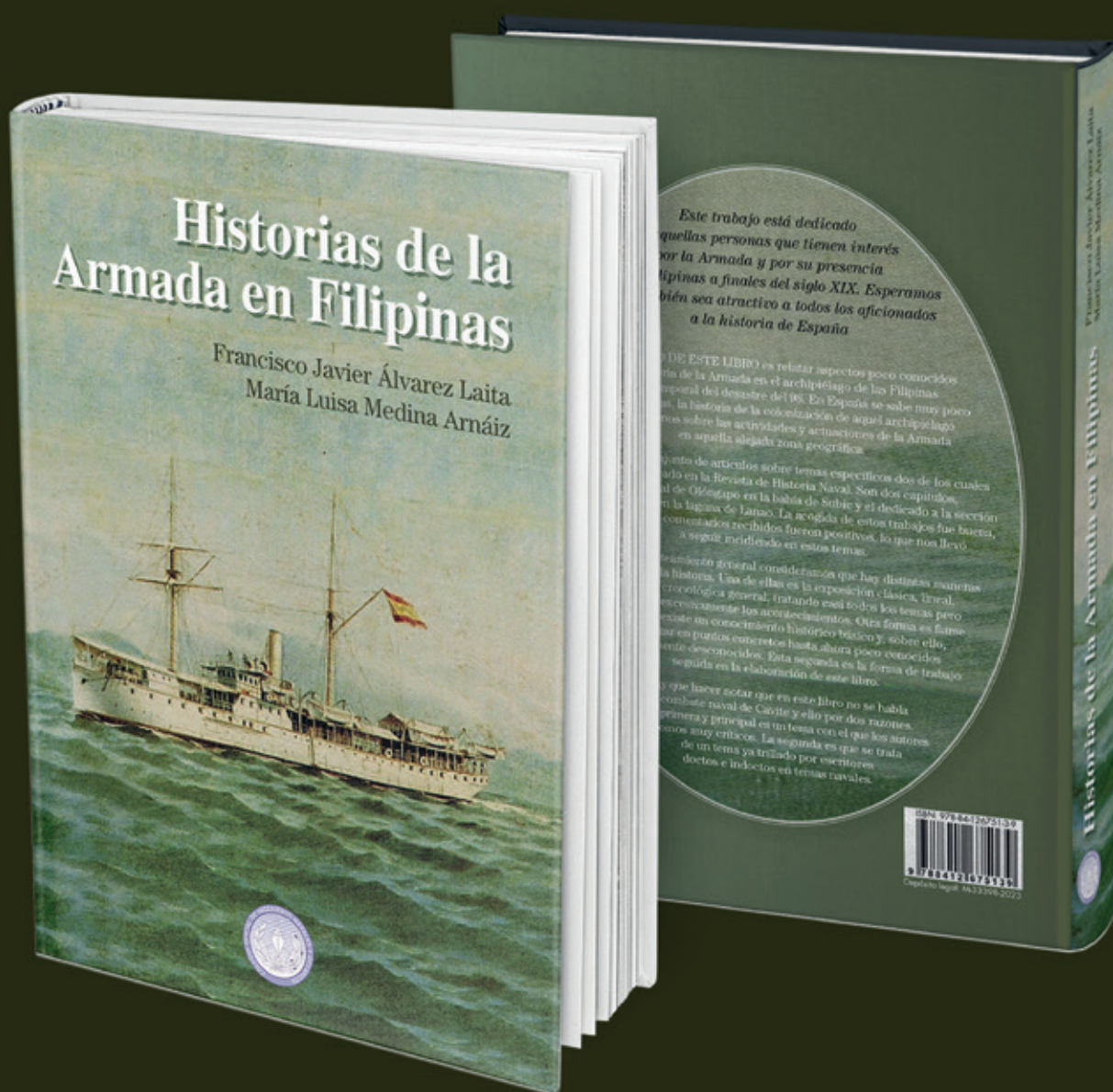
**Disponible en:**

**WWW.INGENIEROSNAVALES.COM**





[WWW.INGENIEROSNAVALES.COM/TIENDA/](http://WWW.INGENIEROSNAVALES.COM/TIENDA/)



FONDO EDITORIAL DE INGENIERIA NAVAL  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS NAVALES Y OCEANICOS

# Redacción

N° 1035 • JUNIO • 2024

Revista editada por la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España.  
**Fundada en 1929 por Aureo Fernández Ávila, I.N.**

## **PRESIDENTE DE AINE Y DE LA COMISIÓN DE LA REVISTA**

Diego Fernández Casado, I.N.

## **VOCALÉS DE LA COMISIÓN DE LA REVISTA**

Francisco Pérez Villalonga, Dr. I.N.

Jesús Valle Cabezas, Dr. I.N.

Luis Guerrero Gómez, Dr. I.N.

Raúl Villa Caro, Dr. I.N.

## **REDACCIÓN**

Verónica Abad Soto, I.N. (Redactora Jefe)

## **PUBLICIDAD**

David Sánchez Rosado

Tel: 682 120 545

comercial@ingenierosnavales.com

revista@sectormaritimo.es

## **ADMINISTRACIÓN**

Noemí Cezón López

## **DIRECCIÓN**

Castelló, 66 - 28001 Madrid

Tels.: 915 751 024 / 915 771 678

e-mail: revista@sectormaritimo.es

www.sectormaritimo.es

## **DISEÑO Y MAQUETACIÓN**

DiseñoPar Publicidad S.L.U.

parpubli@parpubli.com

www.parpubli.com

## **IMPRESIÓN**

Imedisa Material de Oficina, S.L.

Tel: 914861606

## **SUSCRIPCIÓN ANUAL**

### **SUBSCRIPTION FEE (2024):**

Electrónica general 90,00 €

Electrónica estudiantes 45,00 €

Papel + electrónica 110,00 €

(sólo España)

**SUSCRÍBETE AQUÍ:**  
sectormaritimo.es



**AÑO XCIII • N.º 1035**

**junio 2024**

**Publicación mensual**

**ISSN: 0020-1073**

**Depósito Legal: M 51 - 1958**

**REVISTA DEL SECTOR MARÍTIMO**



## **NOTAS:**

No se devuelven los originales. La Revista de Ingeniería Naval es una publicación plural, por lo que no necesariamente comparte las opiniones vertidas por sus colaboradores en los artículos, trabajos, cartas y colaboraciones publicados, ni se identifica con ellos, y sin que esta Revista, por su publicación, se haga en ningún caso responsable de aquellas opiniones. Los firmantes de los artículos, trabajos, cartas y colaboraciones publicados son autores independientes y los únicos responsables de sus contenidos. Se permite la reproducción de nuestros artículos indicando su procedencia, pero no la distribución de la revista por ningún tipo de medio (electrónico y/o físico).

## **CONSEJO TÉCNICO ASESOR**

D. Francisco de Bartolomé Guijosa  
D. Manuel Carlier de Laval  
D. Rafael Gutiérrez Fraile  
D. José María de Juan-García Aguado  
D. Nandi Lorensu Jaesuria  
D. Miguel Ángel Palencia Herrero  
D. Mariano Pérez Sobrino  
D. Jesús Valle Cabezas

# Sumario

Nº 1034 • MAYO • 2024

## 425. artículo técnico

“Analysis of attention mechanisms for the prediction of ship fuel oil consumption”,  
by C. Velasco-Gallego; I. Lazakis; V. Polaki

“Simulación predictiva de las necesidades  
de suministro eléctrico (ops) en puertos”,  
por R. Atienza; R. Redondo; J. R. Iribarren;  
A. Medio; L. Ulla

## 451. construcción naval

## 455. en profundidad

“El contrato para la prestación del servicio  
de seguridad a bordo de buques mercantes”,  
por L. Giménez

“La escasez de ingenieros navales: desafío  
y oportunidades en el sector marítimo”,  
por I. Figueiras

## 460. conectados

## 465. actualidad

## 479. coyuntura del sector naval

“Los coches eléctricos, los barcos y los  
aranceles. Una cartera de pedidos que se sale.  
La “utopía”, Tomás Moro. Soberanía”,  
por J-E. Pérez García

## 495. guía de empresas

## 465 actualidad

INTA - CEHIPAR finaliza  
los ensayos de maniobrabilidad  
de un crucero a vela



# 455 en profundidad

El contrato para la prestación  
del servicio de seguridad a  
bordo de buques mercantes



# 460 conectados

Celebración Bodas  
de Oricolco promociones  
83 y 84



# 479 coyuntura

Los coches eléctricos,  
los barcos y los aranceles  
Una cartera de pedidos que se sale  
La "utopía", Tomás Moro. Soberanía



## Editorial

### Un repaso al panorama nacional

Durante el primer trimestre de este año, los astilleros privados españoles atesoraron casi una veintena de nuevos contratos (12.878 gt y 49.460 cgt) y, sesenta y cinco buques en sus carteras de pedidos (127.786 gt y 288.227 cgt). Una mejoría notable si se compara con los datos durante el mismo periodo del año anterior, en el que se registraron tres nuevos contratos y cincuenta y cuatro buques en cartera. En cambio, el índice de actividad productiva (ponderada) de los mismos, que comprende puestas de quilla, botaduras y entregas, ha registrado un descenso mucho más pronunciado, un - 18% en términos de gt, con respecto al mismo periodo del año anterior. Asturias atesora un 46% de la cartera de pedidos (% cgt), seguidos por los astilleros gallegos con un 34% y en tercer lugar el País Vasco (20%). Según publica Aclunaga, y atendiendo al número de buques, la cartera de pedidos de astilleros gallegos se distribuye de la siguiente manera: Armón Vigo (35%), Freire (29%), Nodosa (18%), Cardama (12%) y Astilleros Ría de Vigo (7%).

En lo que a nuevos contratos durante este primer trimestre se refiere y según Comunidades Autónomas, Asturias registró 17 (7.250 gt o 37.524 cgt), seguidos de Galicia y País Vasco (uno solo para cada uno de ellos). En total, 19 nuevos contratos, de los cuales dos son para exportación, con un total de 4.991 gt (10.466 cgt). Y de los 17 restantes, para el mercado nacional: seis son ferries, uno es un pesquero y el resto otros tipos. Y mismos tipos de buques encontramos en la cartera de pedidos. Durante 2023, el Ministerio de Industria y Turismo ha concedido ayudas para la financiación de la construcción naval en astilleros españoles por valor de 31,8 M€. En cuanto a la concesión de ayudas a la I+D a los astilleros de construcción naval españoles, el Ministerio ha apoyado el año pasado al sector con 11,2 M€. También el PERTE Naval ha adjudicado 81 M€ entre 65 proyectos de 107 empresas, pertenecientes a cuatro proyectos tractores.

Por otro lado, la flota controlada por armadores españoles comenzó 2024 en mínimos históricos, situándose por debajo del centenar de buques en términos de gt, según informa Anave. Concretamente, a 1 de enero de 2024, la flota controlada por navieras españolas sumaba 209 buques con 5.174.390 gt y 4.876.224 tpm, con una edad media de 17,6 años. En 2023 se incorporaron a la flota controlada por navieras españolas tres buques de nueva construcción (dos de carga general y un ferry de pasaje). A 1 de enero de 2024, por primera vez en la historia, menos de un centenar de buques mercantes de transporte de 300 gt o más navegan bajo pabellón español (93 buques, 19 unidades menos respecto al año anterior) con 2.195.645 GT (-9,2%) y 1.440.493 tpm (-11,5%). Estas cifras suponen el mayor descenso histórico anual en número de buques y el segundo mayor en tonelaje. Entre enero y mayo de 2024 se han incorporado a la flota controlada por armadores españoles 4 buques con 65.980 gt adquiridos en el mercado de segunda mano y un buque de carga general de nueva construcción. En lo que queda de año, está prevista la entrega de otros tres buques: dos de pasaje y otro de carga general. Además, los armadores españoles tienen ya en cartera otros tres buques: uno de pasaje y dos de carga general, para su entrega en 2025.



**BUREAU  
VERITAS**

# Bureau Veritas:

SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN  
DE LA UNIÓN EUROPEA

## PARQUES EÓLICOS OFFSHORE

@ **JAVIER GONZALEZ ARIAS**  
javier.gonzalez-arias@bureauveritas.com

T. 91 270 21 26 **WEB** | [WWW.MARINE-OFFSHORE.BUREAUVERITAS.COM](http://WWW.MARINE-OFFSHORE.BUREAUVERITAS.COM)



**CERTIFY YOUR OFFSHORE  
WIND FARM**



**REDUCE  
YOUR RISKS**



**CLASS YOUR  
VESSEL**



**CERTIFY YOUR OFFSHORE  
WIND FARM**



# Analysis of attention mechanisms for the prediction of ship fuel oil consumption



Christian Velasco-Gallego,  
Nebrija University



Iraklis Lazakis,  
University of  
Strathclyde

Vendanjali Polaki,  
University of  
Strathclyde

Trabajo presentado en el 63º Congreso de Ingeniería naval e Industria Marítima, celebrado en madrid del 24 al 26 de abril de 2024. Segundo premio.

## ÍNDICE

### Abstract / Resumen

#### 1. Introduction

#### 2. Literature review

#### 3. Methodology

##### 3.1. Data Pre-processing

##### 3.2. Attention-based Neural Network Training

##### 3.3. Evaluation

#### 4. Case study and results

#### 5. Conclusions

#### 6. References

## Abstract

Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) remains the dominant contributor to climate change in shipping with Heavy Fuel Oil (HFO) prevailing as the most significant fuel utilised in maritime transportation globally.

Thus, while several technologies, including the consideration of renewable energies and alternative fuels, are being explored to contribute towards the Net Zero goal, the consumption of Fuel Oil (FO) continues to be of a substantial concern. Moreover, the optimal use of FO can lead to minimising CO<sub>2</sub> emissions as well. This necessitates the development of more sophisticated tools to optimise onboard consumption, thereby facilitating the reduction of emissions and the associated operational costs. Accordingly, this paper analyses the use of an attention mechanism-based deep learning model for the prediction of FO consumption. A case study on a tanker vessel is conducted to assess the performance of this type of model, aiming to develop a decision-making tool for optimising ship FO consumption.

## Resumen

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) sigue siendo el principal factor del cambio climático en el

transporte marítimo, en el que el fuelóleo pesado (HFO) es el combustible más utilizado.

Así pues, aunque se están explorando varias tecnologías, incluida la consideración de las energías renovables y los combustibles alternativos, para contribuir al objetivo Cero emisiones Netas, el consumo de fuelóleo (FO) sigue siendo motivo de gran preocupación. Además, el uso óptimo del fuelóleo puede contribuir a minimizar las emisiones de CO<sub>2</sub>. Esto hace necesario el desarrollo de herramientas más sofisticadas para optimizar el consumo a bordo, facilitando así la reducción de las emisiones y de los costes operativos asociados. En consecuencia, este artículo analiza el uso de un modelo de aprendizaje basado en la predicción del consumo de FO. Se realiza un estudio de caso en un buque cisterna para evaluar el rendimiento de este tipo de modelo, con el objetivo de desarrollar una herramienta de toma de decisiones para optimizar el consumo de FO de los buques.

## 1. Introduction

Sea-based transportation accounts for 80% of international trade of goods, while the shipping sector has experienced a 20% rise in GHG emissions over the last decade as of 2023 [1]. The COP28 conference had set out the goal of net zero emissions by 2050. Additionally, the fourth IMO GHG study 2020 approximated that the GHG emissions from shipping in 2018 accounted for 2.89% of total global man-made GHG emissions [2]. There are several maritime emissions' regulatory bodies worldwide such as the European Union Emissions' Trading System (EU ETS), the International Maritime Organization (IMO), etc. As a result, ship operators must comply with policies and regulations laid down on emissions depending on the regions of operation. Moreover, fuel costs account for 50-60% of operating costs of the vessels [3]. Hence, it is increasingly imperative to strive

towards cost-effective solutions in reducing emissions through various methods such as integrating carbon capture solutions, voyage planning, optimizing ship speed and fuel consumption, etc. Thus, the focus of this paper will be on forecasting ship fuel consumption.

In this respect, there have been various efforts to provide a review on forecasting ship fuel consumption [4]. The authors demarcated the models covered in these papers into two categories – statistical and machine learning methods. They found that machine learning methods performed better for high-dimensional datasets in comparison to the statistical techniques. However, the former suffered in terms of the interpretability of its predictions due to the complexity of the inner workings of the model. A lack of interpretability could indicate potential biases in these models. However, other researchers presented an interpretable machine learning model that addresses the trade-off between interpretability and predictive accuracy [5]. This paper is primarily focused on the predictive accuracy of the model which has been proposed.

The paper has been organised into 5 sections. Section 2 covers related previous work; Section 3 elucidates the methods used to design the deep learning model. Section 4 provides the application of the suggested methodology in the case of a tanker ship, while Section 5 presents conclusions based on the discussed results in the previous section.

## 2. Literature review

Attention mechanism allows for dynamic assignment of weights of input features based on the outcome expected of the machine learning model. Abadi et al. had first introduced the transformer architecture which relies on

self-attention mechanisms for use in Natural Language Processing (NLP) [6]. This approach overcomes the limitations of sequence-to-sequence models, such as Convolutional Neural Networks (CNNs) and Recurrent Neural Networks (RNNs), by effectively capturing long-range dependencies and improving training efficiency.

Deep learning models are greatly accessible today through several open-source packages and frameworks such as Tensorflow [7], PyTorch [8], and Keras [9]. However, they have a nominal presence in literature regarding their exploitation for the prediction of ship fuel consumption. Zhang et al. proposed a deep learning model combining a Bidirectional – Long Short-Term Memory (Bi-LSTM) model with attention mechanism [10]. They obtained big data records from 8 international voyages from the Kamsarmax Bulk Carrier of Laskaridis Shipping Co. Ltd. They compared it with Decision Tree models with attention mechanism and found that the Bi-LSTM model performed well especially for high-frequency data. The leveraging of big data records will allow for an improvement in reduction of carbon emissions. Additionally, it provides a foundation for efficient fuel management for real operating conditions.

Lei et al. made use of the LSTM model to forecast fuel consumption for data derived from inland watercrafts [11]. They obtained data from the Juhang 777 vessel over a period of 5 months. They found that the deep learning model performs better than the machine learning model, back propagation neural network, in terms of average relative error (in percentage). Wang et al. proposed two models: Physics-informed neural network (PI-NN), Mixed-Integer Quadratic Optimisation (MIO) [12]. The PI-NN model is cognizant of physics constraints which allows for the model to be highly explainable. However, as the number of constraints

increase, the model becomes less flexible yet more accurate. The interpretability of the MIO-BF model is lower in comparison since the model alters the original values of the feature variables.

Tran et al. proposed a combination of Monte Carlo simulations and Artificial Neural Networks (ANN) for predicting the fuel consumption [13]. The data has been collected from a bulk carrier over a period of 2 years. Additionally, the model has been run for each of the three loading conditions (65%, 85% and 100% MCR). The performance of this model was compared with other models incorporating Artificial Neural Networks with other regression models and concluded that ANNs performed better. They also mentioned that the accuracy of the model was higher for 65% and 85% MCR loading conditions, which are more commonly observed in real-world maritime transportation.

Su et al. proposed an AI-based energy efficiency decision system using a prediction and optimization technique [14]. They used a 2-stage method utilizing the XGBoost model for prediction, which was chosen after comparison with 15 other machine learning models, followed by the employment of the Particle Swarm Optimization technique to predict optimal ship speed to further improve the prediction of fuel consumption. They used a multi-source dataset including car and trucking data for the duration spanning the years 2012 to 2021. They emphasized the model's ability to manage high-dimensional data, to make more accurate predictions and to account for a large number of irregularities. Further, they mention the improvement in fuel-usage efficiency upon the employment of an optimisation technique.

Mekkaoui et al. proposed a data-driven solution based on deep learning sequence methods and historical ship voyage data to

predict ship speed in real-time [15]. The data is obtained from ship trips in the area of St. Lawrence Seaway for a period of 2 years. The prediction of ship speed would allow for a ship operator to design the voyage in advance, taking various factors into account such as ship trajectory planning and weather to consequently predict trends in ship fuel consumption. The study throws light on three sequence models – LSTM, Bi-LSTM and Transformer. LSTM model performed poorly in comparison to the other two models in terms of metrics such as mean absolute error (MAE) and mean squared error (MSE). On the other hand, Theodoropoulos et al. 2021 made use of ANN and RNN models to predict the ship's propulsion power. The data used was collected over a period of nineteen months from a 165,000-DWT tanker.

Panapakidis et al. highlighted ship fuel consumption prediction for passenger vessels. They proposed the combination of LSTM – RNN and Elman NN models for the forecasting of fuel consumption [16]. The data was obtained from 322 voyage reports over a period of 10 months from the Ro/Pax vessel operating in the Adriatic route spanning between Greece and Italy. They mentioned the use of statistical techniques to precede the selection of the deep learning model based on the linearity of the relationship between the parameters under study.

Wu et al. proposed a route optimization method using a deep learning architecture consisting of CNN and the transformer architecture by the conversion of discrete weather data to a continuous format [17]. The weather observation and weather forecast data was obtained from the Integrated Marine Observing System (IMOS) and the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) for over a period of one year. Such a method allows for

prior route planning which in turn helps ship operators plan and optimize fuel usage. A continuous prediction could allow for high-resolution prediction of future fuel usage. Similarly, Bui Duy et al. performed optimal route selection for container ships using a deep ANN architecture in conjunction with the Asymmetric Travelling Salesman Problem (ATSP) algorithm [18].

Within the current paper, the authors propose a novel method to predict fuel oil consumption onboard ships using an attention mechanism-based deep learning model. The concerned data has been obtained from a cargo vessel consisting of system-monitored parameters from the main engine and diesel generators of the vessel.

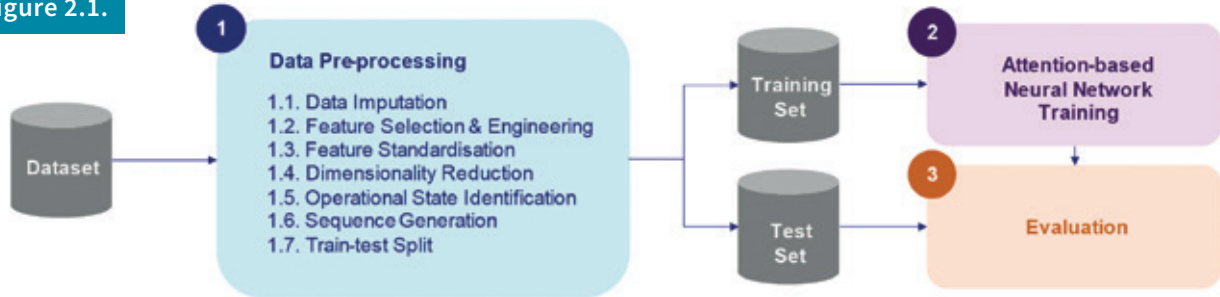
### 3. Methodology

By having explored the main contributions of this conference paper, the proposed methodology is graphically represented in Fig.3.1. Special attention is being given to the data pre-processing stage to guarantee that data possesses the necessary quality to be further processed, adheres to the required format, and aligns with the specific requisites of the data-driven task to be performed. Consequently, a total of seven data pre-processing stages are initially performed. The second phase relates to the development and training of the model to be analysed in this study, which is an attention-based neural network. Finally, to analyse the performance of the developed model, an evaluation stage is introduced to ensure an adequate analysis of the obtained results.

#### 3.1. Data Pre-processing

As stated preceding, a total of seven data pre-processing stages are applied to guarantee the adequate pre-processing of raw data.

Figure 2.1.



To deal with potential missing values within the raw dataset, forward filling and backward filling is selected as the data imputation models. These two models are subject of analysis in this study, as they have been widely applied within the maritime domain when dealing with missing values [19], and univariate data imputation methods have presented promising results when dealing with short-term sensor data and Missing Completely at Random (MCAR) contexts [20]. Forward filling is applied when missing values are imputed with the preceding data point, whereas backward filling, by contrast, is considered when missing values are imputed with the subsequent data point.

To avert the utilisation of either irrelevant or redundant features available in the raw dataset when training the model, feature selection is performed. Consequently, correlation analysis is performed to select suitable features based on the task to be performed based on the relationship between features. To evaluate the linear relationship between features, the Pearson's correlation coefficient is determined, which satisfies the equation hereunder.

$$\rho = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \frac{x_i - \bar{x}}{s_x} \frac{y_i - \bar{y}}{s_y}, \quad (3.1.1)$$

where  $x_i$ ,  $y_i$  are individual data points,  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  are the mean of the respective features being analysed, and  $s_x$ ,  $s_y$  relate to the standard deviation of the features. Additionally, to

assess any potential non-linear relationship between features, the Spearman's rank correlation coefficient is also estimated. This coefficient analyses the potential relationship between features based on the rank of the data. Both coefficients always lie between -1 and +1. A resulting coefficient of either -1 or +1 indicates the features are perfectly correlated. By contrast, a coefficient of 0 establishes that no relationship exists between the analysed features. Thus, the strength of the relationship is obtained from the analysis of the magnitude obtained.

Feature standardization is performed to guarantee that features contribute equally to the training of the model. When applying standardization, all features are centred by subtracting the mean from all values. Results are then scaled by dividing their respective standard deviation. Thus, equation 3.1.3 is considered for standardizing the features:

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s} \quad (3.1.2)$$

The resulting standardized features will present a mean of zero and a standard deviation of one.

Dimensionality reduction is implemented to reduce the number of features to be considered for the training of the model, while attempting to preserve as much information as possible that is presented within the dataset. Of all potential methods that can be applied for performing dimensionality

reduction, the most common approach is the Principal Component Analysis (PCA), which is the method implemented in this study. This is an unsupervised learning technique that is mathematically defined as an orthogonal linear transformation. The main aim of this approach is to transform the data into a new coordinate system forming a new set of uncorrelated variables, which are named principal components.

To determine these principal components, a total of five phases are implemented. The first phase relates to the estimation of the covariance matrix to capture the fluctuations of a variable concerning the other features within the dataset. Then, the second phase is applied, which refers to the computation of both the eigenvectors and eigenvalues of the covariance matrix to identify the direction in which the data varies the most and the magnitude of such variations. The eigenvectors are then sorted based on the eigenvalues in ascending order to obtain the principal components, thus starting from the direction of maximum variance to minimum. The fourth phase selects the number of principal components to be considered for the training of the model based on the resulting variance. For this study, the number of components will be selected when the accumulative variance of the retained principal components reaches 95%. The fifth and last step refers to the creation of a new matrix where lie the selected principal components based on their accumulative variance.

When analysing operational states of marine machinery, fluctuations may occur due to either environmental conditions or variations in the operating conditions. Accordingly, to only consider steady-state operational conditions, these fluctuations need to be adequately identified and discarded. In this study, Hierarchical Density-

Based Spatial Clustering of Applications with Noise (HDBSCAN) is considered, as this approach requires fewer parameters to be determined for adequately implementing the model if compared to DBSCAN. In fact, the only parameter that needs to be estimated is the parameter MinPts. HDBSCAN is often regarded as an enhanced version of the DBSCAN, which facilitates a clustering hierarchy from which a tree of relevant clusters is constructed. These constructions are then utilized to derive a “flat” clustering based on cluster stability.

Once non-operational states have been removed from the data, sequences are generated through the application of the time series sliding window algorithm. This algorithm aims to section the overall time series into sequential and overlapping segments, a.k.a. windows, of a fixed size. Finally, the resulting sequences are split into a training set and a testing set in order to evaluate the model with unseen data (test set) that has not been used for training the model (training set).

### 3.2. Attention-based Neural Network Training

The primary contribution of this paper lies in the analysis of an attention-based neural network, which is introduced in this section. A neural network is commonly defined as an artificial intelligence model designed to emulate the human brain in a simplified manner. Accordingly, various types of neural networks have been developed to capture specific functionalities within the human brain. Of all these types, special attention is given in this study to those types of neural networks that consider temporal dependencies, as these are crucial for time series forecasting. Specifically, attention mechanisms are considered, as they can capture sequential dependencies and focus on relevant parts of

the input sequences. Attention mechanisms have recently been subject of study due to their ability of focusing on specific segments of the sequence, thus identifying which parts of the input sequences are more relevant for the task being implemented. This is achieved by assigning weights to each part of the sequences, where higher weights indicate increased attention to that segment.

- When integrated into the architecture of a neural network, attention mechanisms dynamically adjust their focus based on the information provided in the input sequence in order to generate the output. Thus, by incorporating attention mechanisms within the architecture of the neural network, an enhancement in the precision of the predictions is expected through the provision of special attention to specific segments of the input sequences. Even though several variants of the attention mechanism can be considered, the one introduced in this study is the scaled dot-product attention, which is comprised of the following sections:
- Query, key, and value vectors. As the name suggests, a total of three vectors are initially considered. The query vector (Q) represents the current input, the key vector (K) relates to the vector that emphasizes the segments that require higher focus, and, finally, the value vector (V) indicates the values associated with each segment of the input sequence.
- Weighted scores calculation. A measure of similarity is introduced to assess how analogous the Q and K vectors are for each element in the sequence. The dot product is usually applied to assess this similarity. The result of this operation will indicate the relevance of each element in the sequence by a given query.
- Softmax activation. Once the weighted scores have been calculated, these are passed through a softmax activation

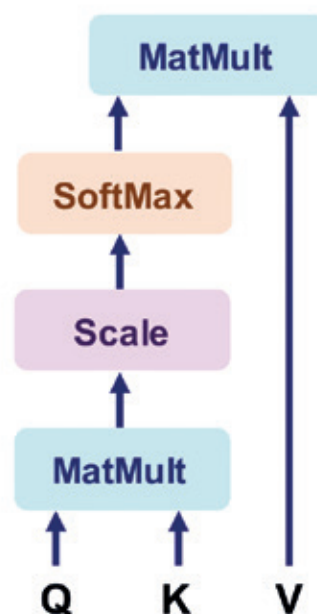


Figure 3.2.1. Graphical representation of the Scaled Dot-Product Attention.

function so that the resulting scores can be transformed into attention weights. As softmax is implemented, the sum of all weights equals 1, which enables its interpretation as probabilities. The resulting weights indicate whether an element of the input sequence require higher or lower focus, thus prioritizing the identified relevant segments within the input sequences.

- Output. The value vector and the resulting attention weights are combined through the computation of a weighted sum to facilitate the output of the attention layer.

A diagram of the scaled dot-product attention is given in Figure 3.2.1.

Once considered the scaled dot-product attention, it is integrated to a Long Short-Term Memory (LSTM) neural network. LSTM has been selected for this study due to its capability to capture temporal dependencies. The main component of these networks is the memory cell. This consists of a cell state

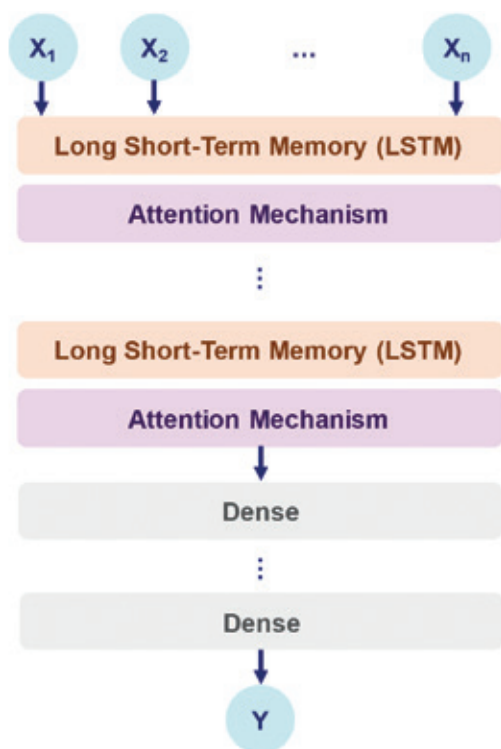


Figure 3.2.2. Graphical representation of the architecture of the developed neural network.

vector and gating units. The gating units are utilized to regulate the information flow into and out of the memory to maintain the state over time. A graphical representation of the developed architecture of the neural network is presented in Figure 3.2.2. As perceived, the neural network is comprised of blocks of LSTM with Attention Mechanism. The final part of the developed neural network is comprised by fully connected layers.

### 3.3. Evaluation

An evaluation phase is required to evaluate the results obtained from the training of the developed neural network that is analysed in this study. Consequently, the following metrics have been estimated: Mean Squared Error (MSE), Root Mean Squared Error (RMSE), Median Absolute Error (MedAE), and Max Error. MSE is estimated as it is probably the most utilized loss function for regression. It

is computed by determining the mean of the sum of the squared errors. If the squared root of MSE is estimated, the RMSE is obtained. This is a scale-dependent error. MedAE is computed by determining the median of all absolute differences between the observed and the predicted occurrences. Finally, the max error is determined by considering the worst-case error.

## 4. Case study and results

To analyse the performance of the attention mechanism-based neural network, the case study of a diesel generator of a tanker vessel is considered in order to predict its fuel consumption. In total, 26 ship machinery and weather condition parameters are considered. The parameters considered in this study as well as their respective descriptive statistics are presented in Table A.1. More than 40,000 instances are analysed, collected in a 1-minute frequency basis. Additionally, missing values can be perceived, as the number of values per column differ from parameter to parameter. Thus, the first stage of the data pre-processing phase needs to be implemented, which is the data imputation phase. Firstly, the percentage of missing values per feature has been estimated to assess their respective missingness criticality. A total of four parameters with high criticality have been identified, the percentage of missing values of which exceeds the 20%. The identified parameters are the following: DG1 Turbocharger Exhaust Gas Inlet Temperature (22.4%), Stern Tube Aft Bearing Temperature (41.9%), Stern Tube Fore Bearing Temperature (41.3%), and Water Depth (53.7%). Thus, as this is a preliminary study and the data imputation method considered for this analysis is not adequate when the percentage of missing values is large, the identified four parameters with high criticality are discarded from the analysis. However, more sophisticated data imputation method

should be considered to include relevant information from the discarded parameters in future studies. The remaining parameters present a low criticality, where the percentage of missing values is lower than 1.5%, except for the parameter to be predicted, which is the Fuel Oil Consumption (FOC) parameter, that presents a percentage of missing values of approximately 9%. Consequently, the forward filling data imputation method is implemented to impute the missing values. In those cases where forward filling could not be implemented, backward filling was implemented instead. The resulting dataset after the implementation of missing values is a dataset with 22 parameters with no missing values.

The second step to be performed within the data pre-processing step is the Feature Selection & Engineering. Accordingly, to determine the relevant features subject to study in this analysis, both the Pearson's correlation coefficient and Spearman's rank correlation coefficient are computed. As analogous results are presented in both resulting matrices, the discussion of the correlation analysis results is provided altogether. Thus, to provide a better understanding of the results and relationships identified, the Pearson's correlation matrix is graphically represented in Figure 4.1. Overall, the dependent variable (FOC parameter) is highly correlated with the diesel generator parameters, such as the exhaust gas outlet temperature of each of the six cylinders (Pearson's correlation coefficient of 0.96) and the diesel generator power (Pearson's correlation coefficient of 0.99). By contrast, the dependent variable is not correlated with weather conditions parameters, such as the speed over ground (Pearson's correlation coefficient of 0.12) and wind speed (Pearson's correlation coefficient of -0.04). In fact, an initial study has been conducted where weather conditions non-

correlated parameters were included in the analysis. However, results outlined that including such conditions may lead to a decrease in the precision of the model. For this reason, those parameters that present a Pearson's correlation coefficient lower than 0.8 were discarded from the analysis. Thus, even though weather conditions may be critical for the adequate prediction of FOC, it was decided in this study to remove them due to interference with the prediction. Accordingly, a total of 15 parameters remains.

If these 15 parameters are further analysed, it can be observed that mainly all of them are correlated with the remaining parameters. Thus, if these correlations are not addressed, it can yield multicollinearity challenges, model instability, and redundancy addition. Accordingly, these parameters need to be processed to obtain uncorrelated predictors. For this reason, Principal Component Analysis is performed in the dimensionality reduction phase, having performed feature standardisation prior to its implementation. If the cumulative variance presented in Figure 4.2. is then analysed, it can be observed that the adequate number of components is two. Accordingly, a total of two principal components are obtained, which are represented in Figure 4.3.

From the analysis of the resulting principal components, it can be observed that there are distinct transient and idle states that need to be adequately identified and discarded. To do so, the fifth stage of the data pre-processing phase, which is the operational state identification, is implemented. Accordingly, HDBSCAN technique is applied. After heuristic evaluation, the hyperparameter *minPts* is set to 5. If Figure 4.4. is observed, it can be determined that the shape of the three main clusters is well identified. However, this identification will not avert including potential transient states

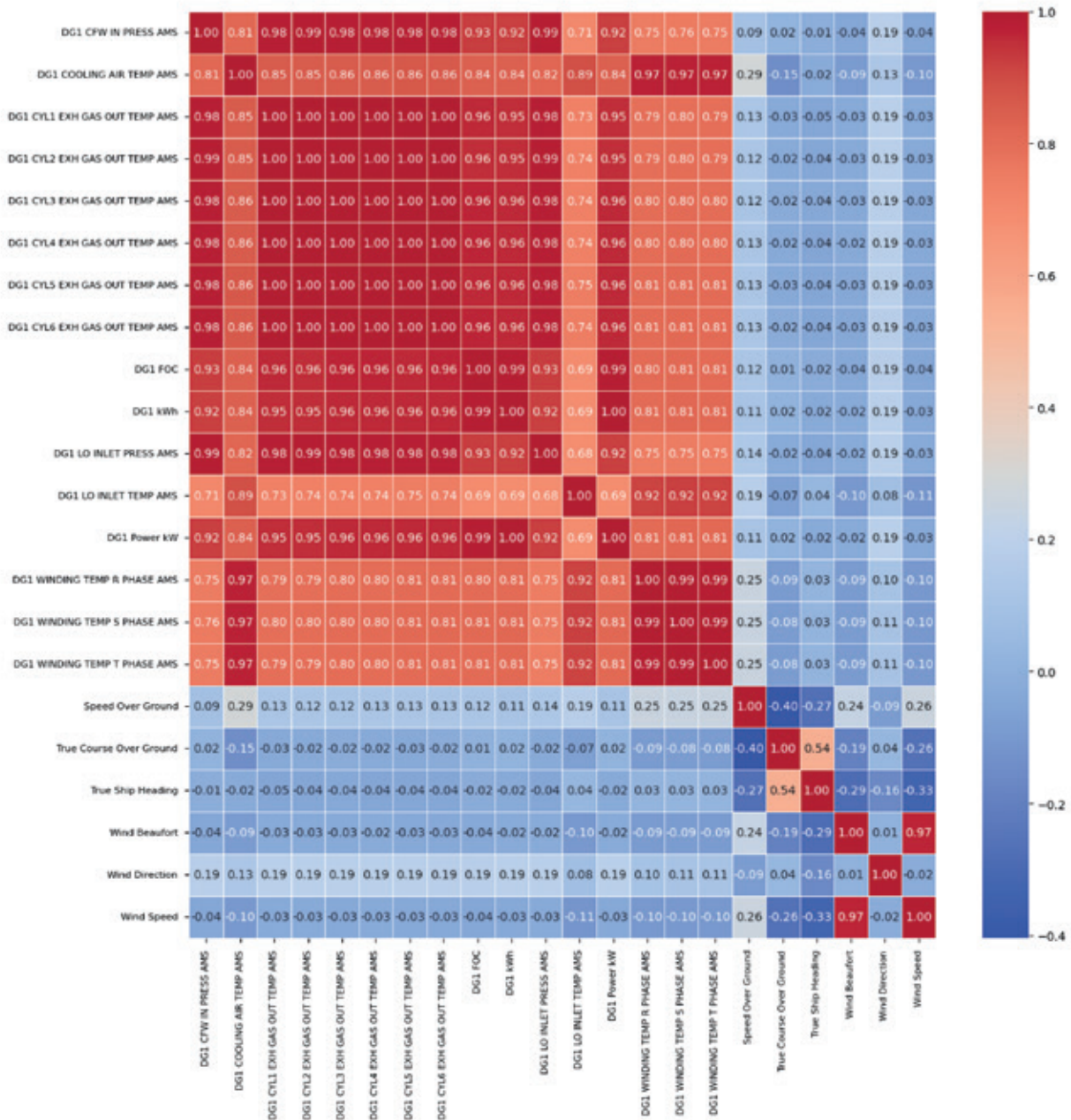


Figure 4.1. Pearson's correlation coefficient matrix.

that lie within these three clusters. For this reason, domain knowledge is also required in this task to discard the transient states that the method could not detect, thus enabling a semi-automatic operational state identification framework. Firstly, based on domain knowledge, the two left clusters were discarded from the analysis, as these related to either idle or transient states. Regarding the third and final cluster, visual inspections

were performed to discard any potential transient state that was undetected by the HDBSCAN algorithm.

Once all the identified idle and transient states were discarded, sequences could be generated for the training of the attention mechanism-based neural network. In total, 9000 sequences were generated. These resulting sequences were split into two

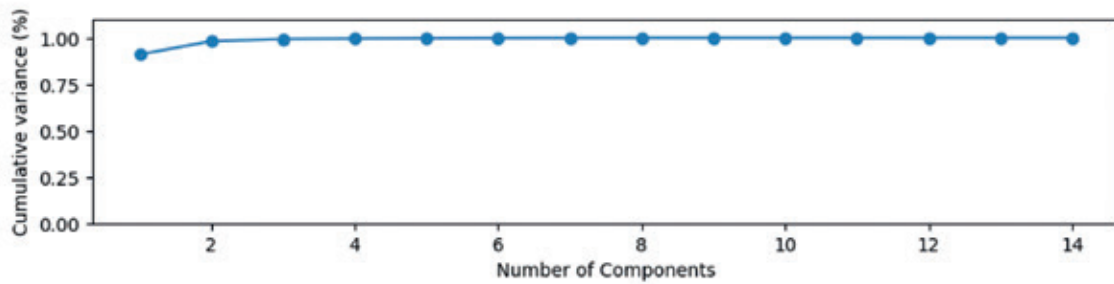


Figure 4.2. Number of components and their respective cumulative variance.

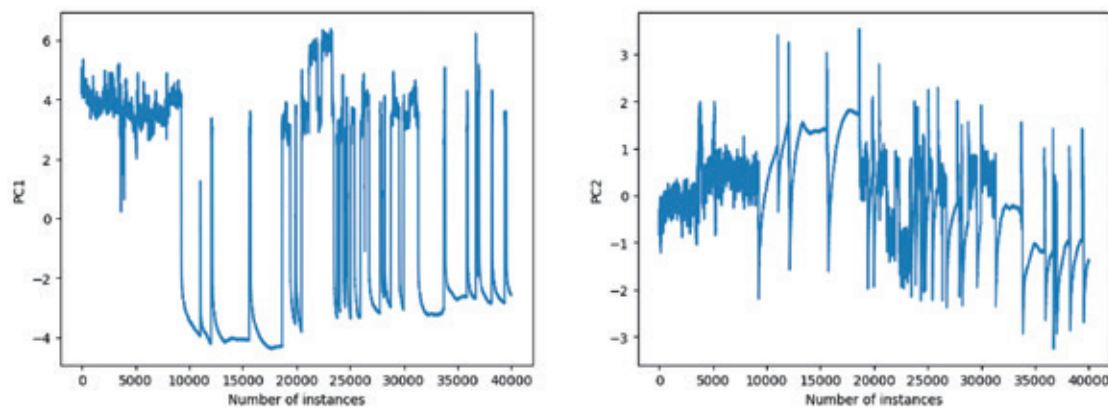


Figure 4.3. Graphical representation of the first and second principal component.

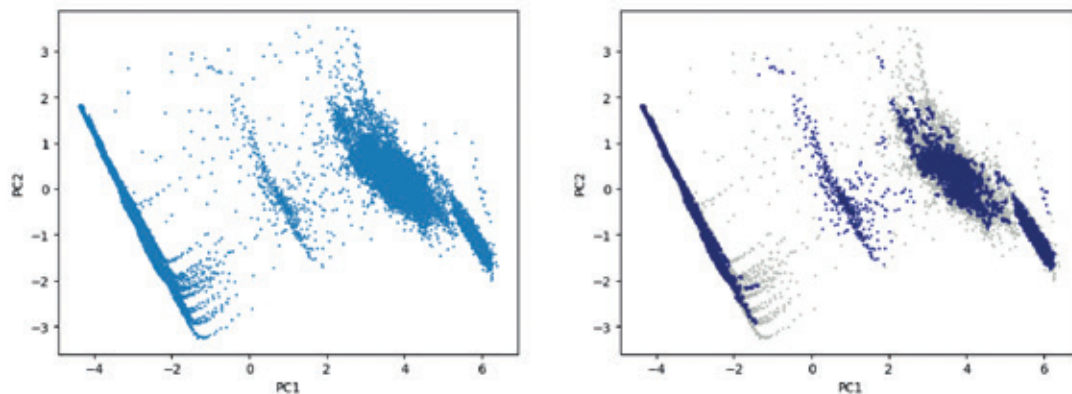


Figure 4.4. (a) Scatter plot of principal component 1 and 2 prior to the application of HDBSCAN (b) Scatter plot of principal component 1 and 2 subsequent to the application of HDBSCAN.

sets so that the generalisation capabilities of the neural network could be assessed. The 70% of all sequences refer to the training set, whereas the remaining 30% relate to the test

set. By splitting the dataset into two sets, the data pre-processing stage is finalized, and the developed neural network can then be trained. To do so, first the architecture of the

neural network and the optimization of the hyperparameters need to be determined. Consequently, hyperband optimization was applied. Of all the analysed configurations, the one indicated in Table 4.1. was the one selected for the prediction of FOC.

**Table 4.1. Configuration of the developed neural network.**

Layer Type	Output Shape
Input	None, 240, 2)
LSTM	(None, 240, 104)
Attention	(None, 240, 104)
LSTM	(None, 24)
Attention	(None, 120)
Dense	(None, 104)
Dense	(None, 104)
Dense	(None, 1)

The main results after the estimation of the evaluation metrics are presented in 4.2. As observed, promising results are obtained if, for instance, the RMSE is considered, as the models achieves a RMSE of 0.14 t/hr. However, a max error of 1.28 t/hr could be perceived. If this max error is comprehensively analysed, it can be observed that the instance relates to an anomaly in the sort-term context. Thus, this methodology could also be analysed for the detection of anomalies in short-term context in future work.

**Table 4.2. Configuration of the developed neural network.**

Evaluation Metric	Attention-based Neural Network Result
MSE	0.02
RMSE	0.14
MAE	0.07
Max. Error	1.28

It should be noted that these are initial results and further analysis needs to be conducted including a comparative study to adequately evaluate the results obtained. Moreover, self-attention has been considered through the implementation

of scaled dot product attention. However, other attention mechanisms should also be considered, such as multi-head attention. Finally, include specific ship trips should be considered to have a more accurate evaluation of the predictive capabilities of the suggested model.

## 5. Conclusions

This paper presented an attention-based neural network to analyse the potential of attention mechanisms for the prediction of fuel oil consumption. Specifically, attention mechanisms were implemented subsequent to the implementation of long short-term memory layer in an attempt to capture relevant temporal dependencies that will facilitate the adequate prediction of fuel oil consumption. To assess the precision of the developed network, a case study on a total of 26 marine machinery and weather condition parameters is introduced. Results highlight the potential that this type of neural networks have when predicting fuel oil consumption. Nevertheless, further analysis needs to be performed to advance this area of knowledge through the application of artificial intelligence. Accordingly, the analysis of other attention mechanisms and the performance of a thorough case study is expected to be performed as part of the future work.

## 6. References

- [1] [1] UNCTAD. (n.d.). Review of Maritime Transport 2023. [online] Available at: <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2023/> [Accessed 12 Mar. 2024].
- [2] Imo.org. (2023). Marine Environment Protection Committee (MEPC 80), 3-7 July 2023. [online] Available at: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MEPC-80.aspx>.
- [3] Eide, M.S., Longva, T., Hoffmann, P., Endresen, Ø. and Dalsøren, S.B. (2011). Future cost scenarios for reduction of ship CO<sub>2</sub> emissions. *Maritime Policy & Management*, 38(1), pp.11–37. doi: <https://doi.org/10.1080/03088839.2010.533711>.

- [4] Fan, A., Yang, J., Yang, L., Wu, D. and Vladimir, N. (2022). A review of ship fuel consumption models. *Ocean Engineering*, 264, p.112405. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.112405>.
- [5] Bertsimas, D., Delarue, A., Jaillet, P. and Martin, S. (2019). The Price of Interpretability. *ArXiv*. [online] Available at: <https://www.semanticscholar.org/reader/fda0f64e864ab98305c4d3ac08794c6ed019ff94> [Accessed 12 Mar. 2024].
- [6] Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A.N., Kaiser, L. and Polosukhin, I. (2017). Attention Is All You Need. [online] *arXiv.org*. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762>.
- [7] Abadi, M., Agarwal, A., Barham, P., Brevdo, E., Chen, Z., Citro, C., Corrado, G., Davis, A., Dean, J., Devin, M., Ghemawat, S., Goodfellow, I., Harp, A., Irving, G., Isard, M., Jia, Y., Jozefowicz, R., Kaiser, L., Kudlur, M. and Levenberg, J. (2015). TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems. [online] Available at: <https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/en//pubs/archive/45166.pdf>
- [8] Paszke, A., Gross, S., Soumith Chintala, Chanan, G., Yang, E., DeVito, Z., Lin, Z., Alban Desmaison, Luca Antiga and Lerer, A. (2017). Automatic differentiation in PyTorch. [online] *Openreview.net*. Available at: <https://openreview.net/forum?id=BJJsrnfCZ>.
- [9] Chollet, F., et al. (2015). Keras.
- [10] Zhang, M., Nikolaos Tsoulakos, Kujala, P. and Spyros Hirdaris (2024). A deep learning method for the prediction of ship fuel consumption in real operational conditions. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 130, pp.107425–107425. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.107425>.
- [11] Lei, L., Wen, Z. and Peng, Z. (2021). Prediction of Main Engine Speed and Fuel Consumption of Inland Ships Based on Deep Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 2025(1), p.012012. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2025/1/012012>.
- [12] Wang, H., Yan, R., Wang, S. and Zhen, L. (2023). Innovative approaches to addressing the tradeoff between interpretability and accuracy in ship fuel consumption prediction. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 157, pp.104361–104361. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2023.104361>.
- [13] Anh Tran, T. (2021). Comparative analysis on the fuel consumption prediction model for bulk carriers from ship launching to current states based on sea trial data and machine learning technique. *Journal of Ocean Engineering and Science*, 6(4), pp.317–339. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joes.2021.02.005>.
- [14] Su, M., Su, Z., Cao, S., Park, K.-S. and Bae, S.-H. (2023). Fuel Consumption Prediction and Optimization Model for Pure Car/Truck Transport Ships. *Journal of Marine Science and Engineering*, [online] 11(6), p.1231. doi: <https://doi.org/10.3390/jmse11061231>.
- [15] El Mekkaoui, S., Benabbou, L., Caron, S. and Berrado, A. (2023). Deep Learning-Based Ship Speed Prediction for Intelligent Maritime Traffic Management. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(1), p.191. doi: <https://doi.org/10.3390/jmse11010191>.
- [16] Panapakidis, I., Sourtzi, V.-M. and Dagoumas, A. (2020). Forecasting the Fuel Consumption of Passenger Ships with a Combination of Shallow and Deep Learning. *Electronics*, [online] 9(5), p.776. doi: <https://doi.org/10.3390/electronics9050776>.
- [17] Wu, Z., Wang, S., Yuan, Q., Lou, N., Qiu, S., Bo, L. and Chen, X. (2023). Application of a deep learning-based discrete weather data continuousization model in ship route optimization. *Ocean Engineering*, 285, pp.115435–115435. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.115435>.
- [18] Bui-Duy, L. and Vu-Thi-Minh, N. (2020). Utilization of a deep learning-based fuel consumption model in choosing a liner shipping route for container ships in Asia. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2020.04.003>.
- [19] Makridis G., Kyriazis D., Plitsos S., (2020). Predictive maintenance leveraging machine learning for time-series forecasting in the maritime industry. 2020 IEEE 23rd International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), pp.1-8, doi: <https://doi.org/10.1109/ITSC45102.2020.9294450>.
- [20] Velasco-Gallego C., Lazakis I., (2020). Real-time data-driven missing data imputation for short-term sensor data of marine systems. A comparative study. *Ocean Engineering* 218, pp. 1-23, doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.108261>.

## 7. Appendix A. Descriptive Statistic of the monitored parameters

Table A.1. Descriptive statistics of the monitored parameters

	DG1 CFW In Press. (bar)	DG1 Cooling Air Temp. (°C)	DG1 Cyl1 Exh. Gas Out. Temp. (°C)	DG1 Cyl2 Exh. Gas Out. Temp. (°C)	DG1 Cyl3 Exh. Gas Out. Temp. (°C)	DG1 Cyl4 Exh. Gas Out. Temp. (°C)	DG1 Cyl5 Exh. Gas Out. Temp. (°C)	DG1 Cyl6 Exh. Gas Out. Temp. (°C)	DG1 Fuel Oil Consumption (t/hr)
count	41750	41443	41439	41439	41439	41439	41439	41440	37982
mean	2.81	37.66	196.82	210.56	210.52	210.90	191.10	203.07	0.90
std	1.18	6.68	140.84	154.30	154.66	156.43	142.15	150.04	1.02
min	1.50	25.50	55.40	57.00	57.20	58.10	47.60	49.20	0.00
25%	1.70	32.50	67.30	67.30	67.00	65.70	57.90	64.30	0.00
50%	1.80	37.70	73.70	76.00	76.90	76.00	70.70	76.00	0.00
75%	4.10	43.10	348.30	375.70	375.10	378.90	343.50	360.60	1.85
max	4.50	52.60	411.70	448.50	442.30	451.30	421.10	438.70	5.82

	DG1 kWh	DG1 Lubrication Oil Inlet Press (bar)	DG1 Lubrication Oil Inlet Temp (°C)	DG1 Power (kW)	Inlet Temp. (°C)	DG1 Winding Temp R Phase (°C)	DG1 Winding Temp S Phase (°C)	DG1 Winding Temp T Phase (°C)	Speed Over Ground (m/s)
count	41487	41706	41382	41487	32387	41443	41443	41442	41336
mean	2.07	2.27	56.40	124.47	294.18	42.38	43.89	42.85	6.32
std	2.42	1.82	7.02	145.07	174.50	8.60	8.84	8.33	5.96
min	0.00	0.30	40.60	0.00	45.10	25.50	26.70	26.60	0.00
25%	0.00	0.60	50.20	0.00	82.40	36.00	37.30	36.80	0.02
50%	0.00	0.80	60.90	0.00	413.30	43.60	45.00	43.70	6.98
75%	4.16	4.20	62.10	249.87	439.60	48.70	50.30	48.90	12.51
max	9.27	5.00	68.20	555.93	510.10	67.60	68.50	67.30	15.32

	Stern Tube Aft Brg Temp (°C)	Stern Tube Fore Brg Temp (°C)	True Course Over Ground (°)	True Ship Heading (°)	Water Depth	Wind Beaufort	Wind Direction (°)	Wind Speed (m/s)
count	24258	24524	41335	41258	19344	41162	41334	41334
mean	28.55	28.99	165.10	147.72	39.51	3.61	189.16	6.80
std	4.96	4.97	88.84	72.81	90.55	2.42	120.69	5.64
min	20.00	20.00	0.00	0.00	1.70	0.00	0.00	0.00
25%	24.50	24.80	100.70	110.12	4.10	2.00	72.00	2.06
50%	27.40	28.10	164.80	148.12	9.70	4.00	218.00	6.17
75%	33.30	33.60	242.00	172.89	48.20	5.00	300.00	9.77
max	37.60	37.90	359.90	359.97	830.60	10.00	359.00	27.27



SRP



SRE



STP



SCP



SRP-R



SPJ



STT



SRT

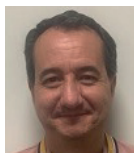
## WE KNOW WHAT MOVES VESSELS

WIRESA  
Wilmer Representaciones, S.A.  
Pinar, 6 BIS 1°  
28006 Madrid | Spain

[www.schottel.com](http://www.schottel.com)

☎ +34 91 4 11 02 85  
+34 91 5 63 06 91  
✉ [ecostoso@wiresa.com](mailto:ecostoso@wiresa.com)

# Simulación predictiva de las necesidades de suministro eléctrico (ops) en puertos



**RAÚL ATIENZA,**  
Siport21



**RAÚL REDONDO,**  
Siport21



**JOSÉ RAMÓN  
IRIBARREN,**  
Siport21



**ARTURO MEDIO,**  
Aula Siport21 - ETSIN-UPM



**LUIS ULLA,**  
Aula Siport21 - ETSIN-UPM

Trabajo presentado en el 63º Congreso de Ingeniería Naval e Industria Marítima, celebrado del 24 al 26 de abril de 2023. Tercer premio.

## ÍNDICE

### Resumen / Abstract

#### 1. Introducción

#### 2. Metodología

- 2.1. Análisis de Datos AIS
- 2.2. Potencia de los Motores Auxiliares
- 2.3. Definición de Key Performance Indicator (KPIs)
- 2.4. Creación del Modelo
- 2.5. Simulación
- 2.6. Evaluación de Escenarios

#### 3. Conclusiones

#### 4. Referencias

## RESUMEN

El desarrollo de la infraestructura portuaria requiere de datos fiables para la transición a los *smart ports*. El objetivo de la tecnología Onshore Power Supply (OPS) es conectar el buque a la red eléctrica, reduciendo así

las emisiones de CO<sub>2</sub> y los ruidos en el área portuaria. Para cumplir las órdenes gubernamentales, los puertos tienen que ser capaces de suministrar el 90% de la demanda eléctrica a buques portacontenedores, buques de pasaje y buques de carga rodada antes del 2030. Sin embargo, aún existen barreras para el desarrollo de esta tecnología, la instalación requiere de una gran inversión, la renovación de las flotas y contar con subestaciones cercanas de los puertos. Se describe una metodología desarrollada por Siport21 que utiliza un modelo matemático para la previsión del tráfico, basado en métodos estadísticos y técnicas de simulación. Como resultado, ayuda a los puertos en la toma de decisiones sobre la infraestructura requerida para la tecnología OPS. La herramienta considera las terminales del puerto y los datos del tráfico en base en la información proveniente del Automatic Identification System (AIS) para determinar la potencia demandada y se sigue el Fourth IMO Greenhouse Gas Study para el consumo de potencia de los buques.

## Abstract

Port infrastructure development projects require reliable data for the transition into smart ports. The purpose of Onshore Power Supply (OPS) is to connect the ship to the electricity grid, reducing CO<sub>2</sub> emissions and noises at port areas. In order to comply with governmental orders, ports have to be able to fulfill 90% of the electricity demand of container ships, passenger ships and ro-ro vessels by 2030. Nevertheless, there are still barriers to the development of this technology, as the installation requires a large investment, renewal of the fleets and available substations near ports. A methodology developed by Siport21 is described using a mathematical model of traffic forecast, based on statistical methods and simulation techniques. As a result, it helps ports in decision-making about the infrastructure required by the OPS technology. The tool considers the terminals of the port and traffic data based on Automatic Identification System (AIS) information to determine the power demand requirements by following the “4th IMO Greenhouse Gas Study” for ships power consumption.

## 1. Introduction

Cold Ironing u Onshore Power Supply es un nuevo desarrollo y requisito para los puertos debido a la situación actual y al marco legislativo en el transporte marítimo. El transporte marítimo se encuentra en un periodo de cambio debido a las regulaciones aplicadas por la Organización Marítima Internacional (OMI) y otras organizaciones gubernamentales relacionadas con la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. En 2021, la Unión Europea lanzó Fit For 55, un paquete de medidas con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 55% respecto a los niveles de 1990. Una de estas normativas establece que los puertos europeos deben

garantizar antes del 1 de enero de 2030, suficiente energía eléctrica en tierra para satisfacer un alto porcentaje de demanda basada en sus tráficos medios anuales de buques portacontenedores, buques de paje y buques de carga rodada.

El sistema OPS aporta numerosos beneficios (reducción de emisiones y de la huella de carbono, eliminación de ruidos y vibraciones, menor desgaste de los motores auxiliares, mayor uso de las energías renovables en el transporte marítimo, etc.). Sin embargo, todavía existen barreras para el desarrollo de esta tecnología. Las principales razones son económicas, ya que estas instalaciones requieren una gran inversión.

Siport21 ha desarrollado una metodología para definir el dimensionamiento y la optimización de las instalaciones OPS en los puertos. Se basa en métodos estadísticos y técnicas de simulación de Montecarlo, proporcionando una estimación de la demanda horaria de electricidad durante un año asociado a niveles de probabilidad. El modelo permite reproducir los movimientos de los buques en una terminal considerando sus características específicas y la infraestructura portuaria. Como primer paso, el modelo se calibra con datos AIS reales, el siguiente paso es definir la terminal portuaria en detalle. Una vez definido el modelo, se estudian diferentes escenarios para cumplir con la futura demanda de tráfico marítimo. Esta metodología ayudará a los puertos a disponer de estimaciones basadas en probabilidades y, por tanto, será esencial para la toma de decisiones, evaluando el coste-beneficio de la inversión y la potencia total a instalar.

Este trabajo muestra los resultados del análisis para un caso práctico, en el que se podrá apreciar la sensibilidad a las diferentes hipótesis y variables involucradas en el problema y, cómo un cierto crecimiento en la transformación de los buques adaptados

puede afectar a la inversión de OPS en los puertos. Se utiliza como ejemplo un puerto que tiene definida su capacidad OPS a efectos de calibración y comparación de la metodología desarrollada por Siport21.

## 2. Metodología

La metodología para abordar la demanda eléctrica de potencia en un puerto o terminal, se basa en un modelo de simulación del tráfico que permite comprender los movimientos de tráfico por terminal en el puerto y, por tanto, sus demandas eléctricas para la conexión a red eléctrica local.

Este estudio parte, por tanto, del análisis de los datos AIS, que permite una descripción cuantitativa de los movimientos de tráfico en el puerto (tipos de buques, número, tamaño y calado, escalas programadas, ocupación, etc.). Dado el enorme volumen de datos, el análisis se basa en Big Data, Data Analytics y técnicas Data Viz (algoritmos usados para identificar relaciones espacio temporales entre los diferentes tráficos y métodos de representación).

El análisis de los datos AIS permite definir la mayoría de los datos requeridos para construir con precisión el modelo de simulación del tráfico. El uso de métodos probabilísticos basados en el tiempo de atraque, la frecuencia de llegadas y los tamaños, permite un modelo de simulación predictivo para la conexión OPS.

La definición de la infraestructura portuaria es otro dato necesario para la creación del modelo. Cada terminal se asocia a un tipo de carga y tiene definida su infraestructura (longitud, calado, número de grúas, capacidad de almacenamiento, etc.).

Una vez conocida toda la información de construye el modelo que representa los mo-

vimientos en la zona portuaria. Donde el área portuaria representa el elemento estático del modelo y el movimiento de buques, la parte dinámica.

Construido el modelo, se calibra con datos AIS reales para comprobar la calidad del modelo y su parecido con la realidad que pretende representar.

Por último, se describen y cuantifican futuros escenarios. Estos escenarios representan la evolución del tráfico, así como, la evolución del puerto y su infraestructura, basado en el Master Plan del puerto, por lo que el dimensionamiento de las OPS, no es para el tráfico actual, sino para futuros tráficos.

Para seguir la metodología se presenta un caso para la estimación de la potencia demandada. Para su comparación, el ejemplo se refiere a un puerto que ya ha definido su capacidad OPS y tiene su infraestructura definida. Es importante analizar en profundidad el tipo de buques con llegada en el puerto y sus instalaciones para el cumplimiento de Fit For 55.

### 2.1. Análisis de Datos AIS

El sistema AIS permite la identificación y el seguimiento de los buques desde otros buques o estaciones costeras. El sistema se basa en un dispositivo instalado a bordo que transmite información de forma continua y automática. Permite a los buques de la zona o a las estaciones costeras identificar su posición, el estado del buque y los parámetros de movimiento. El AIS emite mensajes con un periodo variable en función del estado de navegación.

El sistema AIS se ha desarrollado bajo la supervisión de la OMI y su instalación y uso está sujeto al Convenio SOLAS (Seguridad de la Vida Humana en la Mar), obligatorio desde

el 31 de diciembre de 2004. Los buques obligados a incorporar estos dispositivos son:

- Todos los buques en viajes internacionales con un arqueo bruto (GT) superior o igual a 300.
- Todos los buques en viajes no internacionales con un arqueo bruto (GT) superior o igual a 500.
- Todos los buques de pasaje independientemente de su tamaño.

Una vez comprobada la calidad y fiabilidad de los datos AIS, se analizan diferentes variables para conocer el comportamiento de los buques en puerto. Estos datos se utilizarán como datos de entrada en el modelo de simulación.

El principal caso de estudio es el análisis de los buques atracados con algunas de las variables de estudio que se enumeran a continuación. Los buques objetivo son buques portacontenedores, buques de pasaje y buques de carga rodada.

- Tipo y tamaño de los buques en función de la carga que acceden a cada terminal.
- Niveles de ocupación de la terminal.
- Tiempo de Atraque.

El resultado del análisis de los datos AIS puede recogerse en una amplia variedad de gráficos en función de la finalidad del análisis. Conviene definir una serie de KPIs (Key Performance Indicators) para facilitar la toma

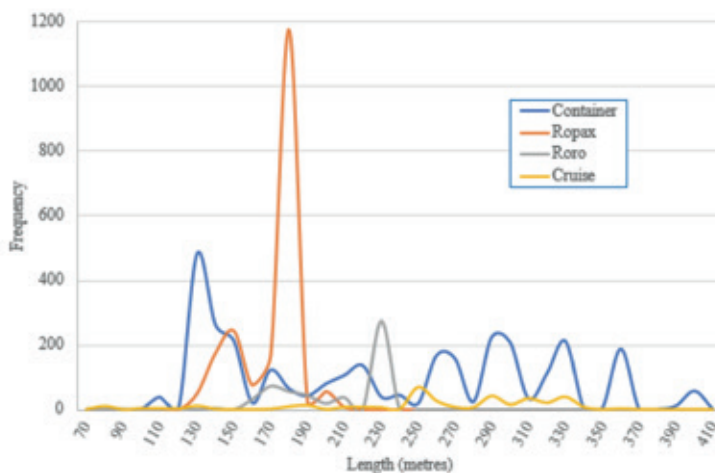


Figura 2.1.1. Tamaño del buque en función de la carga.  
Fuente: Siport21

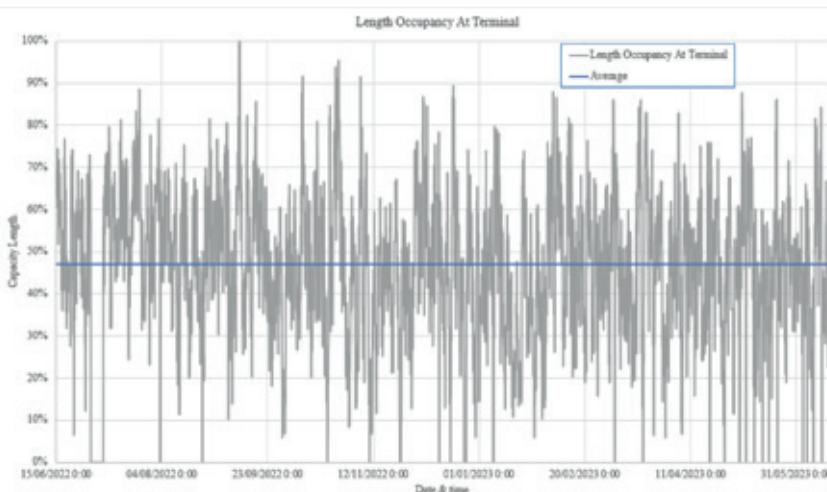
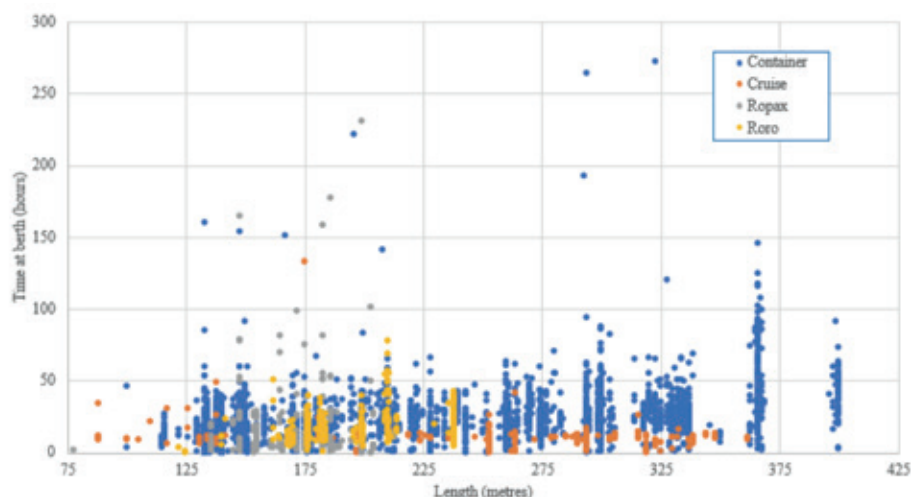


Figura 2.1.2. Nivel de ocupación de una terminal. Fuente: Siport21



**Figura 2.1.3.**  
Tiempo de atraque  
en función de la  
carga y el tamaño.  
Fuente: Siport21

de decisiones y la comprensión de los resultados del modelo.

Para el caso particular de la definición del sistema OPS, los datos AIS se utilizan para la introducción de los datos de entrada y las estadísticas de la parte dinámica del modelo a construir. Donde los datos de los buques (tamaño, calado, frecuencia y tiempo de atraque) son clave para entender la demanda de potencia de cada buque individualmente y, por tanto, de la zona portuaria.

## 2.2. Potencia de los Motores Auxiliares

A partir de los datos AIS y con una base de datos fiable, se obtiene una serie de valores de potencia demandada. Siguiendo el Fourth IMO Greenhouse Gas Study, el modelo permite obtener la potencia auxiliar demandada en función del tipo de buque y su capacidad (Metros Cúbicos para metaneros, Twenty-Foot Equivalent Unit para portacontenedores, Arqueo Bruto para buques de pasaje y Peso Muerto para el resto). Existen diferentes rangos de potencia en función del modo de operación. En este caso de estudio, los buques están atracados.

Durante su estancia en el muelle, los buques utilizan sus motores auxiliares en lugar de sus motores principales para suministrar la

electricidad demandada por los equipos. Los motores auxiliares también se utilizan durante la carga/descarga de la mercancía. Cuando el buque se conecta a la red local y a OPS, la potencia demandada será la que este siendo proporcionada por los motores auxiliares.

Según Fourth IMO Greenhouse Gas Study, la Potencia de los motores auxiliares y de las calderas siguen un árbol de decisión basado en la potencia instalada de los motores principales:

- Cuando la potencia del motor principal está entre 0 y 150 kW, el motor auxiliar y la caldera se ponen a cero.
- Cuando la potencia del motor principal está entre 150 y 500 kW, el motor auxiliar se ajusta al 5% de la potencia instalada del motor principal, mientras que la potencia de la caldera se basa en tablas.
- Cuando la potencia del motor principal es superior a 500 kW, los valores de potencia del motor auxiliar y de la caldera siguen una tabla.

Siguiendo estas pautas y con la información obtenida de los datos AIS, se muestra en la Figura 2.2.1 un ejemplo de la potencia demandada para un periodo de un año en una terminal específica.

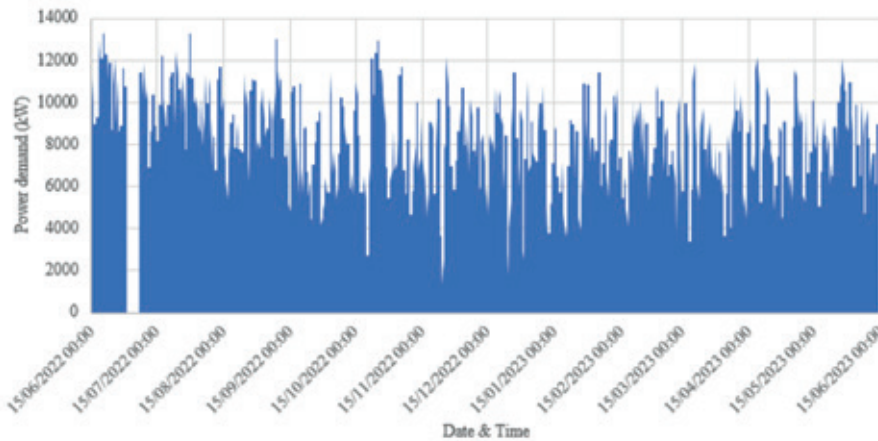


Figura 2.2.1. Potencia demandada por buques portacontenedores en un año.  
Fuente: Siport21

### 2.3. Definición de Key Performance Indicators (KPIs)

Para facilitar la toma de decisiones, se comparan una serie de indicadores que permitirán comparar distintos escenarios futuros con la situación actual.

Los KPIs deben estar alineados con los objetivos y las particularidades del proyecto. Además, los mismos indicadores servirán para el proceso de calibración del modelo.

En este estudio los indicadores son los referidos al uso de los terminales relacionados con la eficiencia del puerto. Existen otros indicadores como el número de buques adaptados.

A continuación, se enumeran algunos ejemplos:

- Relacionado con el uso de las terminales: el tiempo que los buques permanecen atracados y el intervalo de tiempo entre llegadas son indicadores importantes. Estos KPIs, relacionados con la ocupación de los buques en el muelle, proporcionan información sobre la capacidad y eficiencia de las terminales.

La Figura 2.3.2, combinada con la figura anterior, permite hacerse una idea del tráfico en el puerto a introducir en el modelo.

- Relacionado con la potencia demandada: depende del buque. Es un indicador muy importante para la toma de decisiones sobre las subestaciones del puerto.
- Relacionado con los ingresos económicos: conocido el tiempo de estancias, la tarifa eléctrica y añadiendo el manejo de la tecnología por los operarios, se pueden estimar los ingresos económicos.

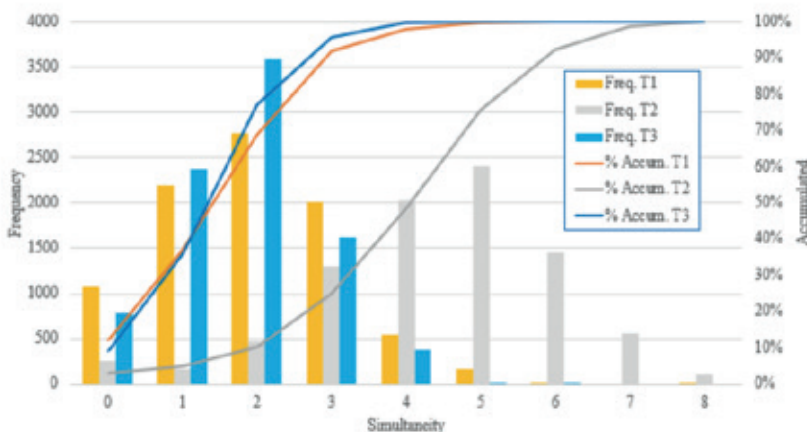


Figura 2.3.1. Simultaneidad en las terminales de contenedores en un año.  
Fuente: Siport21

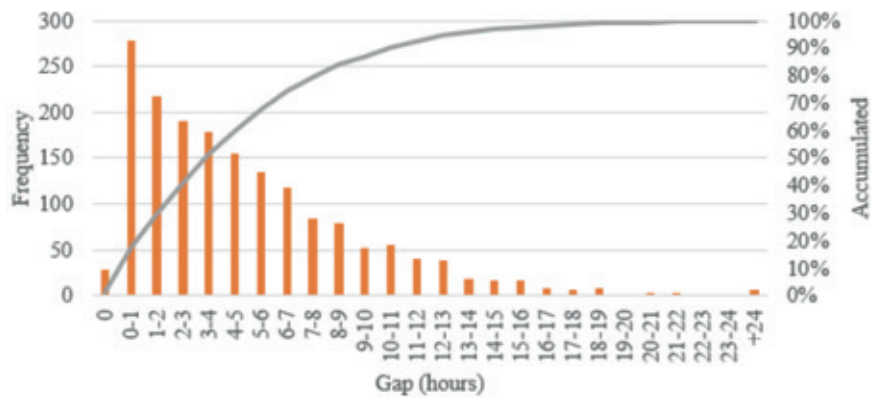


Figura 2.3.2.  
Intervalo entre  
llegadas a la  
terminal de conte-  
nedores en un año.  
Fuente: Siport21

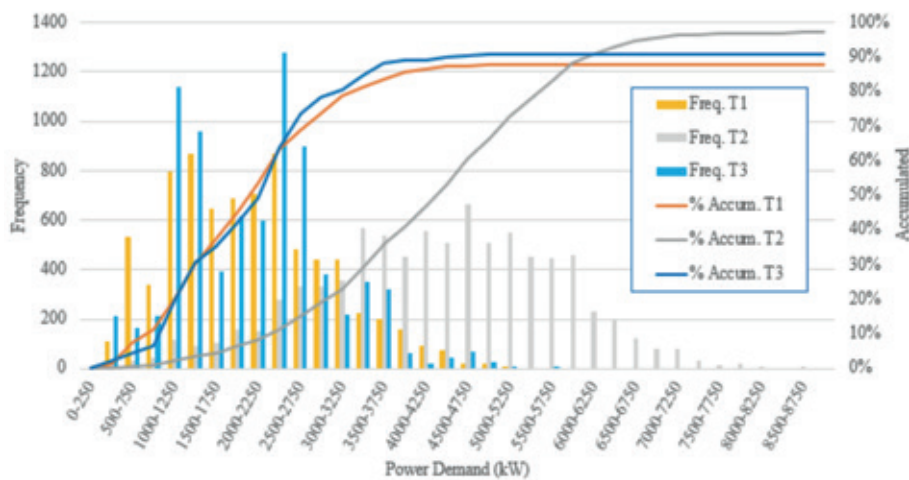


Figura 2.3.3.  
Potencia deman-  
dada en las termi-  
nales de contene-  
dores en un año.  
Fuente: Siport21

- Relacionado con la eficiencia de la tecnología OPS: menor desgaste de los motores auxiliares, reducción de las emisiones y de la huella de carbono, eliminación de ruidos y vibraciones.

## 2.4. Creación del Modelo

La construcción del modelo consiste en definir los elementos que intervienen en la conexión con la tecnología OPS a los buques en el puerto. El modelo consiste en distribuciones probabilísticas basada en datos AIS reales para la creación de datos aleatorios cercanos a la realidad.

La lista de elementos es la siguiente:

- Buques: para este caso de estudio, el modelo necesita la eslora y el calado del buque

para crear una secuencia aleatoria de llegadas al muelle, así como, un tiempo de estancia lo más cercano posible a la realidad. La potencia demandada está vinculada al tamaño y al tipo del buque. El número de buques generado depende de los intervalos entre llegadas definidos por los KPI.

- Zona portuaria y terminales: áreas donde los buques permanecen por un tiempo determinado en función de las operaciones de carga/descarga o repostaje, antes de iniciar la maniobra de salida. Las terminales están limitadas por su longitud y su calado, un número máximo de buques puede estar en la terminal debido a estas limitaciones. Debe de tenerse en cuenta la distancia mínima de seguridad entre dos buques atracados contiguos. Las terminales son los puntos donde se realizan las mediciones de la potencia estimada y, la definición de

la capacidad eléctrica de las subestaciones para la conexión OPS.

- Otros: fenómenos como el viento, mareas, nieblas, ... que puedan representar el clima local han de tenerse en cuenta.

## 2.5. Simulación

Una vez definidos los elementos del modelo, el proceso de simulación comienza generando un buque al azar y creando nuevos buques con un intervalo entre llegadas al puerto definido por las distribuciones estadísticas basadas en los datos AIS. Tras la generación de cada buque, se realiza una breve simulación para recrear la navegación por el canal de entrada en función de la velocidad del buque y de las restricciones definidas. A continuación, una serie de preguntas se plantean en el siguiente orden:

- Terminal en función de la carga del buque: en función de la carga y del tamaño del buque, se le asigna una terminal con la infraestructura adecuada. El buque atravesará el canal de navegación perteneciente a la terminal.
- Terminal en función del calado: las terminales tienen un calado determinado. El buque debe tener un calado menor al de la terminal.
- Terminal en función de la ocupación (longitud y potencia): en función del tamaño del buque, hay que tener en cuenta el nivel de ocupación, las terminales tienen una longitud determinada. La longitud total se reduce debido a la distancia mínima de seguridad entre buques atracados contiguos. En cuanto a la conexión OPS, cada terminal tiene una capacidad definida para cumplir con el 90% de demanda de acuerdo con las órdenes gubernamentales.
- Muelles disponibles: la terminal puede distribuirse en diferentes muelles. Las mismas preguntas de ocupación se hacen en el acceso a los muelles. En casi de que los mue-

lles estén llenos, los buques se dirigen al fondeadero antes de llegar a puerto.

Se pueden considerar otras restricciones, donde en caso de no cumplir con ellas, los buques se dirigen al fondeadero hasta que las condiciones vuelvan a la normalidad o haya algún muelle disponible.

Esta serie de preguntas se formulan a cada buque creado en el modelo antes de acceder al puerto. Una vez que el buque haya finalizado su estancia, el buque espeta en su muelle hasta que el canal de salida esté despejado antes de abandonar el puerto.

Una vez construido el proceso, se lleva a cabo la calibración ejecutando el modelo en un proceso iterativo de simulación (análisis de resultados) hasta alcanzar resultados próximos a la realidad. El proceso de calibración se realiza siempre a partir de un escenario real del que se disponga información sobre el comportamiento de los buques atracados con un nivel de detalle y precisión adecuados.

El nivel de detalle necesario para obtener resultados fiables se basa en un adecuado análisis de los datos AIS. Sin embargo, hay cierta información que no puede extraerse de su análisis, como el calado real o las causas de espera del buque.

## 2.6. Evaluación de Escenarios

En general, los nuevos escenarios de interés serán aquellos que tenga un impacto en el tráfico actual. Entre ellos cabe citar un aumento del volumen de tráfico, una nueva demanda de tráfico que requiere cambios en la infraestructura portuaria (nuevas terminales), nuevas regulaciones (distancia mínima de seguridad entre buques, cruces en el canal, bunkering, etc.), buques de mayor tamaño o capacidad con una nueva demanda de potencia eléctrica, tecnologías que

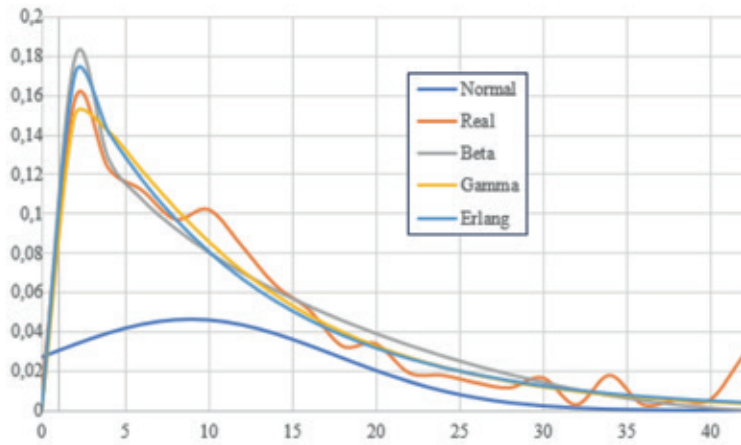


Figura 2.6.1. Búsqueda de la distribución de ajuste.  
Fuente: Siport21

Figura 2.6.1. Búsqueda de la distribución de ajuste. Fuente: Siport21

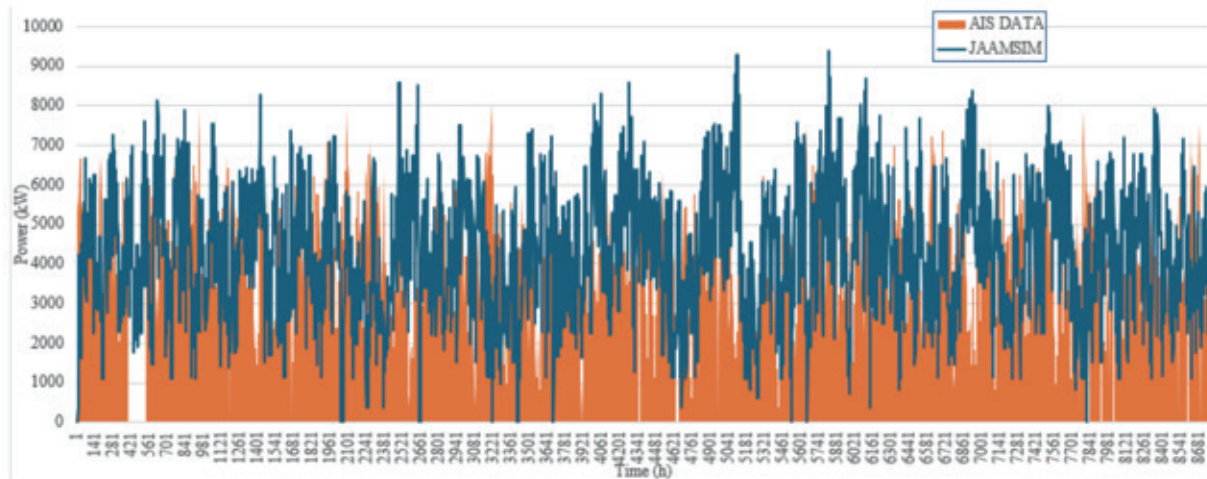


Figura 2.6.1. Previsión de la demanda eléctrica en terminal de contenedores. Fuente: Siport21

reduzcan el tiempo de estancias de los buques, etc.

Una vez construido y calibrado el modelo, los resultados se comparan con los datos AIS. Los resultados de la simulación se comparan con los KPIs previamente definidos de los escenarios alternativos. En la fase de construcción del modelo, es posible adaptar el modelo a una previsión de tráfico añadiendo algunos cambios en el comportamiento del tráfico mediante la adición de nuevas variables y correlaciones.

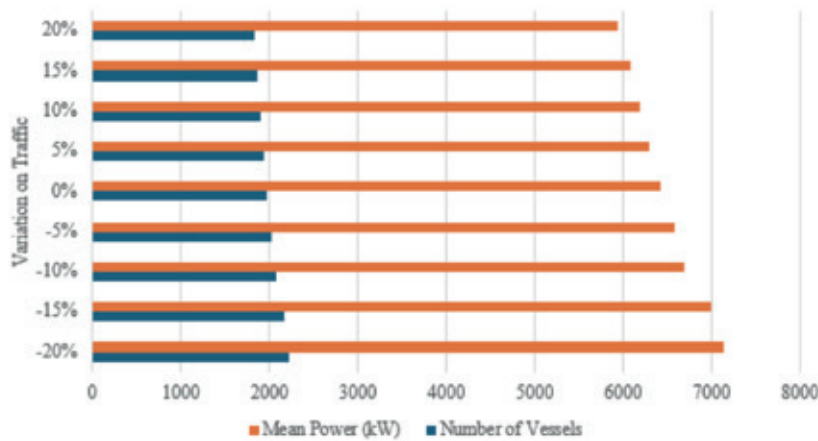
Para encontrar el mejor ajuste, cada KPI se compara con datos reales utilizando dife-

rentes distribuciones como una gaussiana, beta, gamma y Erlang, con el propósito de minimizar el error cuadrático. La función de densidad se usa para comparar, ya que es más visual que la función de distribución. En la Figura 2.6.1 se muestra un ejemplo para el ajuste del intervalo entre llegadas al muelle.

El volumen de tráfico para los escenarios futuros se define mediante los estudios de previsión del tráfico. Los datos históricos del tráfico portuario, nuevas infraestructuras, nuevas normativas, tendencias de tráfico de navieras y otros aspectos deben de tenerse en cuenta para definir nuevas variables que permitan calibrar el modelo.

**Tabla 2.6.1. Potencia demandada prevista para cumplir diferentes demandas en kW.**  
Fuente: Siport21

Entorno	Potencia Media	Desviación	99%	95%	90%	85%
Puerto	4109	1553	7720	6662	6098	5718
Simulación	4317	1635	8120	7006	6412	6011



**Figura 2.6.2.**  
Repercusiones en el tráfico portuario de variaciones del volumen de tráfico.  
Fuente: Siport21

El objetivo es lograr el mejor ajuste, lo que obliga a analizar distintos escenarios para comprobar que la simulación se adapta a los KPI y a las previsiones de tráfico.

En la Figura 2.6.2 se muestra la predicción de tráfico que propone la herramienta basándose en datos históricos para un periodo de un año.

Para cumplir con las órdenes gubernamentales, los puertos tienen que ser capaces de satisfacer el 90% de la demanda eléctrica de buques portacontenedores, buques de pasaje y buques de carga rodada. Utilizando el valor medio para un periodo de un año y la desviación estándar de los valores obtenidos, la herramienta puede predecir la capacidad OPS para cubrir diferentes porcentajes de demanda y cumplir con Fit For 55.

La siguiente tabla muestra la potencia a instalar para la conexión OPS en función del porcentaje de demanda que el puerto quiere cubrir. Es posible tener más de un punto de conexión.

El análisis de varios volúmenes de tráfico permite determinar la capacidad de un determinado escenario del puerto, como el número máximo de buques que pueden acceder al sistema. El objetivo de este estudio es estimar la potencia demandada por los buques para estimar la capacidad OPS y de la subestación cercana que cubrirá esta demanda de potencia.

A partir de una evaluación preliminar del volumen de tráfico por tipo y tamaño de buque, es posible estimar la futura demanda de potencia que deberá cubrir la subestación en función del futuro número de acceso y se podrán conocer las consecuencias sobre el tráfico portuario.

Por último, la combinación de los resultados de los KPI permite tomar decisiones sobre la potencia necesaria para cubrir la demanda y la subestación. Los datos de las colas generadas para cumplir la demanda son un indicador de la congestión del puerto y pueden tomarse otras decisiones sobre la infraestructura portuaria o el porcentaje que se desea cubrir.

### 3. Conclusiones

En este trabajo se presenta una metodología para evaluar la demanda eléctrica de los puertos y, a partir de los resultados, determinar qué requisitos debe tener en cuenta el puerto y qué porcentaje de la demanda energética puede satisfacer. Dado que el diseño para picos de demanda dará lugar a sobreinversiones y sistemas sobre diseñados, que solo se utilizarán unos pocos días al año, es más recomendable diseñar e invertir para un cumplimiento menor la demanda energética, entendiendo que, en algunos casos, los buques podrían tener que esperar debido a la no disponibilidad de conexión OPS por las limitaciones de red.

### 6. References

- [1] European Maritime Safety Agency (2022). Shore-Side Electricity: Guidance to Port Authorities and Administrations. Part 1: Equipment and Technology. Lisbon.
- [2] European Maritime Safety Agency (2022). Shore-Side Electricity: Guidance to Port Authorities and Administrations. Part 2: Plannings, Operation and Safety. Lisbon.
- [3] International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (December 2008). Establishment of AIS as an Aid to Navigation. Guideline 1062
- [4] International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (December 2008). Establishment of AIS as an Aid to Navigation. Guideline 1050
- [5] International Maritime Organization (2020). Fourth IMO Greenhouse Gas Study. London.
- [6] International Maritime Organization (2014). Third IMO Greenhouse Gas Study. London.
- [7] Puertos del Estado (2021). OPS Master Plan for Spanish Ports. España.
- [8] Alzate, W. A. & Salazar, E. J. Simulación Monte Carlo: Análisis de una Herramienta para la Proyección del Estado de Resultados, Un estudio de Caso.
- [9] Starcrest Consulting Group (2021). Port of Los Angeles Inventory of Air Emissions. Los Angeles.
- [10] Moreno-Gutiérrez, J. (2015). Methodologies for Estimating Shipping Emissions and Energy Consumptions: A Comparative of Current Methods.
- [11] Tortosa, E. & Rebollo, J. F. (2010). La Red AIS Portuaria. La Tecnología AIS Aplicada a la Explotación Portuaria y a las Ayudas a la Navegación. Puertos N.º 158, 9-21.
- [12] Trozzi, C. (2010). Emission Estimate Technology for Maritime Navigation. US EPA 19th International Emission Inventory Conference

# Zamakona entrega el atunero cerquero Adamas



Recientemente, Astilleros Zamakona Pasaia entregó el segundo atunero cerquero a la empresa pesquera omaní Al Wusta Fisheries Industries LLC (AWFI), filial de la empresa estatal Fisheries Development Oman. Se trata del gemelo del Acila, entregado el año pasado.

Recordemos que en el diseño de estos buques, que ha corrido a cargo de Cintrana, se ha puesto mucho interés en la calidad de los materiales y acabados, en la mejora de la eficiencia, consumo y velocidad y un sistema de frío ajustado a la demanda del armador.

Está equipado con varias líneas de procesamiento de pescado con refrigeración de  $-20^{\circ}\text{C}$  y túneles de ultracongelación de atún en seco a  $-60^{\circ}\text{C}$ . Los dos pocillos delanteros están preparados para almacenamiento a  $-55^{\circ}\text{C}$ .

## Características principales:

Eslora	84,70 m
Manga	14 m
GT	2.480 t
Capacidad	1.800 m <sup>3</sup>
Velocidad	16 nudos

Está propulsado por un motor Wärtsilä 8L32, con una potencia de 4.640 kW, con una hélice de paso controlable Reintjes-Berg. Las hélices transversales han sido suministradas por Schottel (300 kW). La energía eléctrica es proporcionada por el generador de eje Nidec-Leroy Sommer de 2250 kVA, además cada embarcación tiene un par de motores GuascorEnergy SF480TA-SG de 1250 kVA.

Adamas está equipado para desplegar una red de cerco de 2.100 metros con una

profundidad de 280 m, con una instalación de maquinaria hidráulica de cubierta.

Se proporciona alojamiento a bordo para una tripulación de hasta 43 personas en tres camarotes tipo suite, ocho camarotes individuales con baño privado, cuatro camarotes individuales básicos con dos literas y baño compartido, además de una enfermería. Los camarotes, la cocina, los comedores y otros espacios para la tripulación tienen aire acondicionado. La distribución también in-

cluye una habitación segura, a la que se puede acceder a través de la sala de oración y de la forma más discreta posible.

El proyecto para desarrollar la pesca de atún con los nuevos buques de cerco es parte del plan estratégico Visión 2040 del Ministerio de Pesca de Omán para desarrollar el sector pesquero en su conjunto, con el objetivo de aumentar la producción pesquera para abastecer tanto el mercado interno como el de exportación.

## Freire Shipyard construye el nuevo barco de Greenpeace



En la foto el *Esperanza*, que fue retirado del servicio en 2022 y desguazado por DDR Vessels XXI.

Greenpeace Internacional anunció, a primeros del mes de junio, que astilleros Freire (Vigo) será quien construye el nuevo buque de su flota. El astillero gallego ha superado el extenso proceso de licitación “debido a su capacidad para construir este nuevo buque con los más altos estándares ambientales, de sostenibilidad y de derechos humanos”.

Cuando esté terminado, el nuevo buque representará la vanguardia de la construcción naval ecológicamente responsable y demostrará que es posible ampliar la capa-

cidad marítima y al mismo tiempo reducir drásticamente la huella de carbono. Será un velero de 75 m de eslora y más de 2.000 m<sup>2</sup> de superficie vélica. A bordo se instalarán paquetes de baterías y paneles solares.

Cuando empiece la construcción del barco, la organización iniciará una campaña de recaudación de fondos para poder financiar lo que será una plataforma única y poderosa para campañas por el medioambiente y la paz. Esperan que el nuevo velero comience a navegar en 2027.

# Rodman ultima la entrega del nuevo catamarán de Fred Olsen Express



El pasado mes de mayo, armador y astillero celebraron el amadrinamiento del Buganvilla Express. Tras las pruebas de calidad y de mar, un mes después, está prevista su entrega. Comenzará a dar servicio entre las islas de Fuerteventura y Lanzarote.

El acto de botadura y amadrinamiento tuvo lugar en las instalaciones de Rodman Polyships de Meira, Pontevedra.

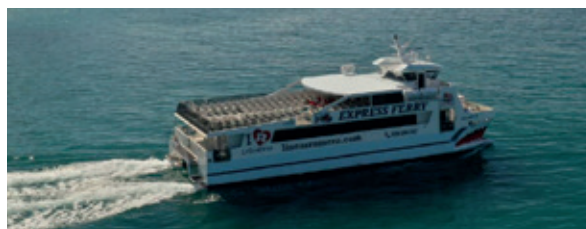
El evento reunió al director general de Fred. Olsen S.A., Andrés Marín; el director de flota de Fred. Olsen Express, Juan Ignacio Liaño; el jefe del departamento técnico, Iván Fernández, el jefe de servicios a bordo de la naviera, Erik Lehmann, el jefe de seguridad marítima, Mario Torres, el inspector de buques, Miguel Martín y el capitán, Juan Jesús Marrero. Por parte del astillero acudieron su presidente, Manuel Rodríguez; el vicepresidente y CEO, Oscar Rodríguez; la directora de expansión internacional, Silvia Rodríguez; el director técnico, Raimundo Tapia; el director comer-

## Características principales:

Modelo	Rodman 80
Eslora total	26,20 m
Manga	9,80 m
Puntal	3,40 m
Calado máxima carga	1,57 m
Capacidad combustible	4 x 4.000 l
Potencia	2 x 1081 kW @ 2.300 rpm Max.
Velocidad	20 nudos
Capacidad agua dulce	2 x 400 l
Número de pasajeros	250 pasajeros

cial, Gonzalo Torres; el director de producción, Ricardo Rodríguez y la directora de marketing, María Herrero. Asimismo, asistieron altos cargos de la Dirección General de Marina Mercante y de las Capitanías Marítimas de Vigo y A Coruña, en concreto, el subdirector general de la Dirección General de la Marina Mercante, José Cebrián; el capitán marítimo de Vigo, Manuel Ángel García y el capitán marítimo de A Coruña, Gonzalo Guillén.

# Gondán construirá un nuevo catamarán para Líneas Romero



Gondan Shipbuilders ha firmado un nuevo contrato con Líneas Romero para la construcción de un moderno catamarán de pasaje. Este nuevo buque, con una eslora total de 31,1 metros y una manga de 10,5 metros, estará equipado con dos motores de 1.400 cv, permitiéndole alcanzar una velocidad de 20 nudos. Con un calado de 1,55 metros y un peso en rosca de 95 toneladas, se diseñará con los más altos estándares de calidad y eficiencia. Nos llena de orgullo que Líneas Romero haya elegido una vez más a Gondan, reafirmando una relación fructífera que ha dado lugar a exitosos proyectos como *Don Juan R* y *Alexandro R*. Este nuevo

proyecto no solo refuerza la apuesta del armador por renovar su flota y abrir nuevas rutas, sino que también destaca nuestro compromiso continuo con la innovación y la excelencia en la construcción naval. El nuevo catamarán, construido en la División de Fibra del astillero, ofrecerá una capacidad y un confort excepcionales para los pasajeros, asegurando una experiencia de viaje superior. Estamos entusiasmados de embarcarnos en este proyecto y de seguir fortaleciendo nuestra colaboración con Líneas Romero, un armador que comparte nuestra visión de excelencia y sostenibilidad en el sector marítimo.

 **grupo emenasa**



Ingeniería



Fabricación



Instalación,  
mantenimiento y  
reparación



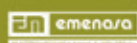
Distribución  
y SAT

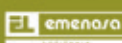
**Soluciones personalizadas**  
**+30 países nos avalan**

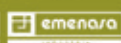


[www.grupoemenasa.com](http://www.grupoemenasa.com)

**La fuerza de un grupo**

 **emenasa**

 **emenasa**

 **emenasa**

 **ena-radio**

 **garcía cortar**

 **nuñez vigo**

 **progener**

 **mecanasa**

 **main solutions**

 **vicusdt**

 **hga**

 **BALINO**

 **FUNDISA**

# El contrato para la prestación del servicio de seguridad a bordo de buques mercantes



Luis Giménez, Abogado en  
Penningtons Manches LLP

EN PROFUNDIDAD

La navegación mercante es una actividad que entraña multitud de peligros. Posiblemente, la piratería sea el más conocido por el gran público, debido a la notoriedad que tiene este fenómeno especialmente en aguas del Océano Índico, más en concreto en aguas de Somalia, en el denominado Cuerno de África y, en los últimos meses, por los ataques de los hutíes contra la flota que transita por esas aguas. Como estamos viendo últimamente, los buques mercantes también se ven amenazados por el terrorismo o los conflictos regionales, así como por otras

amenazas como el narcotráfico, la pesca ilegal o el tráfico de bienes ilícitos.

Esto hace que navegar por ciertas áreas del mundo sea una actividad de alto riesgo, lo que necesariamente implica un alza en el precio de los fletes y las primas de seguro. Para tratar de mitigar estos riesgos, la Comunidad Internacional ha lanzado varias iniciativas como la operación Atalanta. Esta surge como una iniciativa de la Unión Europea para dotar de mayor seguridad a la navegación en las aguas del mar Rojo, estrecho



de Bab El Mandeb y el noroeste del Océano Índico, así como prevenir delitos, tales como la piratería o los tráfico ilícitos.

Por su parte, el sector marítimo también ha reaccionado ante esta situación, mediante el empleo de personal de seguridad a bordo de los buques, su función es clara; consiste en disuadir a posibles agresores de atacar al buque, o de repeler la agresión en caso de que ni la disuasión, ni otros sistemas de protección del buque (SSAS, cañones de agua, alambre de espino o electrificado, sistemas acústicos etc...) hayan funcionado.

Sin embargo, el uso de tipo de personal presenta gran controversia, y ha revelado además una importante carencia regulatoria a nivel internacional. Así como en otros ámbitos de la navegación existen convenios que regulan diversas actividades relacionadas con la mar, como puede ser el salvamento (Convenio SAR), el transporte (Reglas de la Haya-Visby) o la formación de las tripulaciones (Convenio SCTW) etc..., no existe hoy en día un convenio que pueda regular la presencia de personal de seguridad a bordo de los buques mercantes.

En ausencia de instrumentos legales de ámbito internacional que permitan dotar de la necesaria seguridad jurídica a esta actividad, las Circulares emanadas de la Organización Marítima Internacional (OMI) suponen una guía fundamental para que este tipo de servicios se puedan desarrollar con unas mínimas garantías.

Por parte del sector de la seguridad también han surgido algunas iniciativas de autorregulación como, por ejemplo, el International Code of Conduct for Private Security Service Providers, en el que las compañías de seguridad adheridas al mismo se comprometen a seguir las normas de conducta y los parámetros señalados en este código. Si bien no se

trata de un documento específico del ámbito marítimo, sí permite sentar unas pautas comunes de actuación para este tipo de empresas. Junto con estas regulaciones existe también la norma ISO 28007, que es un estándar específico para empresas que prestan servicios de seguridad a bordo de buques.

Frente a este vacío, el sector marítimo también ha reaccionado, y como ocurre en muchos otros ámbitos relacionados con la mar, se ha recurrido al denominado “derecho de formularios” para tratar de encauzar legalmente esta cuestión. En este caso podríamos citar el contrato tipo “GUARDCON” emitido por el Baltic and International Maritime Council (BIMCO), institución célebre por, entre otras cosas, haber creado multitud de formularios de contratos para diversas actividades marítimas (construcción, gestión naval etc...).

Este contrato establece una serie de reglas generales entre el armador/fletador, y la empresa prestataria del servicio de seguridad. No obstante, debido a la delicada naturaleza de este servicio, el GUARDCON (a falta de convenio internacional) deja muchos aspectos a la regulación nacional de cada país, en especial en todo lo relativo a la tenencia, porte y uso de armas de fuego.

Un ejemplo de esto es la cláusula 6 (b) i) 1, 3, y en donde el prestador se obliga a proporcionar personal de seguridad que cumpla con todos los requisitos del estado de bandera del buque para portar armas de fuego, y que haya tenido experiencia previa en las Fuerzas Armadas o en Cuerpos y Fuerzas de Seguridad. Otro ejemplo se encuentra en cláusula 6 (c) iii), en el que la empresa de seguridad se compromete a aportar todo el material de protección necesario cumpliendo de nuevo con los requisitos del estado de bandera. El personal de seguridad además deberá velar porque ningún miembro de la

tripulación tenga acceso a armas de fuego u otro material de protección.

Por su parte, el GUARDCON también establece obligaciones para los armadores, ya que en la cláusula 10 a), éstos se comprometen a obtener todos los permisos y licencias necesarios del estado del pabellón del buque que permitan embarcar al personal de seguridad.

Ahondando más en la cuestión, este contrato dispone de varios anexos, los que se incluye, por ejemplo, un inventario del equipo que se va a embarcar o un pliego con reglas para el uso de la fuerza en caso de que fuera necesaria, de acuerdo con las Circulares de la OMI que abordan esta materia. En España la Ley de Navegación Marítima no incluye este tipo de contrato dentro de su articulado como una figura autónoma, por lo que debemos aplicar la analogía y acudir a la figura legal más cercana que sería el contrato de seguridad privada.

A raíz de varios sucesos relacionados con la piratería, y que afectaron a intereses marítimos españoles, en concreto el secuestro del pesquero Alakrana en 2009, la legislación ha ido evolucionando para permitir el embarque de personal de seguridad en buques mercantes. La última de estas reformas se dio en el año 2022 mediante el Real Decreto-ley 14/2022, que modifica el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y Marina Mercante, incluyendo una disposición adicional trigésimo-sexta.

Esta disposición adicional autoriza a los armadores de buques con pabellón nacional a contratar el servicio de seguridad privada a bordo, siempre y cuando se cumplan los requisitos de la Ley de Seguridad Privada. Se establecen otros dos requisitos que son:

- Los armadores podrán contratar el servicio con empresas domiciliadas en estados

miembros de la Unión Europea o el Espacio Económico Europeo, y que cuenten con la autorización correspondiente para realizar esta actividad. Antes de esta reforma, el requisito era que la empresa estuviera domiciliada en España, y que contase con las necesarias autorizaciones.

- Los contratos se deberán de comunicar al Ministerio de Defensa, de Interior, y de Transportes, así como a la Dirección General de la Marina Mercante, con tres días de antelación a su celebración. Esta comunicación deberá acompañar una justificación de la situación de protección marítima que se requiera.

Estas son las modificaciones más recientes, pero anteriormente ya se habían operado otras, en concreto el Real Decreto 1628/2009, modificó tanto el Reglamento de Armas como el Reglamento de Seguridad Privada, permitiendo que el personal de seguridad a bordo de los buques mercantes de bandera española pudiera portar las denominadas armas de guerra, recogidas en el artículo 6 del mencionado Reglamento de Armas.

Como vemos, la realidad de la navegación marítima, y los peligros que la acechan, obligan a reaccionar tanto a los estados, como a los operadores en el sector, que para poder llevar a cabo su labor requieren de la necesaria seguridad jurídica que respalde sus actuaciones.

A este fin contribuye el contrato para embarcar personal de seguridad a bordo de los buques, ofreciendo, por una parte, una serie de reglas claras entre los armadores/fletadores y los prestadores de este servicio, y, por otro lado, supliendo un vacío regulatorio que permite ofrecer a este sector unas mínimas bases normativas comunes sobre las que operar, y que se deberán adaptar en todo caso a la legislación que sobre esta materia establezca el estado del pabellón del buque.

# La escasez de ingenieros navales: desafíos y oportunidades en el sector marítimo



IVÁN FIGUEIRAS,  
Partner Energía e Industria en W Executive

La realidad del sector es que no hay suficientes ingenieros e ingenieras navales para atender la demanda actual y futura. Cada año salen 75 ingenieros/as navales y se requieren más de 300 y a eso hay que sumarle el déficit acumulado de todos estos años.

La industria naval, marítima es un sector global, cíclico y muy competitivo, donde los astilleros españoles están compitiendo con astilleros de otros países con diferentes reglas del juego a nivel fiscal, medioambiental, subvenciones etc.

Por otro lado, el sector vive un momento muy ilusionante con grandes retos a nivel tecnológico como puede ser la transformación digital, transición energética, descarbonización del transporte marítimo con nuevos combustibles alternativos y sistemas de propulsión, la eólica marina, materiales avanzados, mejoras en diseños, sostenibilidad, nuevas tecnologías energéticas.

La complejidad de los nuevos proyectos requiere ingenieros con habilidades específicas y esto se traduce en nuevos puestos de trabajo de alto valor añadido. La rápida evolución tecnológica exige una formación y actualización constante de los profesionales. Por otro lado, la globalización continúa impulsando el crecimiento del comercio marítimo, aumentando la demanda de nuevos buques y tecnologías avanzadas y la adaptación de los puertos a la nueva realidad.

La situación actual es de prácticamente pleno empleo, lo que implica que las empresas tengan dificultades para cubrir sus vacantes y fidelizar a sus empleados.

Desde el confinamiento en el año 2020 hasta el día de hoy hemos experimentado años muy dinámicos en creación de empleo con nuevas vacantes, rotación, contraofertas, inflación salarial y costes empresariales también cada vez más altos, dificultad para incorporar talento joven en un momento de relevo generacional.... todo ello supone un reto por delante para las compañías del sector. Sin duda, el acceso a talento especializado se ha convertido en un cuello de botella, estamos viendo como algunas empresas han dejado “escapar” proyectos por no tener horas disponibles para ejecutarlos. Por dar un dato, el 59% de los Ingenieros/as asalariados en España de todas las disciplinas técnicas (no sólo navales) trabaja en compañías de más de 250 empleados, esto solo es el 2% de la estructura empresarial española, es por ello que muchos Ingenieros/as recién titulados o con algo de experiencia deciden tener un reto a nivel internacional por cuestiones de desarrollo profesional, proyección o por unas mejores condiciones económicas o de conciliación.

Con el paso de los años muchos ingenieros e ingenieras navales quiere retornar, pero la realidad del mercado laboral en España hace que se lo piensen dos veces antes de

tomar la decisión, nuestro mercado no es tan competitivo en condiciones, flexibilidad y conciliación como otras empresas del norte de Europa por lo que no todos los profesionales están dispuestos a renunciar aparte de ello por volver.

Según el observatorio de la Ingeniería de España, advierte de que la economía española necesitará incorporar como mínimo 200.000 nuevos ingenieros e ingenieras de todas las disciplinas técnicas en los próximos diez años. Pero ante la dificultad para atraer talento, ¿qué demandan las compañías o qué se espera de los ingenieros e ingenieras navales? Los ingenieros e ingenieras navales se en-

frentan a un panorama en constante evolución, con desafíos significativos, pero también con numerosas oportunidades. La clave para el éxito en este campo será la capacidad de adaptarse a las nuevas tecnologías y formación continua. Habilidad de comunicación, orientación a negocio, resolución de problemas, autonomía, idiomas y trabajar en entornos globales, multidisciplinares y competitivos.

Ante esto, debemos trabajar con una hoja de ruta común y alineada entre los centros formativos, universidades y el tejido empresarial para garantizar con éxito las necesidades de talento especializado en los próximos años.



  
**Navantia**  
**Innovation**  
where it matters

## Celebración Bodas de Oriccalco promociones 83 y 84



El viernes 26 de abril 60 Ingenieros Navales de las promociones 82 a 85, junto con diez Profesores se reunieron para celebrar el 40 aniversario de la finalización de la carrera de Ingeniería Naval en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales. Uno de los organizadores del evento sugirió lo denomináramos Bodas de Oriccalco, y se aceptó por el resto.

Los actos se celebraron en la Capilla de la Residencia y en los salones de la Cámara de Oficiales de la Armada, en Arturo Soria, porque la ETSIN estaba ocupada con un par de eventos.

A partir de las 12:30 un nutrido grupo de compañeros se fue congregando en el exterior de la Capilla. La llegada de cada uno era recibida con abrazos por los que ya se habían ido incorporando anteriormente. Tras los saludos de rigor, todos hacían esfuerzos en recordar caras y nombres, pues muchos no se habían vuelto a ver desde entonces. Más emocionante si cabe fue para los Profe-

sores y los ya antiguos alumnos volver a encontrarse de nuevo. Los organizadores consideraron conveniente invitar a los Profesores de la época, y se les fue localizando e invitando personalmente a cada uno. A juzgar por su emoción creemos lo recordaran siempre. Para sufragar las invitaciones y otros gastos del evento, se pidió a cada participante aportase algo más de dinero, a lo que contribuyó también el Colegio de Ingenieros Navales.

A las 13:15 comenzó la Santa Misa por los compañeros fallecidos -17 de las cuatro promociones-, y agradecimiento de los que seguimos aquí. Ofició el Rvdo. D. Carlos Rodríguez Blanco, Capellán Militar Castrense de la Armada asistido por un compañero de la promoción; y el Rvdo. D. Fernando del Castillo Flores, Capellán de la ETSIN atendió el confesionario. Tras la celebración se procedió a realizar una ofrenda de 17 rosas a la Virgen del Carmen junto con una beca y una metopa de recuerdo. Finalmente se concluyó cantando la Salve Marinera.

A la salida continuaron los saludos y se realizó la foto de grupo de Profesores y alumnos en la escalinata de la capilla que se muestra aquí.

Poco antes de las 14:30 cruzamos a los salones de la Cámara, en el interior del recinto de la Armada. Se pudo realizar en dichas instalaciones gracias al compañero y organizador del evento, vicealmirante Ángel Martínez. Hay que señalar que el evento fue organizado cuidando cada detalle por una compañera y cuatro compañeros más de las promociones celebrantes.

Uno de los temas más complicados fue la localización de nuestros antiguos colegas, a los que se intentó encontrar “por tierra, mar y aire”. El COIN nos ayudó mucho, enviando una notificación del evento a todos los colegiados de esas cuatro promociones. Pero, a pesar del boca a boca, hubo bastantes a los que nos ha sido imposible localizar.

En los salones se realizó un almuerzo, tipo cóctel, para permitir la interacción entre antiguos alumnos y Profesores; de forma que se diese la oportunidad de hablar con todos recordando viejos tiempos, la evolución en lo personal y lo profesional en estos 40 años, etc

Al cabo de media hora se paró para proceder a la entrega de metopas a los Profesores, que fueron facilitadas por la ETSIN. Los organizadores las habían grabado, personalizándolas, para D. José Luis Cabanes Torrente, D. José Luis Lorente Guarch, D. Francisco Angulo Barquín, D. Jesús Tomás Mora Peña, D. Francisco Javier Del Moral Hernández, D. Honorio Sierra Cano, D. Jaime Tamarit Rodríguez, D. Eduardo Comas Turnes, D. Gerardo Polo Sánchez, D. Joaquín Espona Cardiel y Dña Camille Downes Lavery, según el orden de las antiguas Cátedras. Las mismas indicaban sus títulos de la época y añadían: “Con el reconocimiento de sus antiguos alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingenie-

Joaquín Espona Cardiel acompañado por su hija Belén.



ros Navales”. Adicionalmente, se entregó otra metopa al Capitán de Fragata Roberto Moreu, delegado de la Cámara de Oficiales y Director de las instalaciones, en agradecimiento por haber facilitado la logística.

Más tarde se proyectó una presentación, con las fotos recogidas de todos, donde se nos veía radiantemente jóvenes: en la ETSIN, en las botaduras en el Retiro, viajes a astilleros, excursiones y navegaciones en grupo, la mili, etc.

Pilar Tejo, Decana del Colegio, y Diego Fernandez, Presidente de la AINE, asistieron avanzado el evento por coincidir con el Congreso anual de Ingeniería Naval, saludaron a los presentes y dirigieron unas palabras. Finalmente, después de casi cinco horas hubo que ir desalojando el salón. El equipo organizador tuvo que hacer de escoba para conseguir terminar ... media hora más tarde de lo comprometido. Pero es que después de tantos años nadie quería irse.

En los días siguientes se recibieron numerosos mensajes de agradecimiento, mostrando ganas de repetir en un futuro no muy lejano.

Desde esta reseña en la RIN queremos agradecer a todos los compañeros el haber hecho posible este evento, y desear que la Virgen del Carmen nos proteja y guíe a todos y a nuestras familias durante la singladura hasta el siguiente encuentro. Un fuerte y entrañable abrazo a todos.

# Representantes de la DT en Baleares asisten a la primera prueba del combustible 100% renovable para el sector marítimo de España



Fernando Pérez (Responsables del área de combustibles marinos en Baleares de REPSOL), Miguel Sierra (Gerente del área marina y pesca para España de Repsol), Germán de Melo (Presidente del Colegio Oficial de Oficiales de la Marina Mercante), Ismael Cobos (IMO Deputy Director of the Operational Safety and Human Element Maritime Safety Division), Rafael Cardona (Gerente Trasmapi), Luis Gascón (Capitán Marítimo en Ibiza y Formentera), Jaume Juan (Coordinación departamento técnico y de flota Trasmapi), Rafael Velasco (Decano Territorial en Baleares del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos), Lorenzo Mendez (Coordinación departamento mantenimiento y talleres Trasmapi)

El pasado viernes 21 de junio, en la línea regular de alta velocidad que une las islas de Ibiza y Formentera, se empleó por primera vez combustible 100% renovable en el sector marítimo español.

La naviera Trasmapi, de la mano de Repsol, se ha convertido en la primera naviera española en probar este combustible renovable producido a partir de residuos orgánicos.

Esta primera experiencia se realizó en la nave catamarán de pasaje de alta velocidad Illetas Jet construido en Galicia por el astillero Rodman Polyships; contando con la presencia y asistencia de D. Ismael Cobos (Deputy Director of the Operational Safety and Human Element Maritime Safety de la Organización Marítima Internacional), desplazado desde Londres. La prueba contó con la presencia de D. Luis Gascón (Capitán Marítimo en Ibiza

y Formentera) y de D. Rafael Velasco (Decano Territorial en Baleares del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos). También estuvieron presentes directivos de Trasmapi y Repsol, así como técnicos de las áreas implicadas de ambas compañías; además de representantes de otras instituciones relacionadas con el sector marítimo.

Los combustibles renovables se producen a partir de residuos orgánicos, como el aceite de cocina usado o residuos agroalimentarios, dando una segunda vida a este tipo de materias. Es una solución rápida y eficiente hacia la descarbonización de todos los sectores vinculados con el transporte, incluido el marítimo. La diferencia entre este novedoso combustible y los convencionales es que los biocombustibles se fabrican de forma sostenible, reemplazando la materia prima convencional, de origen mineral, por materias primas sostenibles tales como residuos orgánicos, como el aceite de cocina usado o la biomasa.

El uso de biocombustibles, como este aceite hidrotratado (HVO) suministrado por Repsol, aporta una importante reducción en emisiones de CO<sub>2</sub>, las emisiones de partículas caen más de un 40%, y las emisiones de óxido de nitrógeno son hasta un 8% menores. El ahorro en emisión de gases de efecto invernadero (GEI) que se logra supera el 80% en todo el proceso. También introduce de lleno a los sectores del transporte en una necesaria circularidad buscando un mayor aprovechamiento de recursos y mejor ges-

tión ambiental. Esta iniciativa ha sido fruto de la colaboración y trabajo realizado entre los departamentos técnicos y de logística de ambas compañías.

Una iniciativa que es continuación del proceso iniciado de incorporación de nuevas unidades a su flota y de remotorización de su flota de alta velocidad que opera entre Ibiza y Formentera en proyectos suscritos por firmas de ingeniería naval de Baleares y registrados todos en el registro de trabajos profesionales del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos.

Dotada su flota de motores nuevos más eficientes y más respetuosos con el medioambiente, incorpora a sus naves de esta forma los más recientes y limitativos estándares normativos respecto reducción de emisiones, convirtiendo su operativa diaria en más sostenible; ahora toda ella preparada para el uso de biocombustibles 100% renovables.

Trasmapi, que este año cumple cincuenta años, es líder en su segmento en la línea que une ambas islas Pitiusas, dando servicio anualmente a más de un millón de pasajeros en su principal ruta entre los puertos de Ibiza y Formentera. Trasmapi es la principal marca de un grupo naviero balear perteneciente al ibicenco Grupo Insotel que bajo la librea "Menorca Lines" también une a diario desde 2022 las islas de Mallorca y Menorca con catamaranes de alta velocidad ro-pax; operativas a las que se deben unir sus firmas "Formentera Lines" y "Formentera Cargo".

# La DT en Madrid celebra su VII Torneo de pádel



El pasado domingo 23 de junio se celebró la séptima edición del torneo de pádel de ingenieros navales y oceánicos en la Ciudad de la Raqueta.

El torneo fue formato pozo con la intención de jugar varios partidos durante dos horas y que las parejas se cruzasen lo máximo posible. Como en ediciones anteriores, los participantes eran de distintas promociones, fomentando la relación y experiencia entre compañeros.

La final la disputaron David Sánchez y Alberto Madrid (campeones) y Cristina Mateos y Víctor Guerrero (subcampeones).

Desde la Delegación Territorial de Madrid, queremos agradecer a todos los colegiados su interés y participación y esperamos que este torneo siga teniendo tanto éxito en futuras ediciones.



# INTA – CEHIPAR finaliza los ensayos de maniobrabilidad de un crucero a vela

A propuesta del astillero francés Chantiers de l'Atlantique, la Subdirección General de sistemas Navales del INTA (INTA-CEHIPAR) llevó a cabo el complejo proyecto de realizar ensayos a escala modelo del buque crucero propulsado a vela que está construyendo el astillero francés.

Este buque, que ofrece la experiencia de navegar 100 % a vela a una velocidad máxima de 17 nudos, tiene 220 m de eslora y 25 m de manga con la capacidad de llevar hasta 130 pasajeros en 50 camarotes con 170 tripulantes [1].

Los ensayos de maniobrabilidad con modelo libre se realizaron en el embalse de Valmayor e incluyeron tanto ensayos estándar como zig-zag a varios ángulos o círculos de evolución como ensayos menos habituales:

análisis de ráfagas de viento en autorrumbo, y ensayos de hombre al agua, que define la maniobra que debe realizar el capitán del barco en caso de caída al agua de un pasajero o tripulante para poder rescatarlo a la mayor celeridad posible.

La especial dificultad que cuentan estos ensayos radica en que se debe simular la propulsión a vela de modo que su efecto en el modelo sea equiparable al buque. En ningún caso pueden simularse las velas a escala modelo ya que los ensayos se deben hacer con mar en calma y sin viento, por lo que la solución propuesta en estos ensayos fue la de simular el efecto de empuje de las velas mediante una serie de turbinas orientadas en las direcciones longitudinal (fuerzas de avance/retroceso) y transversal (fuerzas laterales).

Length overall	220 m
Breadth	25.2 m
Draught	5,4 / 11m with dagger-board
Tonnage	25,200 UMS
Max. speed	15 knots with propulsion motor / 17 knots in sailing mode
Guests	130
Suites	50
Crew	170
Crew cabins	160
Flag	Malta
Classification	BV



Ilustración 1. Características principales e imagen de [1]



Ilustración 2. Vista del modelo durante un ensayo desde el puesto de control de tierra



Ilustración 3. Ensayo de zig-zag desde la embarcación auxiliar



Ilustración 4. Ensayo de zig-zag desde la embarcación auxiliar

Como es bien sabido, el empuje de las velas depende del ángulo e intensidad de viento aparente (el viento que recibe el buque por

la combinación del viento real y la velocidad propia del buque), las conocidas curvas polares.

Esta información, ofrecida por el propio astillero y obtenida mediante la combinación de ensayos experimentales (EFD) en túnel de viento y cálculos numéricos por CFD, se incluye en el control de las turbinas para asegurar que las condiciones de ensayo son las requeridas por el cliente.

El CEHIPAR ha desarrollado su propia tecnología para el control de los modelos en los ensayos de maniobrabilidad en buques estándar [2] y dadas las particularidades de este proyecto, los ingenieros y técnicos del CEHIPAR tuvieron que adaptar el sistema disponible para incorporar las turbinas en el modelo y programar el código para incluir las curvas polares.

Además, claro está, de disponer de hélices de propulsión para modos de propulsión mixta y timones activos para la realización de las maniobras.

Como es habitual en buques con propulsión a vela, incluye una orza abatible con un dinamómetro acoplado para medir las fuerzas y momentos durante la navegación.

Tras finalizar los ensayos y verificar con el cliente los resultados obtenidos, el INTA – CEHIPAR demuestra una vez más su capacidad de realizar ensayos de maniobrabilidad de buques no-



Ilustración 5. Modelo durante un ensayo desde el puesto de tierra

vedosos y de adaptar / desarrollar la tecnología para cumplir los requisitos del cliente.  
[1]. Sitio web: <https://chantiers-atlantique.com/en/>

[2]. Monitorización de embarcaciones y ensayos de modelos a escala. Eloy Carrillo Hontoria; Pedro Castaño Martínez; Enrique Molinelli Fernández; Cristina Soriano Gómez. Revista Ingeniería naval, N°. 1002, 2021, págs. 87-108. ISSN 0020-1073. Asociación de Ingenieros Navales de España

## Aprobada la electrificación de la terminal de cruceros de MSC del Port de Barcelona



La obra se enmarca en el plan NEXIGEN de electrificación de los muelles puesto en marcha por la Autoridad Portuaria de Barcelona. El Consejo de Ministros del 25 de junio de

2024 y a propuesta del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, ha autorizado licitar por unos 14,5 M€ (IVA no incluido) un contrato para la redacción, ejecución y prestación del servicio y mantenimiento para la electrificación que permita el suministro eléctrico a cruceros en la nueva terminal de la MSC, ubicada en el puerto de Barcelona. En concreto, la Autoridad Portuaria de Barcelona licitará la redacción y ejecución del proyecto de electrificación

de esta terminal. Mediante esta infraestructura eléctrica se conectará una línea de media tensión a una subestación de conversión eléctrica tipo onshore power supply (OPS), donde se operará, además, un cambio de frecuencia a los efectos de distribuir y transferir dicha energía al buque a través de un sistema de gestión de cables móvil en el muelle. Además, se prestará el servicio de conexión y desconexión de los cruceros, así como el mantenimiento de la instalación eléctrica. En este contexto, cabe recordar que en el puerto de Barcelona se está terminando de

ejecutar otro OPS en la terminal BEST de Hutchison Ports para buques de carga. Ambas actuaciones se enmarcan en el plan de electrificación NEXIGEN, puesto en marcha por la Autoridad Portuaria de Barcelona dentro del firme compromiso con la sostenibilidad del sistema portuario de titularidad estatal. Este plan establece la necesidad de dotar al puerto de la infraestructura necesaria para el suministro eléctrico a buques, en el marco de la normativa comunitaria relativa a la descarbonización de los puertos de la UE.

## Nuevas normas de estabilidad y flotabilidad para buques ro-pax

El Consejo de Ministros, en su reunión de hoy y a propuesta del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, ha aprobado un Real Decreto que implementa nuevas normas específicas de estabilidad para garantizar mejoras de seguridad en los buques ro-pax. Estas nuevas normas suponen un aumento del nivel de seguridad de los buques ro-pax que comiencen a operar en servicio regular, tanto si son nuevos como existentes, ya que se incrementan sus requisitos de flotabilidad en caso de avería tras una colisión.

El Real Decreto adapta la normativa española a la Directiva (UE) 2023/946 y a las nuevas reglas del Convenio Internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (Convenio SOLAS) de la Organización Marítima Internacional. Además, las disposiciones de la nueva norma relacionadas con el despacho

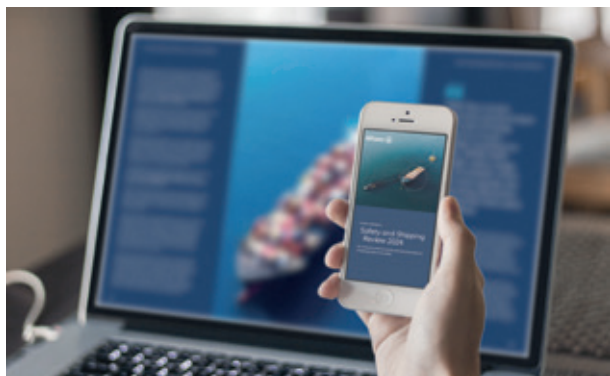


Real Decreto 587/2024, de 25 de junio, sobre prescripciones específicas de estabilidad aplicables a los buques de pasaje de transbordo rodado:



de buques, el rol de despacho y dotación y el régimen de enroles/desenroles de los tripulantes, establecidas en el Reglamento de Ordenación de la Navegación Marítima, no entrarán en vigor hasta el 15 de agosto de 2025, para coincidir con la puesta en marcha del entorno europeo de ventanilla única marítima, creado por el Reglamento (UE) 2019/1239.

# 2023 registra el mínimo histórico de buques siniestrados de la última década



Allianz Commercial acaba de publicar su informe “Safety and Shipping Review” correspondiente al año 2024. La fuente principal de datos provienen del Lloyd’s List Intelligence Casualty Statistics (hasta el 31 de marzo de 2024).

El informe indica que a finales de 2023, se contabilizaron 26 siniestros totales, frente a los 41 registrados en 2022. Esta cifra marca el mínimo histórico de la última década, tal y como podemos apreciar en la figura 1. Atendiendo al tipo de buque: 16 cargueros, 4 pes-

queros, 3 remolcadores, 1 petrolero, 1 portacontenedores y un buque de pasaje. Y atendiendo a la causa: 13 se hundieron, 4 encallaron, 3 se incendiaron, 2 colisionaron, 1 sufrió daños en el casco y 2 sufrieron daños en su propulsión. El informe apunta que la edad media de los buques siniestrados en la última década es de 29 años.

El número de siniestros o incidentes marítimos comunicados disminuyó en 2023 (2.951 frente a 3.036 del año pasado). La región de las Islas Británicas registró el mayor número de incidentes notificados (695). Daños o averías en maquinaria representaron más de la mitad



Figura 1

Figura 2



de todos los incidentes marítimos a nivel mundial (1.587). Si bien, el número de incendios a bordo disminuyó en 2023, en los últimos cinco años se han producido 55 siniestros por esta causa, y solo en 2023 se notificaron más de 200 incidentes de este tipo, el segundo más alto de la década después de 2022.

En la pasada década se han registrado 1.900 incidentes entre buques e infraestructuras portuarias lo que la convierte en la cuarta causa más frecuente. En los últimos tres años en aguas estadounidenses más de 400 buques (de más de 600 pies) han sufrido pérdida de propulsión en sus aguas, y aproximadamente una cuarta parte de ellos se han producido cerca de puertos, puentes u otras infraestructuras, según informa la guardia costera estadounidense.

Y los incendios siguen siendo, como ya se ha mencionado, una de las principales causas de siniestros de buques, y durante el año pasado, especialmente en buques de carga rodada. Éstos están más expuestos a incendios y a problemas de estabilidad debido a la naturaleza de su diseño y carga. Además, se ha abierto un gran debate sobre los riesgos de incendio que entraña el transporte de vehículos eléctricos con baterías de ion

litio, haciendo que las aseguradoras incidan en mejorar los sistemas contra incendios de estos buques. También se hace mención de la necesidad de formar a las tripulaciones, personal portuario, etc. para que sepan reconocer las baterías sospechosas, conozcan el protocolo en caso de incidente.

Los incendios son la mayor causa de pérdida de grandes portacontenedores. Un incendio en un solo contenedor puede propagarse rápidamente y quedar fuera de control, provocando el abandono del buque por parte de la tripulación, lo que agrava la situación de siniestro. Al igual que ocurre con los buques ro-ro, la causa exacta es incierta, aunque las mercancías peligrosas mal declaradas, como productos químicos, baterías y carbón vegetal, suelen ser un factor determinante.

### Análisis geográfico

El mayor número de siniestros se registra en las zonas del sur de China, Indochina, Indonesia y Filipinas. Así lleva siendo en la última década. En esta zona se registra casi un tercio de todas las pérdidas en el mar en 2023. La principal causa, el gran volumen de tráfico marítimo que se concentra. Así mismo, en la Figura 2 se muestran los datos de

la última década. En ese periodo, se han registrado 729 siniestros a nivel mundial. Tres regiones: China Meridional, Indochina, Indonesia y Filipinas (184), Mediterráneo Oriental y mar Negro (115), y Japón, Corea y China Septentrional (62) representan casi el 50% de la actividad mundial de siniestros durante este tiempo.

### Piratería, drones y ciberataques

El informe dedica un apartado completo al tipo de ataques a los que se enfrenta la flota marítima mundial. Hace un repaso a los ataques más relevantes en el mar Rojo, en los que, indica que centenares de tripulantes se han visto afectados. La pandemia y la guerra de Ucrania también han propiciado el cambio de rutas de los buques. Y sorprende, la mención que se hace en el informe a los ataques a buques con drones, “dispositivos pequeños, baratos y fáciles de manejar” con una difícil defensa por parte de los buques mercantes. también se hace mención del aumento de los informes sobre interferencias en los GPS especialmente en puntos conflictivos como el estrecho de Ormuz, el Mediterráneo y en el mar Negro. Los sistemas de identificación automática (AIS) de los buques también pueden ser suplantados y ser objeto de ciberataques.

### Robo de mercancías

Allianz Commercial ha observado un aumento de los incidentes de robo de mercancías en los últimos años, especialmente en el transporte y la logística. En Norteamérica, el número de siniestros por robo ha aumentado durante los últimos seis años consecutivos, con un incremento interanual del 20% en 2022. Es probable que el total final de 2023 supere al de 2022. Es un problema que también está afectando a partes de Europa, como Alemania, Italia y España.

Aunque han aumentado los robos de mercancías de gran valor, cada vez son más las mercancías que resultan atractivas para los delincuentes y que antes no lo eran, como alimentos y enseres domésticos. Al mismo tiempo, los delincuentes utilizan métodos más organizados para acceder a la carga, a menudo empleando tecnología. Por ejemplo, los ladrones aprovechan los puntos débiles de la ciberseguridad para hacerse pasar por un proveedor de confianza u obtener acceso a los sistemas para facilitar el robo o desviar los envíos. Los delincuentes también pueden utilizar inhibidores para interferir con los dispositivos de seguimiento GPS de la carga y las señales de telefonía móvil, lo que dificulta la recuperación de las mercancías robadas.

## Informe 2024 sobre la economía azul de la UE

La UE acaba de publicar la séptima edición del informe sobre la economía azul, analiza los datos recopilados de los sectores: recursos marinos, energías renovables, actividad portuaria, construcción y reparación naval, transporte marítimo y turismo costero, correspondientes a los Estados Miembros. Como novedad, este año se ha incluido una

sección especial sobre Transición Energética y Cambio Climático del transporte marítimo de la UE, sobre la flota pesquera de la UE.

Los recursos marinos vivos han registrado unos beneficios brutos valorados en 9.700 M€ en 2021, experimentando un aumento del 24% con respecto a 2020. Por otro lado,



**Tabla 1. Sectores y subsectores de la Economía Azul**

Sector	Subsector
Recursos marinos vivos	Producción primaria Procesado de productos del mar Distribución de productos del mar
Recursos marinos no vivos	Petróleo y gas Otros minerales Actividades asociadas
Energías renovables marinas	Eólica offshore
Actividades Portuarias	Carga y almacenamiento Proyectos
Construcción y reparación naval	Construcción Industria auxiliar
Transporte marítimo	Transporte de pasajeros Transporte de mercancías Servicios asociados
Turismo costero	Hostelería Transporte Otras

las energías marinas renovables -principalmente la eólica marina- también experimentaron un crecimiento significativo, con un aumento del 45% en comparación con 2020, con unos beneficios brutos estimados en 2.400 M€ y un valor añadido bruto (VAB) de 3.300 M€ en 2021. A pesar de un repunte sustancial, la economía azul de la UE en 2021 si-

gue estando por detrás de su valor anterior a la pandemia, debido principalmente a la recuperación incompleta del turismo costero, con restricciones de viaje todavía en vigor en varios Estados miembros de la UE.

Dentro de la UE-27, cinco Estados miembros representan el 70% de todo el VAB de la

economía azul de la UE: Alemania, Francia, España, Italia y los Países Bajos, en ese orden. En términos de empleo, los cinco primeros Estados miembros son, respectivamente, España, Alemania, Grecia, Francia e Italia, lo que representa una contribución combinada del 67 % del total de puestos de trabajo en la economía azul de la UE-27.

El informe destaca que se están generando nuevas oportunidades de negocio gracias a la transición hacia una economía azul sostenible, poniendo de ejemplo que el consumo de combustible y las emisiones de dióxido de carbono de la flota pesquera europea han disminuido un 25% entre 2009 y 2021.

### Construcción y reparación naval

Aproximadamente, la UE cuenta con un total de 300 astilleros dedicados a la construcción y a la reparación naval. De ellos, 40 operan en el mercado mundial de grandes buques comerciales. Según EMSA, en 2022, uno de cada once buques fue construido en un astillero de Europa, siendo la mayoría pesqueros, buques de pasaje y remolcadores/dragas.

La cuota del mercado europeo de la construcción y reparación naval es marginal en comparación con el asiático, en 2021 y 2022 se produjo una tendencia al alza en los buques mercantes construidos en términos de arqueado bruto (GT) en el continente europeo, repuntando tras Covid-19. En 2023, Europa recibirá el 7% de los pedidos mundiales, muy por detrás de China (55%) y Corea del Sur (26%). Francia lidera el empleo en el sector, con un 16% de los puestos de trabajo, seguida de Alemania (15%) e Italia (15%). En términos de VAB, Francia registra el 23% del VAB de los Estados miembros, seguida de Alemania (20%) e Italia (19%). En 2021, alrededor de 312.000 personas trabajaban directamente en el sector (un 2% más que en 2020), y el salario medio anual se estimaba en 43.000 euros, un 6% más que en 2020.

Las estimaciones para el mercado mundial del transporte marítimo autónomo varían entre 4.000 y 10.000 M\$ para 2022-2023, con tasas de crecimiento anual compuesto previstas de alrededor del 10% y valores de entre 8.000 y 12.000 M\$ para finales de la década. Europa se considera un actor importante en este mercado, que invierte en operaciones marítimas sostenibles y en I+D. En la UE, la financiación de la investigación y el desarrollo está impulsando la innovación y la sostenibilidad en el mercado de los buques autónomos, con varios grandes proyectos de la UE, algunos financiados en el marco de Horizonte 2020, finalizados o en fase de ejecución.

La actividad de la reparación naval registró un pico en 2017 en la UE, con 40 buques reciclados, lo que equivale a un total de 21.000 toneladas de desplazamiento en rosca; sin embargo, esa cantidad se redujo a 4.500 t en 2019. Un total de 211 buques se reciclaron en instalaciones de la UE entre 2014 y 2019, principalmente en Dinamarca y Bélgica, pero esto representa menos del 1% de la flota controlada por la UE.

### Transporte marítimo

A escala mundial, en 2022 se transportaron por mar unos 12.000 Mt de mercancías, lo que representa aproximadamente el 49% del comercio total, casi el doble de la proporción transportada por vía aérea (26%). Europa cargó y descargó 1.600 Mt y 1.700 Mt de mercancías, respectivamente. Las economías europeas más conectadas, según el Índice de Conectividad del Transporte Marítimo de Línea (LSCI), fueron España, los Países Bajos y Bélgica, mientras que los puertos de la UE más conectados fueron Rotterdam (NL), Amberes (BE) y Hamburgo (DE).

En 2021, el transporte marítimo de corta distancia (TMCD) representó el 60,9% del total del transporte marítimo de mercancías desde

y hacia los principales puertos de la UE (casi 1.800 Mt). Italia, los Países Bajos y España representaron casi el 41% del TMCD de la UE en 2021. Los graneles líquidos (40%) fueron el tipo de carga dominante en el TMCD de la UE, seguidos de los graneles secos (21%), los contenedores (17%) y los buques ro-ro (15%).

En 2022, se registraron 348,6 millones de pasajeros en los puertos de la UE, lo que supone un descenso del 16,7% en comparación con la situación anterior a la pandemia (2019). Grecia (20%), Italia (15%) y Dinamarca (12%) representaron casi la mitad del número total de pasajeros embarcados y desembarcados en los puertos de la UE. Los puertos de la UE registraron un 32% menos de pasajeros de cruceros (unos 10 millones) que antes del Covid-19 (2019). Casi tres cuartas partes de estos pasajeros pasaron por puertos italianos, españoles y alemanes en 2022.

El sector generó un VAB de 44.300 M€ en 2021, un 42% más que en 2020 y un 23% más que en el máximo de 2019. El beneficio bruto, de 28.100 M€, aumentó un 77% respecto al año anterior. En 2021, casi 380.000 personas trabajaban directamente en el sector, un 2% más que en 2020. El salario medio anual se estimó en 43.000 euros, un 3% más que en 2020.

El transporte marítimo, fundamental para el comercio internacional, se enfrenta a importantes retos en su camino hacia la digitalización. A pesar de su importancia, sólo un pequeño porcentaje de las transacciones transfronterizas en la UE se ejecutan de forma totalmente digital (1%), en comparación con la aviación (40%) y el ferrocarril (5%). Las barreras jurídicas y técnicas (por ejemplo, la necesidad de firmas manuscritas en los documentos de transporte), así como la ausencia de normas uniformes y de una infraestructura digital consolidada complican la interoperabilidad entre los distintos sistemas utilizados en el sector.

En respuesta a estos retos, la CE ha promovido iniciativas como el Foro Digital del Transporte y la Logística, con las que pretende colmar la brecha digital en este ámbito. La introducción del Reglamento (UE) 2020/1056 sobre la información electrónica del transporte de mercancías (eFTI) supone un paso adelante, al establecer un marco jurídico que facilita el intercambio de información por vía electrónica en el transporte marítimo, lo que representa un avance crucial hacia la modernización y eficiencia del sector.

### Energías renovables de origen marino

La UE alberga ahora una capacidad acumulada de 17,8 GW de energía eólica marina, repartida en 11 Estados miembros. A finales de 2023, se añadieron a la red 993 MW de nueva capacidad (datos provisionales). Para 2050, se prevé que los 22 Estados miembros sin salida al mar dispongan de diversos niveles de capacidad eólica marina.

El sector generó más de 3.300 M€ de VAB en 2021, un 39% más que en 2020. Los beneficios brutos ascendieron a 2.400 M€, un 45 % más que en 2020, y el volumen de negocios fue de unos 25.900 M€, un 65 % más que en 2020. El sector empleó directamente a 14.300 personas, frente a las menos de 400 de 2009. Los costes de personal ascendieron a 912 millones de euros. El salario medio anual, estimado en 63.800 euros, es casi un 24% inferior al de 2009 (83.800 euros).

En los últimos 15 años, la energía eólica marina ha crecido exponencialmente gracias a los avances tecnológicos, la mayor disponibilidad de emplazamientos y la reducción de costes. El sector eólico marino europeo ha aprovechado la experiencia de la energía eólica terrestre, abordando los problemas de la red y recurriendo a licitaciones competitivas. Es parte integrante de los objetivos europeos de neutralidad de carbono, con planes para

desplegar 60 GW en 2030 y 300 GW en 2050, como se indica en la Estrategia de Energía Renovable Marina de la Comisión Europea. La Directiva revisada sobre energías renovables prevé un 42,5% de energías renovables para 2030, acelerando los procedimientos de concesión de permisos. Las hojas de ruta regionales para la energía eólica marina prevén 111 GW para 2030 y 317 GW para 2050. La UE se ha convertido en líder mundial de la energía eólica marina y exporta equipos y conocimientos a todo el mundo. A finales de 2023, la capacidad instalada acumulada de energía eólica marina en la UE alcanzaba los 17,8 GW, con un aumento de 993 MW en el último año. Tras un pico de despliegues en 2020, la relativa ralentización en aguas de la UE desde 2021 se debe en parte a los retrasos a los que se enfrentan las empresas eólicas marinas, debido, entre otras cosas, a las in-

terrupciones de la cadena de suministro y a los retrasos en la concesión de permisos. La energía eólica flotante, un sector emergente dentro de la eólica marina, avanza con paso firme hacia la viabilidad comercial, ofreciendo su despliegue en aguas más profundas en comparación con las turbinas de fondo fijo. Esto resulta especialmente atractivo para los Estados miembros con aguas profundas (>50 m) que han limitado el desarrollo de la energía eólica marina convencional. Los proyectos actuales de energía eólica flotante en la UE suman 29 MW de capacidad instalada. Las ambiciones nacionales de seguir desarrollando el sector de la energía eólica flotante son evidentes, con múltiples subastas previstas en Francia, España, Italia, Portugal y Grecia, y se espera que la capacidad instalada aumente hasta 3 GW en 2030 y 11 GW en 2035-2040.

## Iniciados los ensayos del proyecto ePROA en el INTA-CEHIPAR

Seaplace, a través de sus redes sociales, informaba recientemente que se ha iniciado la campaña de ensayos del proyecto ePROA, en el que esta ingeniería ha diseñado un SOV (Service Operation Vessel) especializado para eólica flotante. El objetivo de este proyecto es el desarrollo de una plataforma integrada digital para la operación y mantenimiento de parques eólicos flotantes.

Este avanzado buque mejorará las capacidades de los operadores, facilitando el traslado seguro de personal del buque a la plataforma, el lanzamiento y la recuperación de drones ROV y AUV para la monitorización de fondeos y cables dinámicos y operaciones de re-tensionado. La extensa campaña de ensayos se llevará a cabo durante el verano

en las instalaciones de INTA-CEHIPAR en Madrid. El objetivo es evaluar y validar el casco en cuanto a resistencia/propulsión y comportamiento en el mar en base a ensayos experimentales.

Este proyecto, liderado por la empresa H Iberia (especializada en IA), cuenta con la experiencia de Seaplace en diseño de buques y desarrollos de ingeniería offshore en proyectos eólicos flotantes y de SubSea Mechatronics en mantenimiento marino. Este proyecto, con número de expediente MIP-20221019, ha sido subvencionado por el CDTI Innovación - Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación a través del Programa 'Misiones CDTI' y cuenta con el apoyo del Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

# Janus elaborará el software de seguridad marítima de la flota Armas-Trasmediterránea



La nueva dirección de Armas-Trasmediterránea continúa con el plan de inversión y modernización de sus buques. En dicho sentido ha contratado a Janus Systems para realizar el software de seguridad marítima de su flota, ya que sus capitanes y oficiales venían reclamando desde hace tiempo un software de última generación (Método 3), porque el instalado en los buques del grupo es el primitivo de toda la vida (Método 1). Aunque Janus ya tiene instalado su Sistema en algunas unidades de esta compañía, es con la llegada de la nueva dirección cuando se extiende a la flota.

Para conocer las diferencias entre los distintos softwares existentes en el mercado, a continuación se expone un resumen del informe que Janus realizó para una importante ingeniería:

Tipos de software de carga rodada en ferries y car-carriers

En la actualidad, todavía algunos ingenieros, marinos, y tripulaciones, son partidarios del

software con libertad de carga. Dicen: “debe hacerse como se ha hecho durante toda la vida”. Es decir, que sea la propia tripulación quien haga la carga del buque en el orden que vayan llegando los vehículos al puerto, y posibilitándole introducir los diferentes pesos y tamaños. A primera vista suena bien y parece ideal, pero lo cierto es que conlleva una gran ineficiencia, baja rentabilidad, y sobre todo incumplir el Plan de Carga del buque. Es muy probable que esta opinión proceda del desconocimiento, aunque en

ciertos casos la promueven negacionistas contrarios a todo tipo de modernización.

En el mercado se pueden encontrar tres tipos de software:

- Método 1: El primitivo de toda la vida donde la carga se realiza a boleó, porque realizar una carga adecuada y con cierta precisión requiere de oficiales de carga bien adiestrados en dibujo de planos, lo cual es poco habitual en el campo civil. Carece de Módulo de Carga, y a pesar de ser un procedimiento rudimentario puede ser útil en el caso de algún peso puntual.

Consiste en introducir manualmente las 6 variables que requiere cada vehículo o conjunto de vehículos: peso, largo, ancho, y las coordenadas X, Y y Z del CDG. Lograr una cierta precisión, requiere que se dibuje la carga rodada sobre los planos de las cubiertas y luego se trasladen sus datos al programa de estabilidad, porque de lo contrario se puede incurrir en solapamientos de vehículos o en espacios vacíos amplios. Nor-

malmente se dibujan en un plano de papel o bien en un plano electrónico (AutoCAD o similar), donde se obtienen las coordenadas del CDG, y tamaño de la huella de cada unidad de carga rodada. Suele conllevar errores, y por su lentitud al cabo de un tiempo acaba por no usarse. Como poco se tarda de 1½ a 2 h en simular y calcular la carga de un buque mediano, a lo que hay que sumar los posibles cambios de última hora que pueden dilatar mucho la situación, o también que la estabilidad y/o resistencia longitudinal no cumpla/n y haya que volver a recalcular todo.

Los inconvenientes de este método son varios, ya que el oficial de carga:

- Desconoce el peso de la carga de los vehículos, pues no pasan por báscula previamente. Esta variable es casi inútil dejarla libre porque las empresas de transporte suelen cargar los vehículos al máximo, al no ser rentable enviar por buque a camiones y tráileres semi-cargados. Normalmente, solo se embarcan vehículos llenos a la ida y vacíos (o también llenos) en el retorno (aunque también se pueden incluir vehículos semi-cargados, si procediera).
- Ignora la altura del CDG de los vehículos con carga, que es la variable que tras el peso más influye en la estabilidad y el comportamiento del buque.
- Alarga el proceso. Como dice un Capitán de una importante naviera española: “Si al oficial de carga le lleva más de cinco minutos simular en el ordenador la carga del buque, entonces no la hace porque tiene que encargarse de otras muchas cosas”.
- Incumple el Plan de Carga del buque, lo que puede conllevar:
  - Problemas de estabilidad, resistencia y comportamiento del buque en la mar. Ante un golpe de mar y/o de viento el navío sufre una guiñada u orzada y se



puede golpear contra entornos portuarios, otros buques, o la costa, porque va cargados a boleo. Los peritos echarán la culpa al mal tiempo y las olas, y dirán que era inevitable el accidente, pero lo cierto es que generalmente el problema radica en el Calculador de Estabilidad. Ha habido y sigue habiendo multitud de incidentes de ferris y/o car-carries en todo el mundo.

- Una posible sanción para la naviera ante una inspección.
  - A que la aseguradora rechace cubrir los daños por accidente, precisamente por incumplir el Plan de Carga.
- Método 2: Es más avanzado que el anterior, pero la carga se realiza aleatoriamente. Es un método que para buques civiles adolece casi de los mismos inconvenientes que el Método 1. Sin embargo, es idóneo para buques militares por la alta variedad de carga rodada que transportan (coches, furgonetas, camiones, tráileres, autobuses, cañones, helicópteros, carros de combate, obuses, etc.), pero también porque no disponen de un Plan de Carga, y no navegan con los tiempos tan ajustados como los buques civiles. Además, cuentan con más tripulación, más tiempo para planificar e introducir la carga rodada, y sobre todo con oficiales de carga muy preparados.

Dispone de una lista de dibujos con las plantillas, los diversos tipos de vehículos, que el usuario puede ubicar libremente dentro de las cubiertas. Al tener programados dichos dibujos con sus medidas a escala (aunque también tiene la posibilidad de introducir



vehículos atípicos o no habituales), solo se necesita arrastrar el vehículo elegido a un lugar determinado de la cubierta. Al grabar datos, el software automáticamente calcula las coordenadas del CDG del vehículo, quedando pues, solo a libertad del usuario introducir el peso, altura del CDG y ubicación de cada vehículo. Como poco se tarda de ½ a 1 h en simular y calcular la carga de un buque mediano, a lo que hay que sumar los posibles cambios de última hora que pueden dilatar la situación, o también que la estabilidad y/o resistencia longitudinal no cumpla/n y haya que volver a recalcular. JANUS lo ha aplicado, por ejemplo, en el buque Ysabel perteneciente al Ejército de Tierra y operado por la Armada Española.

- **Método 3:** Es el software de última generación para buques civiles. Se ha demostrado que es el más preciso, eficiente, y rentable, y el que utilizan la mayoría de las navieras de los países avanzados. No requiere de oficiales de carga tan adiestrados en el dibujo y medición sobre planos, porque no tienen que introducir ningún dato de los vehículos al estar programados en memoria.

La carga está programada para evitar que la tripulación cargue a boleo e invierta mucho tiempo en simular la misma. Dispone de plantillas fijas predeterminadas con las huellas de los vehículos sobre las cubiertas, donde el usuario solo activa las plazas

a ocupar. Requiere que el software disponga de todas las posibles huellas fijas de los vehículos que habitualmente transporta el buque, y cumple con el Plan de Carga. Se tarda menos de 2 minutos en simular y calcular la carga de un buque mediano o grande,

porque todo el esfuerzo de planificación, medición y cálculo ya la tiene incorporado el software. Janus lo ha aplicado, por ejemplo, en varios buques de Baleària y Armas-Trasmediterránea.

Los métodos 2 y 3 conllevan bastantes más horas de trabajo que el método 1, y, por lo tanto, son más precisos, aunque se pueden compatibilizar con el Método 1. La inmensa mayoría de las empresas de software de carga rodada utilizan el Método 1, y por ello sus precios son económicos ya que no disponen de Módulo de Carga. A cambio de esos bajos precios, ofrecen un software rudimentario para la carga completa del buque, que acaba siendo inservible porque apenas se usa y si se usa aporta malas prestaciones y precisiones, y por ende mala seguridad marítima (muchos accidentes). Se cumple el dicho: “lo barato sale caro”.

### Modernización de Armas-Trasmediterránea

Mediante esta colaboración con Janus, Armas-Trasmediterránea se incorpora al grupo de grandes navieras con el software modernizado, porque no solo se trata de simular la carga del buque con rapidez y precisión sino de evitar accidentes por buques mal controlados y/o cargados. Cada vez más, las grandes empresas optan por software de última generación, y ya solo utilizan software primitivo las pequeñas navieras o las anticuadas.



# Los coches eléctricos, los barcos y los aranceles

## Una cartera de pedidos que se sale La “utopía”, Tomás Moro. Soberanía



**Por José-Esteban Pérez García**

I.N. Colegiado nº 700

Ex vicepresidente del Grupo de Construcción Naval del Consejo de la OCDE.

Ex secretario general , Community of European Union Shipbuilders Associations.

y Director General AWES. Ex director Ast. Cádiz (AESA).

Académico de Número de la Real Academia de la mar.

Ex Presidente Comité Asuntos Marítimos IIE.

Antes de remontarnos a algunos años atrás y resucitar los modos y maneras que hicieron que la industria de la construcción naval europea fuera desplazada del mercado mundial por las actuaciones de sus competidoras orientales, vamos a detenernos un poco en lo que está pasando actualmente en el mercado de los automóviles eléctricos, y en particular, con los de fabricación china.

En los titulares de muchos medios de comunicación se ha leído o visto estos días, que la Comisión Europea comenzó en octubre del año pasado una investigación sobre la fabricación de los coches eléctricos en China, incluyendo a sus cadenas de valor.

La Comisión ha concluido su investigación, según la cual, la fabricación de estos coches se beneficia de “subsidios injustos”, y que tal cosa daña económicamente a los fabricantes europeos. En consecuencia, la CE se ha puesto en contacto con el gobierno chino para discutir las conclusiones de su estudio y tratar de encontrar la manera de resolver los problemas encontrados por alguna vía compatible con las reglas de la Organización Mundial del Comercio. En tanto en cuanto no se llegue a algún tipo de arreglo, se establecerían por parte de la EU unos “derechos compensatorios provisionales” para los coches “BEV” (battery electric vehicles), vulgo aranceles, a partir del 4 de julio del año en curso. Estos aranceles variarían entre un 17,4 % al 38,1 % con un valor medio ponderado del 21 % para los fabricantes chinos que cooperaron o estaban dispuestos a ello. Para los que no lo hicieron, el arancel será del 38,1 %.

Las quejas de los fabricantes europeos ante la situación creada son bastante anteriores a la decisión de la CE de investigar el asunto, pero llama la atención la celeridad posterior empleada en poner una solución, aunque esta sea provisional.

**Quién esto escribe no tiene más información que la publicada en los medios de comunicación, pero ésta puede servir para, muy a “grosso modo” hacer comparaciones en el comportamiento de la UE, Comisión y Consejo, con el que tuvo lugar en los años en los que la industria europea de la construcción naval precipitó su decadencia.**

**La presidenta de la CE, Ursula von der Leyen manifestó que la investigación llevada a cabo descubrió que los precios que los europeos pagaban por los coches eléctricos chinos eran artificialmente bajos y distorsionaban el mercado interior de la UE, y que tal cosa era inaceptable.**

No sabemos (si se diera el caso) cómo se trataría a automóviles chinos exportados por China a un país no perteneciente a la UE, y reexportado por este país a uno de la UE (no importaciones temporales de por medio) recibiría el mismo tratamiento que los recibidos directamente en la UE.

En fin, todo esto son disquisiciones que probablemente no nos llevarán a ninguna parte. Lo que si parece destacable de toda esta historia es que haya habido cooperación en la investigación de algunos fabricantes chinos. Este intento ni siquiera se hizo en la crisis de competencia de la construcción naval, ni con Japón, luego Corea del Sur Corea del Sur, ni finalmente con China. Claro que los buques construidos por estos países, no iban a navegar sólo para el mercado interior europeo, aunque sus armadores fueran europeos.

**El concepto de “mercado interior” ha sido utilizado en repetidas veces y en diversos sectores, para ayudar o no hacerlo, o hacerlo de manera inefectiva tanto en la UE como en otros países. Un ejemplo muy especial lo constituyen los EE. UU., con la conocida “Jones Act” y su “Title XI) en lo que afectan a su mercado marítimo.**

Es comprensible la reacción de la Comisión, pero fue incomprensible la falta de reacción de la Unión Europea en los años de plomo para su industria de construcción naval, falta de reacción secundada por la “tibieza” de los países miembros.

No se intentó en serio ninguna reunión ni se amenazó con aranceles ni contrapartidas. La simple razón era que la inmensa mayoría de los buques que se ofertaban a armadores europeos eran registrados en países con banderas de “conveniencia” no pertenecientes a la UE, y salvo penalizaciones a los cargamentos, cosa imposible de aplicar, pues estos pueden provenir de cualquier lugar, la UE no tomó ninguna contramedida de carácter comercial para luchar contra la competencia desleal, en aquellos momentos, de Corea y Japón y ahora de China. Claro que el estado de cosas actual es completamente distinto, pero su “entretela filosófica” es la misma.

Ahora China contraataca con prohibición de importación de carne porcina de procedencia europea, y mañana, si sigue la espiral, se tratará de otros productos, iniciándose así una guerra comercial de calado.

Es cierto que al principio de aquellos años en los que se fraguaba la caída de la industria europea, se acordó ayudarla mediante una Directiva que autorizaba a los Estados miembros a dar ayudas a su industria naval civil con un tope máximo equivalente a la suma del valor del contrato más el de la propia ayuda.

Cada país miembro tenía la capacidad de establecer otras cuantías con el tope máximo del establecido en la correspondiente Directiva del Consejo de la UE, que exigía un proceso de reestructuración y reducción de capacidad como contrapartida, además de anunciar una disminución progresiva de

la cuantía de la ayuda hasta anularla en el momento en el que se considerara que el conjunto de medidas tomadas había surtido efecto y las condiciones de competencia en el mercado internacional eran normales.

Digamos que lo que motivó estos movimientos era el convencimiento de que el mundo registraba un exceso de capacidad de construcción, que desequilibraba la relación entre la oferta y la demanda de manera que la única manera de contratar era a unos precios muy bajos que solamente los orientales se podían permitir gracias a sus muy bajos salarios y ayudas estatales de variado tipo e ingeniosidad.

Por tanto, y según este pretendido axioma, la reducción de capacidad (solamente europea) iba a ayudar a equilibrar el mercado restituyendo competitividad a la industria europea que, además, gracias a las ayudas tanto directas como a la reestructuración, mejoraría la capacidad de inversión de los astilleros de la UE para aumentar su productividad.

Como se dice popularmente, nada es blanco ni negro, sino más o menos gris y, en último caso, depende del color del cristal con que se mira.

Desafortunadamente (o no) el sector marítimo tiene características que le hacen diferir bastante de otros sectores industriales y de transporte, que hemos mencionado repetidas veces, empezando por su carácter global, incluso cuando todavía tal palabra no se usaba para definir lo que hoy representa, respecto a los conceptos del comercio, y sus orígenes entremezclados con los del poder militar que no fueron completamente ajenos.

**En resumidas cuentas, la gran diferencia entre los astilleros europeos y los orientales ha sido, y sigue siéndolo en algunos casos, que estos no han estado dependien-**

Tabla 0. Indicadores económicos

Países	PIB 12 ult meses	PIB 2024 %	Población	Ppto % PIB	Deuda % PIB	IPC.Est. 2024	Desempleo	Tasa Interés	Divisa/ \$	H Trab/ % PIB	R+D / % PIB	Salario/ mes	CO <sub>2</sub> / cápita	Defensa % PIB
España	2,4	2,4	48,6	-3,5	106,31	2,9	11,7	3,3	1,1	1.695	1,4	2.064	4,3	1,5
Eurozona	0,4	1	448,4	-3	85,1	2,4	6,5	2,7	1,1	1.513	2,1	1.093	5,4	1,2
Francia	1,1	1,1	68,4	-4,9	111	2,7	7,3	3	1,1	1.402	2,2	3.137	4	1,9
Alemania	-0,2	0,2	84,7	-1,5	69,6	2,1	3,2	2,7	1,1	1.322	3,1	4.094	7,3	1,4
Italia	0,6	1	56	-5,4	151	1,7	7,2	4	1,1	1.657	1,4	2.233	4,7	1,7
Irlanda	0,5	1,7	5,3	-2,7	44,3	2,2	4,2	4	1,1	1.772	1,1	3.241	6,8	0,2
Noruega	-0,8	1	5,7	12	37,4	3,3	3,9	3,7	10,6	1.424	2,1	5.847	6,7	1,6
Polonia	1,9	2,9	37,9	-5,2	49,3	3,8	5,1	5,8	3,95	2.023	1,5	2.430	7,4	2,4
R. Unido	0,2	0,4	69,5	-4,2	107	2,6	4,3	4,3	0,79	1.676	2,9	5.460	4,6	2,2
Rusia	5,4	2,7	143,4	-1,6	17	7,1	2,7	14,7	89,6	1.874	nd	1.400	12,1	4,1
EE. UU.	3	2,2	341,4	-6,3	129	3	3,9	4,6	1	1.783	3,4	3.600	13	3,5
China	5,3	4,7	1.425,5	-4,8	71,5	1	5	2,1	7,25	2.174	2,4	1.820	7,8	1,6
Japón	-0,2	1,3	126	-4,8	262,5	2,3	2,6	1,1	158	1.712	3,3	2.808	8	1,1
India	8,4	6,6	1.435,20	-5,3	84,2	4,9	8,1	7	83,3	2.117	nd	1.454	1,6	2,4
Corea Sur	3,2	2,7	51,5	-1,6	51,3	2,6	3	3,5	1.365	2.113	4,9	3.122	11	2,7

Fin mayo 2024

NOTAS: PIB 24: estimación. IPC: estimación. Desempleo: mes citado. Divisa: mes citado. Horas: 2023. RD: 2022. PIB: cambio en 12 últimos meses. Defensa: gastos anuales % PIB Mundo, defensa 2,3 PIB. Tasa int: Bonos gobierno a 10 años

Desempleo: % población activa. España no incluye parte Prop. Fijos discontinuos. CO2 MUNDO 2023: 35,8 GT 0,1 % > 2022

Fuentes: The economist, banco Mundial, OCDE, salary experts, OCDE STI.

Indicadores Marítimos

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
FFlota Mundial. 1.000 Mtpm	1.747	1.806	1.862	1.964	2.058	2.016	2,116	2.200	2.309	2424*
Tamaño medio en tpmx1.000		36	37	37	37	38	39	39	39	40*
Cartera mundial NC % Flota	17	17	11	10,3	8,8	10	10,8	10	12	12*
Tráf mar. Mund.MT-milla	51.113	52.775	53.361	56.996	57.399	56.993	58.365	59.055	65.358	70780*
Traf. Mar. mundial Mt	10.023	10.295	10.716	11.019	11.071	10.648	11.063	12.119	12.410	12906*
Cartera Mundial NC. Mcgt	110	89	83	85	82	8	24	120,9	126	131*
Entregas NNCC en Mcgt	39	37	35	33	35	30	45,3	34,2	35	36*
Petróleo Brent \$/barril	36,7	55,2	68,7	62,7	69,3	83,5	77,8	84,86	82,4	81
Comb Ifo-380 \$/t (Rott)	162	213	370	367	251	450	458	418	449	585
Comb MGO/VLSFO \$/t	335	383	593	544	567/502	687/580	697	535	640/582	540/730
Metanol \$/t Verde/gris									1.200/750	
LNG \$/MMBTU. H.Hub	1,93	3	3,12	2,73	2,33	5,08	5,05	3	6	3
Acero plancha. \$ / t (Ch)	420	460	580	600	580	850	750	905	900	620
PIB MUNDIAL 2023. Mill US\$	74.954	76.153	80.823	85.883	87.390	84.971	94.935	103.860	105.568	108.313
Emisiones CO <sub>2</sub> % Total mund.				2,3	2,2	2,5	3	2,3	2,3	

mayo 2024. Emisiones CO2 del transporte marítimo totales en 2022: 855 millones de toneladas. Fuentes: UNCTAD, Lloyds,OCDE, datos macro, maritime ex., Fearnresearch, ABS. World Bank. BIMCO. Acero: ASTM A 131 Grade B 20/25 mm Asia. Comb: Ship & bunker.com, marine methanol. (\*) Estimación. Fechas: Se entiende fin de año o de mes.

do para progresar, de sus cuentas de resultados, mientas aquellos sí lo han estado, cuando los orientales eran los que fijaban los precios.

Anécdotas sobre la batalla

Puedo relatar una anécdota que refleja lo que sucedió durante una reunión en Corea

**Tabla 2. Precios de nuevas construcciones en MUS\$**

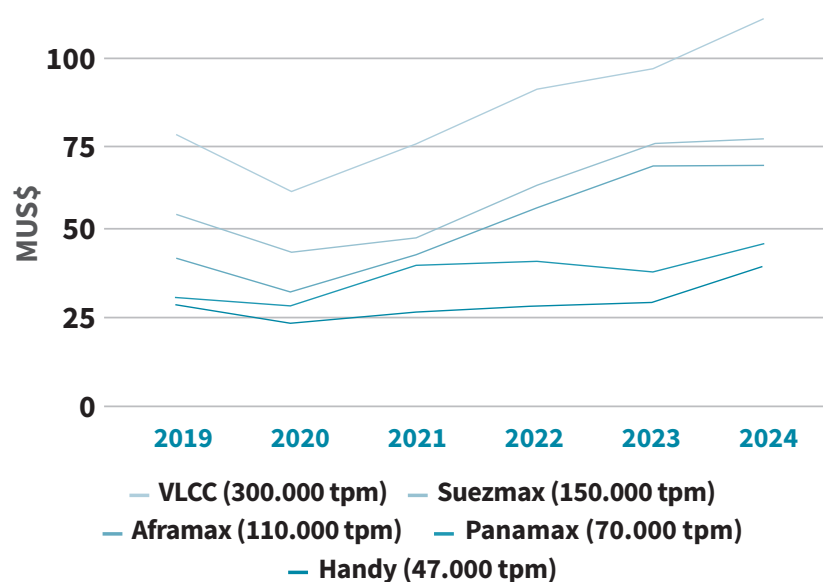
	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<b>PETROLEROS</b>						
VLCC (300.000 tpm)	92	86	109	121	124	130
Suezmax (150.000 tpm)	61	56	76	84	82	87
Aframax (110.000 tpm)	48	47	61	64	66	71
Panamax (70.000 tpm)	45	41	36	42,5	54	52
Handy (47.000 tpm)	36	34	33	33	52	48
<b>GRANELEROS</b>						
Capesize (170.000 tpm)	50	46,5	60	61	67	70
Kamsarmax* (82.000 tpm)	27	26	33	34	38	37
Handymax (60.000 tpm)	25	24	30	31	35	33
Handy (35.000 tpm)	23	23	28	28	32	29
<b>PORTACONTENEDORES</b>						
1.000 teu	19	18,5	18,5	16,7	23	24
3.500 teu	40	40	50	32	27	28
6.700 teu**	72	72	72	66	42	43
8.800 teu***	89	88	95	81	86	110
13.000 teu****	109	108	140	112	126	141
20.000 teu	145	144	182	150	190/240**	240
<b>GASEROS</b>						
LNG 174.000 m <sup>3</sup> *)	186	186	208	260	260	260
LPG 82.000 m <sup>3</sup>	71	71	82	76	69	124 #
<b>CAR CARRIER</b>						
3.500-4.000 / 6.500 ceu	59	59	67	68,5	68,5	68,5
2.300-1.700	48	47,6				
<b>MULTIPROPÓSITOS</b>						
17.200 tpm	25	21,5	21,5	22	22	22

LNG: antes 160.000 m<sup>3</sup>. (\*) Antes 70.000 (\*\*) Antes 6.200. (\*\*\*) Antes 8.000. (\*\*\*\*) Antes 12.000. (Antes 20.000 TEU). Fuente: ATHREP, Baltic Exchange, fearnleys, Clarkson, OCDE, ITFLPG #: LPG/amoniaco, abr-24. Fearnleys O. Report. Athenian R 11/2022. R.3/24(\*\*) Metanol

entre una delegación de las autoridades coreanas, acompañadas por representantes de sus astilleros más relevantes con sus homónimos europeos y a la que yo asistí, allá por los años noventa y algo. En un intento coreano de justificar su manera de enfrentar al mercado, nos “aseguraron” que los europeos no teníamos nada que temer, que su lucha era contra los japoneses, a los que tenían que derrotar por muchas razones (entre ellas algunas históricas). Creo recordar que los europeos nos miramos asombrados, seguramente pensando si estábamos soñando o nos habíamos equivocado de lugar, tiempo y circunstancia.

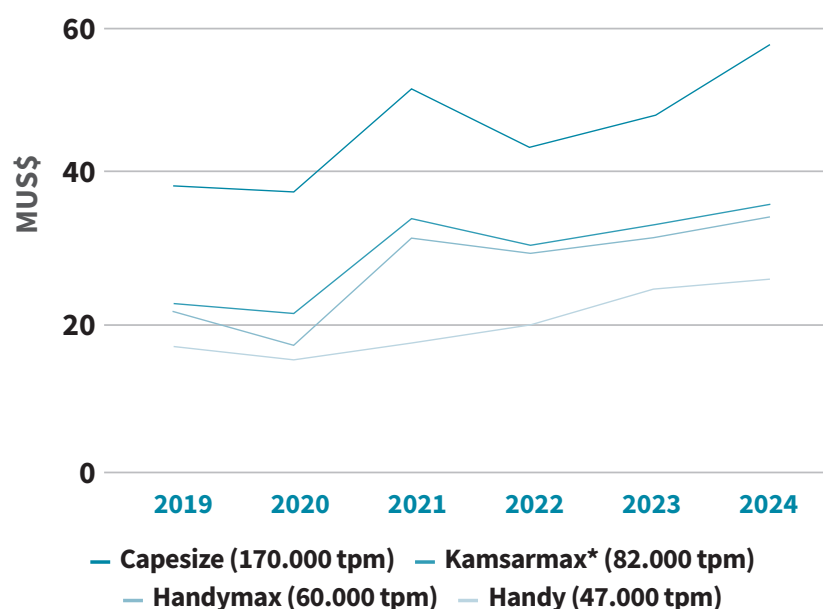
Esta anécdota ayuda a entender que los “mercados internos” y “mercados únicos” no son conceptos que sirvan para tomar decisiones en negocios como el de la construcción naval, de fuerte naturaleza exportadora.

Un ejemplo de pasada, retrata esta naturaleza: Un tráiler que transporta mercancía entre Sevilla y Salzburgo, por ejemplo, no compite con otros que hacen lo mismo entre Chongqing y Pekín, en China, y no lo hace ni en costes de capital, ni de mantenimiento ni de tarifas, etc., Esta comparación sí puede tener sentido para los que el manejo del concepto de “mercado interno”.



**figura 1a.**  
**Precios petroleros  
segunda mano**

Fuente: ATHREP,  
Baltic Exchange,  
Fearnleys, Clarkson,  
OCDE, ITF. abr-24



**figura 1b.**  
**Precios graneleros  
segunda mano**

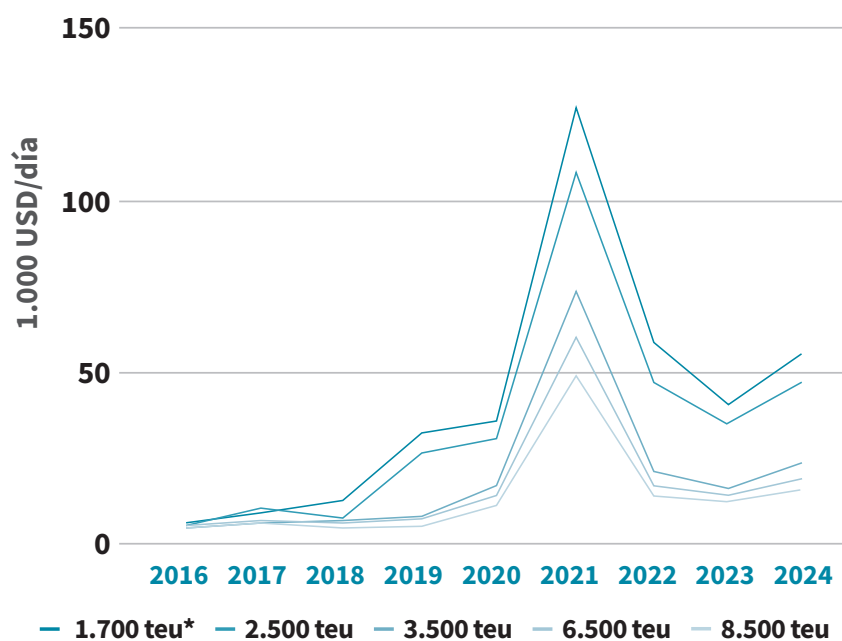
Fuente: ATHREP,  
Baltic Exchange, Fearnleys,  
Clarkson, OCDE, ITF.  
abr-24

Mes	ene	feb	mar	abril	mayo	TOTAL
Petroleros	30	29	23	21	19	19
Graneleros	46	65	61	52	53	277
Gaseros	4	2	2	6	2	16
Contenedor	5	9	8	15	12	49
Multipropósitos	0	1	0	1	0	2
Frigoríficos	0	0	0	0	0	0
Ro-ro	2	8	7	22	5	44
Ferry	0	0	0	0	2	2
Cruceros	2	1	0	6	0	9
<b>Totales</b>	<b>89</b>	<b>115</b>	<b>101</b>	<b>123</b>	<b>93</b>	<b>521</b>

NOTA: Cifras, n.º buques al final de cada mes. Se excluyen ventas por desguace  
Fuentes: Athenian SB

**figura 1c.**  
**Mercado de compra/  
venta de buques**

Fuente: ATHREP,  
Baltic Exchange, Fearnleys O.  
Report, Clarkson, OCDE, ITF,  
Athenian R 5/23  
feb-24



**figura 2.**

**Portacontenedores.  
T/C a 1 año  
en 1.000 USD**

Fuente: Harper Petersen  
abr-24



Fletes carga seca. 1.000 US\$/día(Promedio)

Tipo	1 / 2 Año		1 Año		2 Años	
	Atlant	Pacific	Atlant	Pacific	Atlan	Pacific
Capesize	24	24	14,5	24,5	22	22
Pan/kmax	22	17	18	17	16,6	16
Sup/Ultra max	16,5	16,2	17	15,2	15,3	14,2
Handy	14	14,5	15	14	13	12,5
Fin abril 2024						
Capesize	24	24	24	24	23	23
Pan/kmax	21	17	17	16,5	16	15,7
Sup/Ultramax	18	17,5	17	16,5	16,2	15
Handy	12,5	16,2	12,2	15,5	12	14
Fin mayo 2024						

Fuentes: Alibra SL, At. Sbrokers, Elab Propia

Fletes graneles líquidos. 1.000 US\$/día (Promedio)

Tipo	Spot	1 Año	3 Años	5 Años
VLCC	39	47,5	52,5	47,5
Smax	42	43,5	43,5	38,5
Aframax	42	49	43,5	37,5
LR 2		50,5	42,5	38,5
LR1		38,5	32,5	30,5
MR IMO 3		31	28,5	24
Handy		28,5	24	21
Fin abril 2024				
VLCC	38	48,5	53,5	48,5
Smax	48	46	44,5	41,5
Aframax	49	50	43,5	38,5
LR 2		52,5	44,5	39,5
LR 1		40	33	31
MR IMO 3		31	28	25
Handy		29	24	22
Fin mayo 2024				

NOTA : Para 3 y 5 años buques con Scrubber. (\*) Oriente medio >> Occidente. Fuente: Alibra SL, ATBS, Fearnleys

Fletes buques gaseros

Año 2024 abril	2021	2022	2023	2024
LLPG 82.000 spot. Butano Mar del Norte. US\$/t	426	557	500*	441
LNG 160.000.Spot. Oeste Suez. 1.000 US\$/día	150	200	95	45
LNG 160.000 TC 1 Año. 1.000 US\$/día	47	184	67,5	60,5

(\*) Butano. Fines de año o del mes indicado

Pues bien, en la época en la que se tomaron en la UE las decisiones mencionadas, en las que las ayudas recibidas empezaron en un 24 %, que se fue reduciendo sucesivamente, según que tipos de buques, y que al llegar a un

13 % en 1991<sup>1</sup>, enfrentarían, en un siguiente paso, la posible eliminación completa.

Sucedió entonces algo que merece la pena recordar. CESA (Committee of the European



Shipbuilders Association) que representaba a las asociaciones de constructores navales de la UE (hoy SeaEurope), estaba dividida sobre la eliminación de las ayudas de Estado. Había unos pocos países, singularmente Dinamarca que se manifestaron desde el principio contra el Acuerdo anterior que había puesto en marcha el Consejo de ministros de la EU, articulada en sucesivas directivas de la Comisión, y que especificaban los techos de dichas ayudas.

Nunca quedó claro si la posición de la industria danesa era “postureo” o de verdad

creían que podían competir con los asiáticos a pecho descubierto. Contaban con que su gran astillero Odense Lindø propiedad de AP Möller también dueño de Maersk, encargaría permanentemente sus buques en su astillero, lo que duró hasta que los empezó a contratar en Corea, tanto portacontenedores como petroleros VLCC. El astillero de Odense está hoy cerrado.

El método que seguía la Comisión Europea para intentar comparar los precios coreanos o japoneses con los costes europeos, era encargarla a una firma consultora que siempre

era la misma, calcular aproximadamente (porque como es lógico, exactamente era imposible) dicha diferencia en varios tipos de buque cuyo precio de contrato de los astilleros asiáticos era conocido públicamente. Los astilleros europeos calculaban los costes de los buques, de características conocidas, y así el consultor emitía un informe anual a la Comisión para que esta decidiera sobre los techos de ayuda.

Siendo entonces (año 91) presidente de CESA a la sazón un español, Juan Sáez Elegado (Presidente de Astilleros Españoles), y el secretario general, otro español que era el que esto escribe, en el debate sobre qué hacer, ambos propusieron convencer a la Comisión Europea y a su Comisario responsable de los asuntos de Competencia, el británico Sir Leon Brittan de que fuera un consultor de reconocido prestigio internacional y elegido por CESA, el que hiciera el estudio, y no el habitual que usaba la Comisión.

La propuesta fue finalmente aprobada por CESA y se produjo una reunión entre el Comisario Brittan y los dos representantes de CESA antes mencionados. La reunión se celebró en un ambiente realmente tenso, con una escenificación inicial en la que, haciendo honor a su nombre, el Comisario semejaba al león a punto de comerse a dos frágiles cervatillos.

Fuimos advertidos de que estábamos desafiando a la propia Comisión, lo que era muy grave y podría tener consecuencias. Los representantes de la industria europea, es decir, de CESA, sólo respondieron que, en cualquier caso, los astilleros europeos íbamos a encargar el informe a un consultor internacional de primer nivel, que se lo entregaríamos a la Comisión y ella vería lo que hacía. Obviamente, y dependiendo del resultado, nosotros también.

Se eligió a Arthur Andersen tras un proceso de selección y el resultado se entregó a la Comisión Europea.

La decisión entonces de la Comisión Europea fue mantener un 9 % de techo de ayuda en vez de continuar, como antes anunciado, con la desaparición de las ayudas.

Esta intervención “rebelde” consiguió mantener ese techo al menos tres años, lo que supuso potencialmente que la cartera de los astilleros de la UE se compusiera de contratos aún con ayudas de hasta el 9 %. No se puede calcular ahora la cuantía total que supuso, porque no hay información sobre el grado de ayuda hasta el techo, que utilizó cada país miembro, y que no hubiera existido sin la discusión con la Comisión.

Como se puede ver<sup>2</sup> en las tablas y representación gráfica con los Títulos “Cuadro histórico de entregas de buques nuevos y crecimiento económico, así como “Cuadro histórico de transporte marítimo”, más la representación gráfica de cómo ha evolucionado el poder de la industria de construcción naval en el mundo, desde 1925 hasta 2023 en las naciones o áreas más importantes del mundo.

Se puede observar el paulatino declinar de la industria europea que pone en evidencia la estrategia equivocada de la UE, que precisamente cuando la industria europea se empieza a aparecer como testimonial, se dispara la producción en el bloque asiático (Corea, China y Japón) y por tanto en el total mundial, con una Europa casi desaparecida.

En la segunda tabla se observa también, coincidiendo con el entorno temporal de la caída de la industria europea, un crecimiento sostenido del volumen de transporte marítimo como del tráfico, confirmando igualmente el

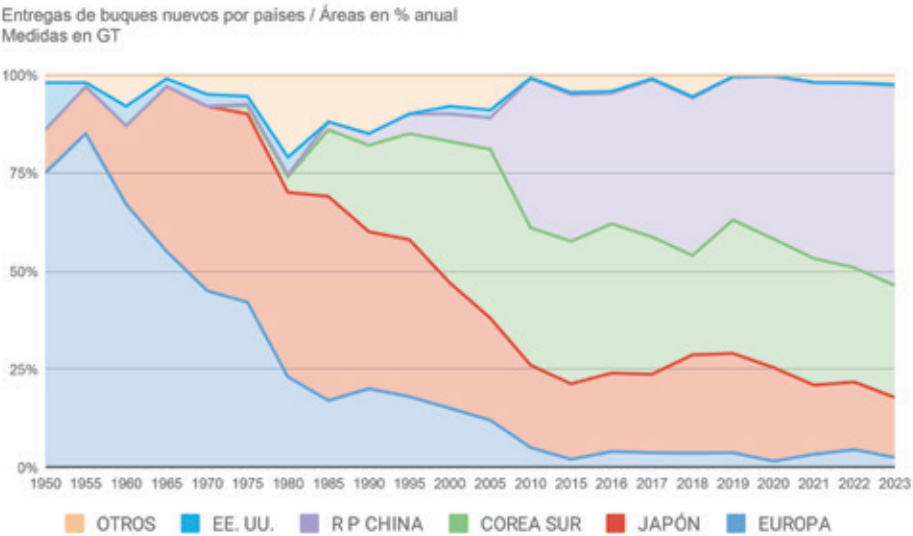
Cuadro histórico (1) de entregas de buques nuevos (GT) y crecimiento económico: PIB

AÑOS	% de la producción de cada área o país respecto al total mundial en GT						TOTAL*MGT	Crecimiento PIB mundo %
	EUROPA	JAPÓN	COREA SUR	R.P. CHINA	EE. UU.	OTROS		
1925	90	3	0	0	5	2	0,9	5,1
1930	83	5	0	0	10	2	1	-2,5
1935	86	11	0	0	2	1	1,2	5,5
1940	82	8	0	0	6	4	16	1,5
1945	15	0	0	0	80	5	2,5	-5,6
1950	75	11	0	0	12	2	1,3	6,1
1955	85	12	0	0	1	2	8	6,9
1960	67	20	0	0	5	8	14	5,2
1965	55	42	0	0	2	1	16	5,5
1970	45	47	0	0	3	5	21	5,9
1975	42	48	2	0,5	2	5,5	38	1,3
1980	23	47	4	0,5	4,5	21	13	2,3
1985	17	52	17	2	0	12	16	3,3
1990	20	40	22	3	0	15	16,5	3,7
1995	18	40	27	5	0	10	20	3,2
2000	15	32	36	7	2	8	40	4,8
2005	12	26	43	8	2	9	42	4,8
2010	5	21	35	38	0,2	0,8	98	5,3
2015	2	19	36	37	0,5	4,5	67,4	3,3
2016	4	20	38	33,3	0,45	4,25	66,4	3,3
2017	3,7	20	35	40	0,3	1	65,7	3,7
2018	3,6	25	25,3	40,1	0,35	5,6	57,8	3,5
2019	3,6	24,5	33	35,3	0,15	0,45	66	2,9
2020	1,47	23,2	31,8	40,2	0,2	0,2	54,5	-3,06
2021	3,3	17,6	32,3	44,7	0,2	1,9	60,9	6,23
2022	4,5	17,2	29,2	47	0,2	2	55,8	3,09
2023	2,5	15,3	28,5	50,9	0,3	2,5	63,5	3,2

COYUNTURA

Cuadro histórico (2) de transporte marítimo en Tons y Tons-milla y crecimiento PIB

Años	1000 T	Mil MT-mill	PIB en %
2000	6.395	29.886	4,8
2001	6.530	30.403	2,5
2002	6.684	30.607	2,9
2003	7.011	32.358	4,3
2.004	7.499	34.520	5,4
2005	7.784	35.939	4,8
2006	8.164	38.033	5,4
2007	8.579	40.011	5,4
2008	8.798	41.177	3,1
2009	8.450	39.779	-0,1
2010	9.176	43.303	5,3
2011	9.617	45.739	4,2
2012	9.974	47.717	3,5
2013	10.323	48.823	3,4
2014	10.629	50.581	3,6
2015	10.862	51.523	3,3
2016	11.185	53.379	3,3
2017	11.651	56.174	3,7
2018	11.977	57.868	3,5
2019	12.034	58.260	2,9
2020	11.664	57.546	-3,06
2021	12.060	59.398	6,23
2022	12.015	59.405	3,09
2023	12.332	63.030	3,2
2024*	12.598	63.964	3,2
2025*	12.870	65.230	3,2



	Entregas CGT x 1.000	Entregas A N.º Buques	Entregas B N.º Buques	Entregas C N.º Buques
2008	342,6	62	10	25
2009	286,9	50	4	19
2010	357,7	55	8	16
2011	317,6	43	3	10
2012	93,4	20	2	5
2013	168,7	32	2	2
2014	159,3	33	0	3
2015	34,7	25	2	4
2016	107,2	27	3	11
2017	447,8	32	6	12
2018	178	28	8	7
2019	206,5	33	11	10
2020	63,6	17	4	3
2021	181,8	17	4	3
2022	93,8	20	3	8
2023	106,2	20		8

N.º Buques A: N.º Buques entregados por los astilleros españoles que corresponden a las entregas totales primera Columna

N.º Buques B: N.º Buques entregados a armadores españoles, en todo el mundo

N.º Buques C: Buques construidos en los astilleros españoles

La diferencia entre  $A \neq B+C$  corresponde a los buques no mercantes

Ref: Ministerio Industria, Anave

error estratégico de las decisiones tomadas en la Unión Europea y su negativa repercusión, tanto económica, como industrial, tecnológica y sociológica.

Vemos simplemente con una mirada rápida, que la contribución europea a la producción mundial de buques de nueva construcción el pasado año, representa sólo un 2,5 % del total.

Alguien puede argüir que muchos de los buques que están navegando por los mares y océanos del mundo son propiedad de intereses europeos, lo cual es cierto, pero muchos buques no están registrados en Europa, sino que flamean pabellones de conveniencia y, por lo tanto, no “son europeos”.

### Algunas precisiones en bruto sobre ayudas

Puede ser interesante recordar ciertos cálculos relacionando ayudas teóricas y pro-

ductividad y utilizando la siguiente nomenclatura<sup>3</sup>:

$P_u$  = precio en US\$/cgt

$C_u$  = coste en US\$/cgt

A = Ayuda a la construcción naval en % del coste

B = Beneficio de la construcción en %

Entonces:

$$P_u = (C - A \cdot C_u) \cdot (1+B) = C_u (1-A) \cdot (1+B)$$

$$C_u = P_u / (1-A) (1+B)$$

Si llamamos  $V_a$  al valor añadido por el astillero

$C_h$  = al coste / hora del astillero

R = a la productividad en Horas / cgt,

Entonces:

$$C_u \cdot V_A = C_h \cdot R$$

$$C_h \cdot V_A = P_u [R \cdot (1-A) \cdot (1+B)]$$

$$B = -1 + (P_u \cdot V_A) / [(1-A) \cdot C_h \cdot R]$$

$$\text{Llamando } K = (P_u \cdot V_A) / [(1-A) \cdot C_h]$$

$$B = (K / R) - 1$$

Suponiendo un caso hipotético de ayuda del 13 % y  $P_u = 2.000$  US\$, y un valor añadido por el astillero  $V_A$  de un 30 %, un coste hora de 33 US\$, entonces  $k = 20,9$ , y  $B = (20,9 / R) - 1$ , con lo que, con la ayuda del 13 %, el resultado para el astillero constructor sería positivo para  $R < 20,9 \text{ h / cgt}$ .

Es evidente que lo escrito es un ejercicio teórico en el que se consideran simplificaciones importantes, seguramente válidas en el año en el que se publicó el libro fuente. Probablemente, la productividad hoy día no debería ser medida sólo en horas / cgt, pero obviamente cualquiera que se tomase, podría utilizarse en su lugar en el cálculo.

En cualquier caso, aún no se ha sustituido la unidad cgt por otra que refleje mejor la radiografía del proceso de la construcción, su valoración y las distintas aportaciones que confluyen en él. Al menos, en la medida que el autor conoce, la OCDE no ha tomado ninguna resolución al respecto, que suele estar

basada en propuestas del WP-6 (Grupo de trabajo del Consejo que recoge la opinión de los constructores).

Sin embargo, el ejemplo puede ser utilizado simbólicamente como definición de las fronteras mínimas comparativas de competitividad.

La “ayuda” tiene un carácter “envolvente”, no sólo cuantifica las ayudas directas, sino que incluye el valor presente de todo lo que redunde en una posible rebaja del precio de venta, incluyendo ingeniería fiscal, depreciaciones y otras operaciones, incluyendo temas relativos a la fiscalidad. Estas últimas cuestiones han motivado infinidad de conflictos relativos a la DG de la Competencia de la Comisión, que no es el momento de desarrollar aquí.

## La longitud del futuro

Lo que está sucediendo, tanto en el mundo naviero como en la industria de construcción naval ha sorprendido a algunos especialistas en predicciones sobre el sector y su futuro en el ámbito mundial.

Estimaciones actuales nos dicen que el mercado de la construcción naval en el mundo, puede crecer del orden de 22.000 millones de US\$ entre 2024 y 2038, y a un CAGR de 3,95 % durante ese periodo<sup>4</sup>: Las carteras de pedidos han engordado mucho en el pasado año y en lo que va de 2024, aunque, como es usual en los últimos tiempos, este crecimiento se localiza en China, Corea del Sur y algo menos en Japón, y todo ello en medio de una situación mundial con un aspecto cada vez menos estable que puede tener, y las tiene ya, amenazas comerciales que afectan a las cadenas de suministros, y cierta volatilidad en los precios de los aprovisionamientos, algunos tan fundamentales como el acero.

Pero, en todo caso, la realidad es que en la segunda década de este siglo XXI se está produciendo un salto cuantitativo en el número de buques nuevos que se incorporan al transporte marítimo, acompasado con el aumento del tonelaje de la flota, y sobre todo con una mayor distancia de sus singladuras, como se puede apreciar en las tablas históricas al comparar las toneladas gt con las t-milla.

Esta situación se prolonga también para las estimaciones para lo que resta de año y 2025; una prueba (veremos si acertada) de que no se esperan reducciones en las distancias a recorrer, sino probablemente lo contrario.

**A la vista de la situación contractual creciente parece haber mucha confianza en que los buques que se entregan este año, el próximo y más allá tendrán trabajo.**

Está claro que la diferencia entre las dos columnas específicas de las tablas del transporte marítimo constituye un índice muy clarificador.

Todo lo que está sucediendo ha sorprendido a lo que podíamos calificar como “sociedad marítima internacional” y ha sido impulsado a su vez por la transición energética hacia buques, que mayoritariamente corresponden al tipo de propulsión “dual” con el gas natural licuado como protagonista, seguido del metanol, hasta el punto de que los contratos de nuevas construcciones firmados durante el primer cuatrimestre de 2024 corresponden a 540 buques por un valor de 50.800 MUS\$.

Estos contratos suponen 39,2 Mtpm y 16,4 Mcgt<sup>5</sup>, y con precios que están ya muy cerca de los máximos históricos. La extrapolación de estas cifras a todo el año, supera claramente las registradas en todo el año 2023.

Merece la pena consignar que la solución energética de estos buques que encabezan la carrera, es precisamente la que corresponde al LNG dual con 85 buques LNG duales (9,5 Mgt) seguida de la solución metanol dual, 29 buques (2 Mgt); 34 LPG-capaces (1,4 Mgt) y 68 de batería / híbridos, (0,6 Mgt).

En resumen, a primeros de mayo, la cartera mundial de buques de nueva construcción alcanzaba 4.782 unidades que sumaban 290,6 Mgt y 132 Mcgt y los contratos superaban del orden de un 6 % las cgt los del periodo similar del año 2023, con lo cual, si se mantiene el nivel medio de productividad, se llegarían a alcanzar volúmenes de cartera de pedidos nunca registrados.

**Esto es, evidentemente un cálculo aproximado, pero lo que sí es más cierto, es que la inmensa mayoría de la flota mundial habría sido construida por China, Japón y Corea, y constituirían el grueso de la flota de aprovisionamiento estratégico, con una minoría registrada en los países de la UE, o del EEE.**

### El despegue de los gaseros LNG

Llama la atención el impresionante despegue de los contratos de buques LNG, con precios ya por las nubes y entregas a casi un lustro de distancia. Esto parece desbordar todas las previsiones hechas sobre el mercado a medio plazo y, en cambio, parece probar que el mundo naviero asume que, durante la transición energética mundial, y también la suya propia, el gas natural licuado parece ser la elección para la producción de energía, y en el caso de los buques, para las propulsiones duales, teniendo en cuenta la vida esperada de los que se están construyendo, que oscila alrededor de los 25 años.

Sobre este tipo de buques hay ciertas particularidades que tienen que ver con la industria española de construcción naval y que

merece la pena recordar. Los últimos buques LNG que se construyeron en Europa, en número de seis, lo fueron en España, contratados en el año 2000, por lo que entonces era Astilleros Españoles S A. empresa pública encuadrada en el conglomerado industrial de la SEPI.

Eran buques de la capacidad que entonces se llevaba, 135.000 metros cúbicos y propulsados mediante turbinas de vapor y con la solución para contener la carga de membranas en vez de esferas; la construcción se repartió entre los astilleros de Sestao, Puerto Real y Astano (hoy Fene).

Cuando el mercado empezó a demandar buques mayores, coincidiendo más o menos con la fusión de Astilleros Españoles con la EN Bazán, dando lugar a la empresa IZAR (hoy Navantia), la industria española renunció a ofertar buques LNG, que ya tendrían una capacidad de carga de 160.000 / 170.000 m<sup>3</sup>, y propulsión con motores lentos de 2 T que, casualmente eran los que habitualmente se colocaban en esos astilleros, y por lo tanto resultaban familiares, de manera que la curva de la experiencia hubiera ayudado sin duda a equilibrar resultados.

**Hace aproximadamente 20 años, un informe perfectamente documentado sobre el futuro mercado de los buques LNG, realizado por el ingeniero naval Rafael Gutiérrez Fraile, predijo que para 2010 se contratarían en el mundo unos 40 buques anuales con precios más elevados que entonces.**

El informe, a la vista de la situación muy positiva desde hace tiempo, ha quedado muy superado por el comportamiento del mercado. El autor del informe no se equivocaba en cuanto a la trayectoria, pero la realidad no sólo confirmó sus conclusiones, sino que las ha superado con creces. Lamentablemente, la decisión de la empresa fue la

de abandonar el mercado de los buques gaseros, mercado que en los últimos años registra una demanda superior a la oferta. En el primer cuatrimestre de 2024 se han contratado 55 buques LNG con una capacidad total de 11 millones de  $\text{m}^3$ , número equivalente al de la contratación de todo el año pasado. Debido a las tensiones inflacionarias actuales y a la estrecha disponibilidad de los astilleros, se estima que los precios medios de buques de 170.000  $\text{m}^3$  rondarán los 264 M US\$.<sup>6</sup> Daremos como otro dato indicativo: mientras en el año 2010, la flota de buques LNG se componía de 337 buques que sumaban 26 Mgt, al finalizar 2023, estas cifras eran respectivamente 717 y 58. Se habían más que doblado<sup>7</sup>.

Lamentablemente, en España, de los tres astilleros que se repartieron la construcción de los gaseros, solo uno mantiene capacidad física para construir estos buques

que en muchos casos llegan ya a una capacidad de 216.000  $\text{m}^3$ . El cierre de astilleros o de instalaciones europeos para construir grandes buques fue generalizado, y sólo se resistieron Francia (Chantiers de l'Atlantique), Italia (Fincantieri) y Alemania (Meyer Werft) y Finlandia (Meyer Turku) para mantener la supremacía que aún tienen, en la construcción de grandes buques de crucero.

Los detalles globales a lo largo del tiempo se pueden ver en las tablas y el gráfico citado.

### Una Utopía estratégica

Recordando la obra "Utopía", escrita por Tomás Moro y publicada en 1516, redactada con una inteligente buena fe y salvando las distancias temporales, sociales e históricas, se nos viene a la mente una ocurrencia que tiene que ver con lo que a lo largo de varias



entregas anteriores de la “Coyuntura” hemos llamado “soberanía estratégica”. La que Europa y especialmente la UE debería tener: Es decir, la capacidad de suministrarse lo más necesario en épocas de guerras, calientes o frías, o de conflictos que, aunque no lleguen a generalizarse, tensionen de tal manera el comercio en el mundo que lo conviertan en un problema muy grave y cuya capacidad de resolución puede ser definitiva.

Lo que estamos viviendo ahora podría ser un principio de esa peligrosa situación.

Hemos escrito, líneas arriba, que la UE ha renunciado hace tiempo a construir los buques sobre los que pesa la responsabilidad del transporte de aprovisionamientos y productos energéticos vitales, y que, en muchos casos, los dueños de estos buques, aunque sean europeos, los tienen abanderados en registros de conveniencia no europeos.

Sigamos construyendo la “utopía”, e imaginemos que los países miembros de la UE acuerdan un programa de construcción naval en determinadas condiciones, como podrían ser: Créditos a la construcción por valor de más del 80 % del valor de la construcción y con un periodo de repago próximo a la vida útil del buque e intereses inferiores a los del mercado.

El compromiso exigido al armador, es la obligación de que en el caso de que el buque construido y operado en estas condiciones, que pertenecería a una lista de tipos previamente acordada, estuviera registrado en la UE, (en un registro creado al efecto) podría ser requerido para contribuir al mantenimiento de la soberanía estratégica de la UE en momentos críticos de necesidad.

Es evidente que esta especie de utopía sería un proyecto político que la UE no está actualmente en condiciones de estructurar

y llevar a cabo, pero sí de estudiar en profundidad para conseguirlo en el futuro, antes de que tengamos que llorar por lo que no hemos hecho, y por que sea tarde para hacerlo. Para ello, hay que dimensionar esa flota y recuperar la capacidad física para construirla.

Entiendo que lo tan esquemáticamente expuesto (brocha gorda) no sería del agrado de los que, aunque defiendan eso de “más Europa”, discurren luego por otros caminos, ni para los que el mar no ha representado nunca una necesidad estratégica, porque nos lo resuelven otros, que probablemente no podrían hacerlo en situaciones apremiantes por amenaza de desabastecimiento.

Quizá es el momento para abrir un debate europeo, aunque nadie quiera abrir la “caja de Pandora”. En fin, cabe la esperanza de que esta utopía no siga el mismo camino que Tomás Moro, mártir de la Cristiandad.

## Bibliografía

- [1] Fuente: Perspectivas y políticas sectoriales 1991. UNINAVE
- [2] Fuentes: Lloyd´s, Stopford (Maritime Economics). Clarkson Research, Wignolst (Shipping Innovation). P. Stott, University of Newcastle, José Esteban Pérez (Economía del sector marítimo). FMI, CESA Reports/AWES Reports. Shipbuilders Assoc. of Japan , reports. UNCTAD, OCDE,Elaboración propia. NOTA. Las sumas horizontales pueden no coincidir exactamente debido a pequeños ajustes posteriores en el tiempo.
- [3] Fuente: José-Esteban Pérez. Economía del Sector Marítimo. Publicación (FEIN-IME). 2009 Cap. 2
- [4] Fuente: Market Watch / Technavio, junio 2024
- [5] Fuente: Riviera / Clarksons Research, junio 2024
- [6] Fuente: Riviera / Fearnleys
- [7] Fuente: The Shipbuilders´ Association of Japan. 2024

Cualquier consideración u opinión expresadas en este artículo corresponden exclusivamente a su autor y no representan necesariamente a los de la revista Ingeniería Naval. Ambos no serán responsables de ningún tipo de daño de cualquier naturaleza que puedan reclamar terceras partes por el uso de la información contenida.

# Índice

## 1. ESTRUCTURA DEL CASCO

- 1.1 Acero del casco
- 1.2 Piezas estructurales fundidas o forjadas
- 1.3 Cierres estructurales del casco (escotillas, puertas, puertas/rampas)
- 1.4 Chimeneas, palos-chimenea, palos, posteleros
- 1.5 Rampas internas
- 1.6 Tomas de mar

## 2. PLANTA DE PROPULSIÓN

- 2.1 Calderas principales
- 2.2 Turbinas de vapor
- 2.3 Motores propulsores
- 2.4 Turbinas de gas
- 2.5 Reductores
- 2.6 Acoplamientos y embragues
- 2.7 Líneas de ejes
- 2.8 Chumaceras
- 2.9 Cierres de bocina
- 2.10 Hélices, hélices-tobera, hélices azimutales
- 2.11 Propulsores por chorro de agua
- 2.12 Otros elementos de la planta de propulsión
- 2.13 Componentes de motores
- 2.14 Propulsión Diésel-Eléctrica

## 3. EQUIPOS AUXILIARES DE MÁQUINAS

- 3.1 Sistemas de exhaustación
- 3.2 Compresores de aire y botellas de aire de arranque
- 3.3 Sistemas de agua de circulación y de refrigeración
- 3.4 Sistemas de combustible y aceite lubricante
- 3.5 Ventilación de cámara de máquinas
- 3.6 Bombas servicio de máquina
- 3.7 Separadores de sentina

## 4. PLANTA ELÉCTRICA

- 4.1 Grupos electrógenos
- 4.2 Cuadros eléctricos
- 4.3 Cables eléctricos
- 4.4 Baterías
- 4.5 Equipos convertidores de energía
- 4.6 Aparatos de alumbrado
- 4.7 Luces de navegación, proyectores de señales. Sirenas
- 4.8 Aparellaje eléctrico
- 4.9 Proyectos "Llave en Mano"

## 5. ELECTRÓNICA

- 5.1 Equipos de comunicaciones interiores
- 5.2 Equipos de comunicaciones exteriores
- 5.3 Equipos de vigilancia y navegación
- 5.4 Automación, Sistema Integrado de Vigilancia y Control
- 5.5 Ordenador de carga
- 5.6 Equipos para control de flotas y tráfico
- 5.7 Equipos de simulación

## 6. EQUIPOS AUXILIARES DE CASCO

- 6.1 Reboses atmosféricos, indicadores de nivel de tanques
- 6.2 Aislamiento térmico en conductos y tuberías
- 6.3 Sistema de ventilación, calefacción y aire acondicionado
- 6.4 Calderas auxiliares, calefacción de tanques
- 6.5 Plantas frigoríficas
- 6.6 Sistemas de detección y extinción de incendios
- 6.7 Sistema de baldeo, achique y lastrado

- 6.8 Equipos de generación de agua dulce
- 6.9 Sistemas de aireación, inertización y limpieza de tanques
- 6.10 Elementos para estiba de la carga
- 6.11 Sistemas de control de la contaminación del medio ambiente, tratamiento de residuos
- 6.12 Plataformas para helicópteros
- 6.13 Valvulería servicios, actuadores
- 6.14 Planta hidráulica
- 6.15 Tuberías

## 7. EQUIPOS DE CUBIERTA

- 7.1 Equipos de fondeo y amarre
- 7.2 Equipos de remolque
- 7.3 Equipos de carga y descarga
- 7.4 Equipos de salvamento (botes, pescantes, balsas salvavidas)

## 8. ESTABILIZACIÓN, GOBIERNO Y MANIOBRA

- 8.1 Sistemas de estabilización y corrección del trimado
- 8.2 Timón, Servomotor
- 8.3 Hélices transversales de maniobra
- 8.4 Sistema de posicionamiento dinámico

## 9. EQUIPAMIENTO Y HABILITACIÓN

- 9.1 Accesorios del casco, candeleros, pasamanos, etc.
- 9.2 Mamparos no estructurales
- 9.3 Puertas, portillos, ventanas, limpiaparabrisas, vistaclaras, cortinas antideslumbrantes
- 9.4 Escalas, teclas
- 9.5 Recubrimientos, pintura. Tratamiento de superficies
- 9.6 Protección catódica
- 9.7 Aislamiento, revestimiento
- 9.8 Mobiliario
- 9.9 Gamba frigorífica
- 9.10 Equipos de cocina, lavandería y eliminación de basuras
- 9.11 Equipos de enfermería
- 9.12 Aparatos sanitarios
- 9.13 Habilitación, llave en mano

## 10. PESCA

- 10.1 Maquinillas y artes de pesca
- 10.2 Equipos de manipulación y proceso del pescado
- 10.3 Equipos de congelación y conservación del pescado
- 10.4 Equipos de detección y control de capturas de peces
- 10.5 Embarcaciones auxiliares

## 11. EQUIPOS PARA ASTILLEROS

- 11.1 Soldadura y corte
- 11.2 Gases industriales
- 11.3 Combustible y lubricante
- 11.4 Instrumentos de medida
- 11.5 Material de protección y seguridad
- 11.6 Equipos para puertos y plataformas

## 12. EMPRESAS DE INGENIERÍA Y SERVICIOS

- 12.1 Oficinas técnicas
- 12.2 Clasificación y certificación
- 12.3 Canales de Experiencias
- 12.4 Seguros marítimos
- 12.5 Formación
- 12.6 Empresas de servicios
- 12.7 Brokers

## 13. ASTILLEROS

## 1. ESTRUCTURA DEL CASCO

### 1.3 Cierres estructurales del casco



#### SP Consultores y Servicios, S.L.

**Rampas Ro-Ro. Tapas de Escotillas. Sistemas hidráulicos. Reparaciones.**

Sevilla • Vigo • Algeciras • Barcelona

sp@spconsulto.com

www.spconsulto.com

## 2. PLANTA DE PROPULSIÓN

### 2.3 Motores Propulsores

**PASCH**



**Motores diesel.**

**Propulsores y auxiliares 10 a 2.000 CV**

Campo Volantín, 24 - 3º  
48007 BILBAO

Tel.: 94 413 26 60

E-mail: infobilbao@pasch.es

### 2.5 Reductores



**REINTJES España. S.A.U.**

**REDUCTORES MARINOS  
DESDE 250 HASTA 30.000 KW**

Avda. Doctor Severo Ochoa, 45 - 1º B  
P.A.E. Casablanca II

E-28100 Alcobendas (Madrid)

Tel. +34 91 657 2311

Fax +34 91 657 2314

E-mail: comercial@reintjes.es

www.reintjes-gears.com



#### Masson Marine Ibérica

**Reductores-inversores desde 300 hasta 10.000 kw con PTO, PTI y frenos para paso fijo y variable.**

Avda. San Pablo, 28, Nave 22  
28823 Coslada - Madrid

Tel.: 91 671 47 66 - Fax: 91 674 78 33

info@masson-marine.es

www.masson-marine.com

### 2.7 Líneas de ejes



#### Masson Marine Ibérica

**Hélices y equipos completos de paso variable hasta 10.000 kw**

Avda. San Pablo, 28, Nave 22 - 28823  
Coslada - Madrid

Tel.: 91 671 47 66 - Fax: 91 674 78 33

info@masson-marine.es

www.masson-marine.com

**VULKAN  
COUPLINGS**

#### VULKAN Española S.A.

Acoplamientos elásticos, suspensiones elásticas. Embragues, frenos, tomas de fuerza (PTO/PTI), ejes cardan, ejes de composite. Sistemas de Filtración de aire y equipos de ventilación. Estudio y soluciones de vibraciones y acústicas. Silenciosos de escape standard y especiales. Cálculos vibraciones torsionales, 6DOF, 12DOF para suspensión elástica, ICE Class y cálculos especiales. Servicio Postventa: asistencias técnicas y repuestos.

Avda. Montes de Oca 19 - Nave 7

E-28703 San Sebastián de los Reyes  
Madrid - España

T +34 913590971 | F +34 913453182

vulkan@vulkan.es

www.vulkan.com

## 2.11 Propulsores por chorro de agua

**PASCH**



**Hidrojets para motores de 81 a 1986 kW**

Campo Volantín, 24 - 3º • 48007 BILBAO

Tel.: 94 413 26 60

E-mail: infobilbao@pasch.es

## 2.12 Otros elementos de la planta de propulsión



**COTERENA**

**TALLER DE REPARACIÓN MARINO Y TERRESTRE, Y SUMINISTRADOR DE REPUESTOS.**

Muelle de reparaciones de Bouzas, s/n  
P.O. Box 2.056 - 36208-VIGO (Spain)

Telf + 34 986 23 87 67

FAX + 34 986 23 87 19

Email: coterena@coterena.es



Inserte  
aquí su  
**publicidad**

## 2.13 Componentes de motores



**Repuestos para motores Diesel y Gas. Repuestos y servicio para Cierres de Bocina. Componentes línea de ejes.**

c/ García Camba, 6 • Oficina 403  
36001 Pontevedra  
Telf + 34 692 549 549  
Email: [info@rolloymarine.com](mailto:info@rolloymarine.com)  
[www.rolloymarine.com](http://www.rolloymarine.com)



Inserte  
aquí su  
**publicidad**



**VULKAN  
COUPLINGS**

### **VULKAN Española S.A.**

Acoplamientos elásticos, suspensiones elásticas. Embragues, frenos, tomas de fuerza (PTO/PTI), ejes cardan, ejes de composite. Sistemas de Filtración de aire y equipos de ventilación. Estudio y soluciones de vibraciones y acústicas. Silenciosos de escape standard y especiales. Cálculos vibraciones torsionales, 6DOF, 12DOF para suspensión elástica, ICE Class y cálculos especiales. Servicio Postventa: asistencias técnicas y repuestos.

Avda. Montes de Oca 19 – Nave 7  
E-28703 San Sebastián de los Reyes  
Madrid - España  
T +34 913590971 | F +34 913453182  
[vulkan@vulkan.es](mailto:vulkan@vulkan.es)  
[www.vulkan.com](http://www.vulkan.com)



### **Molinetes. Chigres. Cabrestantes.**

Avda. Cataluña, 35-37  
bloque 4, 1º Izquierda  
50014 Zaragoza (España)  
Tel.: 976 29 80 39 / 82 59  
Fax: 976 29 21 34  
E-mail: [servoship@servoship.com](mailto:servoship@servoship.com)



Inserte aquí su  
**publicidad**



### **Anclas y cadenas para buques Estachas y cables**

#### **GRAN STOCK PERMANENTE**

Parque Empresarial de Coirós  
Parcela 10  
15316 COIRÓS (A Coruña)  
Telf.: 981 17 34 78 - Fax: 981 29 87 05  
Web: <http://www.rtrillo.com>  
E-mail: [info@rtrillo.com](mailto:info@rtrillo.com)

## 7.4 Equipos de salvamento (botes, pescantes, balsas salvavidas)



### **Sistemas de evacuación. Pescantes de botes.**

Avda. Cataluña, 35-37  
bloque 4, 1º Izquierda  
50014 Zaragoza (España)  
Tel.: 976 29 80 39 / 82 59  
Fax: 976 29 21 34  
E-mail: [servoship@servoship.com](mailto:servoship@servoship.com)

## 8. ESTABILIZACIÓN, GOBIERNO Y MANIOBRA

### 8.1 Sistemas de estabilización y corrección del trimado



### **Equipos de estabilización y trimado dinámico para barcos de hasta 45 m**

Campo Volantín, 24 - 3º • 48007 BILBAO  
Tel.: 94 413 26 60  
E-mail: [infobilbao@pasch.es](mailto:infobilbao@pasch.es)

## 8.2 Timón, Servomotor



### Servotimones.

Avda. Cataluña, 35-37  
bloque 4, 1º Izquierda

50014 Zaragoza (España)

Tel.: 976 29 80 39 / 82 59

Fax: 976 29 21 34

E-mail: servoship@servoship.com

## 8.3 Hélices transversales de maniobra



### Hélices de maniobra.

Avda. Cataluña, 35-37  
bloque 4, 1º Izquierda

50014 Zaragoza (España)

Tel.: 976 29 80 39 / 82 59

Fax: 976 29 21 34

E-mail: servoship@servoship.com

## 9. EQUIPAMIENTO Y HABILITACIÓN



**Diseño conceptual.**  
**Diseño de Interiores.**  
**Diseño arquitectónico.**  
**Habilitación naval.**

Estrada Diliz, 33  
48990 Getxo (VIZCAYA)

Tels.: 94 491 10 81 / 491 40 54

Fax: 94 460 82 05

E-mail: oliver@oliverdesign.es

<http://www.oliverdesign.es>

## 9.5 Recubrimientos, pintura. Tratamiento de superficies



**Pinturas marinas de alta tecnología para la protección de superficies. Antifoulings autopulimentables para 60-90 meses de navegación, ahorra combustibles y mejora la velocidad de navegación. Epoxy alto espesor para superficies tratadas deficientemente (surface tolerant).**

Polígono Santa Rita

C/. Estática, 3

08755 CASTELLBISBAL Barcelona

Tel.: 93 771 18 00 - Fax: 93 771 18 01

E-mail: iberica@jotum.es

## 9.6 Protección catódica



**Protección catódica.**  
**Fabricante ánodos de sacrificio.**  
**Distribuidor oficial pinturas JOTUN.**

### Maquinaria de pesca NOSFOR.

Rúa Tomada, 74 Navia  
36212 Vigo (PONTEVEDRA)

Tel.: 986 24 03 37

E-mail: cingal@cingal.net

<http://www.cingal.net>

## 12. EMPRESAS DE INGENIERÍA Y SERVICIOS

### 12.1 Oficinas técnicas



**Ingeniería Naval. Diseño de buques. Proyectos de modernización. Consultoría naval. Inspección y dirección de obra. Tasaciones.**

Calle Montero Ríos 30, 1º  
36201 Vigo (España)

Tel. +34 986 43 05 60

Email: fcarceller@carceller.com

[www.carceller.com](http://www.carceller.com)



**Diseño conceptual.**  
**Diseño de Interiores.**  
**Desarrollo de proyectos.**  
**Habilitación naval.**

Estrada Diliz, 33  
48990 Getxo (VIZCAYA)

Tels.: 94 491 10 81 / 491 40 54

Fax: 94 460 82 05

E-mail: oliver@oliverdesign.es

<http://www.oliverdesign.es>



**Especialistas en el Diseño de Buques Silenciosos. Gestión integral de Vibraciones y Ruido. Cálculo y Simulación naval. Industria 4.0. URN-Ruido Radiado al Agua. Medidas y ensayos especiales. Pruebas de mar. Consultoría de averías - Análisis causa-raíz. Pruebas de Mar Integrales: Potencia, Vibraciones y Ruido, Maniobrabilidad, etc. Sistema no intrusivo de detección de cavitación. Predicción de Vibraciones, Ruidos y Ruido Radiado al Agua. CBM-Condition Based Maintenance. Proyectos I+D+i. Formación Especializada.**

Edificio Pyomar Torre 2,  
Avda. Pio XII, 44. Bajo Izda  
28016 Madrid

Tels.: +34 91 345 97 30

INFO@TSISL.ES

[WWW.TSISL.ES](http://WWW.TSISL.ES)



Inserte  
aquí su  
publicidad



#### INGENIERÍA NAVAL Y OFFSHORE

Ingeniería Conceptual, Básica y de Aprobación de Buques y Unidades Offshore. Ingeniería de Detalle: Acero y Armamento. Buques en operación: Soporte Técnico, Inspección y Varada. Integración en equipos de proyecto. Gestión y dirección de proyectos. Análisis Elementos Finitos, Estudios hidrodinámicos (CFD), Comportamiento en la Mar. Estudios de Seguridad, Transportes, Fondeos, Remolques, Estudios de Riesgos, DP FMEA. Análisis de Emisiones y Eficiencia Energética. Consultoría Técnica. Inspectores acreditados: ISM, IHM e eCMID. FORAN V80- ANSYS (Mechanical/AQWA/CFX)- RHINOCEROS - SOLIDWORKS - MATLAB.

c/ BOLIVIA, 5 • 28016 MADRID

Tel.: +34 91 458 51 19

c/ Marqués de Valladares, 3 3º D  
36201 • Vigo (Spain)

E-mail: [seaplace@seaplace.es](mailto:seaplace@seaplace.es)

web: [www.seaplace.es](http://www.seaplace.es)

-----



**GESTENAVAL**  
NAVAL ARCHITECTS & SURVEYORS

Design, Engineering, Stability Books,  
Surveys, Expert Reports, Appraisals.  
Forensic Naval Architecture  
RCD CE Marking Inspectors.  
Small Commercial Vessels Examiners.  
Ships Tow Studies

Méndez Núñez, 35 -1º  
36600 Villagarcía de Arosa

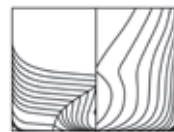
Phone: +34 986508436

E-mail: [info@gestenaval.com](mailto:info@gestenaval.com)

Web: [www.gestenaval.com](http://www.gestenaval.com)

-----

## 12.2 Clasificación y certificación



#### ORP MARÍTIMA S.L.

Informes técnicos periciales  
Naval, Marítimo, Industrial,  
Energía, Transporte.  
Asistencia en procesos judiciales,  
arbitrales y de mediación.  
Nacional e internacional.

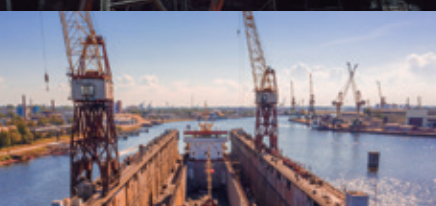
Calle Écija 7, Madrid.

Tf. +34 661 83 00 89

[frontdesk@orpmar.com](mailto:frontdesk@orpmar.com)

[www.orpmar.com](http://www.orpmar.com)

-----



# Programa Editorial 2024

## Editorial Program

### ENERO • JANUARY

Propulsión: ahorro energético. Motores, reductores, líneas de ejes, hélices. Combustibles y lubricantes.

Propulsion: energy saving. Engines, reduction gears, shaft lines, propellers. Fuel and lubricants.

### FEBRERO | FEBRUARY

Reparaciones y transformaciones. Astilleros de reparación.

Pinturas y protección de superficies.

Repairs & Conversions. Repair yards. Paint and surface protection

### MARZO • MARCH

Pesca. Acuicultura. Política pesquera

Fishing. Aquaculture. Fishing legislation

### ABRIL | APRIL

Seguridad marítima. Flota de remolcadores. LNG. Avance Navalía

Maritime Security & Safety. Tugboats fleet. LNG.

### MAYO • MAY

Industria auxiliar. Gobierno y maniobra

Auxiliary industry. Steering and manoeuvre

### JUNIO | JUNE

Construcción naval. Tendencias

Shipbuilding. Trends

### JULIO-AGOSTO • JULY-AUGUST

Ingeniería. Formación. Sociedades de clasificación

Engineering. Training. Classification societies

### SEPTIEMBRE • SEPTEMBER

Marina mercante. Puertos. Náutica. Habilitación. Ferries. Cruceros.

Merchant ships. Harbours. Pleasure crafts. Accommodation. Ferries. Cruiseships.

### OCTUBRE | OCTOBER

Sector naval militar. Electrónica y Automatización

Naval sector. Electronics and Automation

### NOVIEMBRE • NOVEMBER

Offshore • Offshore

### DICIEMBRE | DECEMBER

Energías renovables y Medio ambiente Resumen del Sector Marítimo 2024

Renewable energy and environment

### CADA NÚMERO CONTIENE ADEMÁS • EACH ISSUE ALSO INCLUDES:

Artículos técnicos • Technical articles

Descripciones de buques • Ship descriptions

Noticias nacionales e internacionales • International and national news

Artículos sobre legislación, economía, fiscalidad y normativa

Articles above legislation, economy, taxes and regulations



INGENIERÍA  
naval

REVISTA DEL SECTOR MARÍTIMO

sectormaritimo.es



Suscríbete ya en  
**www.sectormaritimo.es**

# Filipinas y el Pacífico

La construcción naval,  
la navegación y la metalurgia

1575 - 1850



[WWW.INGENIEROSNAVALES.COM/TIENDA/](http://WWW.INGENIEROSNAVALES.COM/TIENDA/)



FONDO EDITORIAL DE INGENIERÍA NAVAL  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS NAVALES Y OCEÁNICOS