



**Universidad
de La Laguna**

Trabajo de Fin de Grado

Curso 2019/2020

**EPSI Sección de Náutica, Máquinas
y Radioelectrónica Naval**

T-Foil del HSC Volcán de Tagoro

Tutor: D. Salomón Iván Ramón Concepción Cáceres

Autor: Diego Acosta Alayón

Convocatoria: Marzo 2020

Grado: Náutica y Transporte Marítimo

Resumen

En los buques de pasaje hay un sistema que es esencial, el de los estabilizadores. Son numerosos los tipos de estabilizadores existentes para buques, pero en el presente trabajo se va a analizar con profundidad uno de ellos, el llamado T-Foil, y de forma más concreta, el que ha sido instalado en el nuevo catamarán *Volcán de Tagoro* (Incat Hull 091) operado por Naviera Armas.

Para poder entender de qué se trata, es necesario saber que el objetivo principal del sistema de estabilizadores, en este caso el T-Foil, es evitar que los pasajeros mareen y que así tengan una buena experiencia a bordo del buque, además, si este fin fundamental se consigue, son otras muchas las ventajas que vienen de la mano con él. Entre esos beneficios encontramos, la reducción de la fatiga por parte de la tripulación, manteniendo así un buen nivel de trabajo; la reducción de los daños que se puedan ocasionar tanto a la carga como al buque; la disminución de los desgastes de la máquina; el aumento de las ganancias de los bares y las tiendas de a bordo; o la minimización del riesgo de caídas e incidentes por parte del pasaje debido a movimientos bruscos del buque.

El T-Foil que se encuentra en el *Volcán de Tagoro* es novedoso tanto por su funcionamiento, que se explicara con posterioridad, como por su emplazamiento en el buque, ya que está instalado en una “falsa proa”, lo que hace que se diferencie del resto de catamaranes construidos hasta el momento. Para poder desarrollar este innovador tipo de T-Foil, se realizaron diversos estudios en el buque *Natchan Rera* (Incat Hull 064) construido en el año 2007.

En este proyecto, se mostrarán los efectos del sistema estabilizador analizado, en lo que se refiere a velocidad y consumo, razones indispensables para su viabilidad en una industria en la que el coste y el tiempo son primordiales.

Abstract

In passenger vessel's, stabilizer's systems are absolutely important. There are a lot of types of stabilizers and, in this project it is going to be explained in depth the denominated T-Foil, particularly, the one which has been installed in the Incat Hull 091 *Volcán de Tagoro* operated by *Naviera Armas*.

The main objective of this system is to avoid motion sickness suffered by passengers and, make them have a marvellous time on board. If this is achieved, further advantages are going to be gained. For example, reduction of crew fatigue and improvement of working effectiveness, minimizing equipment and cargo damage, lower machinery wear and stresses, increasing of bar's revenues, reduce course corrections due to yawing, minimize falls and accidents due to sudden and unexpected movements of the ship; these are only few arguments demonstrating the high influence and importance of stabilizer's systems on board.

The T-Foil which has been installed in the Incat Hull 091 is innovative due to its functioning (it is going to be described subsequently), and has been installed in a denominated "false bow" which makes this catamaran extremely different in comparison with other vessel of this type. The vessel used to develop this innovative system is the Incat Hull 064 built in 2007.

This project contains charts which demonstrate the effect of this system to the vessel according to speed and fuel consumption, key variables in an industry where costs and time are essential. It is in this part of the written assignment where, doing an analogy with a previous model of T-Foil, some developments of this innovative T-Foil are going to be witnessed. The ship-owner and the passengers are benefitted by this developed stabilizing system.

Contenido

	1
RESUMEN	3
<i>ABSTRACT</i>	5
TABLA DE ILUSTRACIONES	9
LISTA DE ACRÓNIMOS	11
1. INTRODUCCIÓN	13
2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL BUQUE	15
3. TIPOS DE ESTABILIZADORES	17
4. RIDE CONTROL SYSTEM	23
5. SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTIÓN A BORDO	27
6. T-FOIL DEL <i>VOLCÁN DE TAGORO</i>	29
6.1) FUNCIÓN DEL T-FOIL	29
6.2) TIPO DE T-FOIL	29
6.3) MODELADO	30
6.4) FUNCIONAMIENTO DEL T-FOIL	31
6.5) PÉRDIDA DE ACEITE HIDRÁULICO	34
6.5.1) PROCEDIMIENTO RECOMENDADO	34
6.6) FUNCIONAMIENTO DEL T-FOIL	35
6.6.1) OPERACIÓN NORMAL (DESDE EL PUENTE)	35
6.6.2) OPERACIÓN EN BACK-UP (DESDE LA HIDRÁULICA DE PROA)	36
6.6.3) OPERACIÓN EN BACK-UP (ACTUANDO SOBRE LA VÁLVULA SOLENOIDE)	37
7. CONSUMO DEL BUQUE	39
8. DATOS REALES DEL T-FOIL	41
8.1) OPERANDO CON T-FOIL	41
8.2) OPERANDO SIN T-FOIL	48
9. CONCLUSIONES	55
10. CONCLUSION	57
BIBLIOGRAFÍA	59

Tabla de ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1- DIFERENCIA ENTRE LAS PROAS DEL VOLCÁN DE TAGORO Y BETANCURIA EXPRESS.....	14
ILUSTRACIÓN 2- T-FOIL BETANCURIA ESPRESS.....	14
ILUSTRACIÓN 3- VOLCÁN DE TAGORO. FUENTE: INCAT - CRAFT OPERATING MANUAL	15
TABLA 1- DIMENSIONES Y CAPACIDADES PRINCIPALES	16
ILUSTRACIÓN 4- ESTABILIZADOR DE ALETA. TÍPICO EN BUQUES CONVENCIONALES	17
ILUSTRACIÓN 5- TRIM TAB ESTÁNDAR	18
ILUSTRACIÓN 6- ESQUEMA DE UN WATERJET	19
ILUSTRACIÓN 7- "ACTIVE INTERCEPTOR" ESTÁNDAR	20
ILUSTRACIÓN 8- T-FOIL ACTIVO (CON FLAP).....	20
ILUSTRACIÓN 9- ESQUEMA Y SITUACIÓN DE UN T-FOIL	21
ILUSTRACIÓN 10- POSIBLES MOVIMIENTOS DE UN BUQUE EN CADA PLANO.....	23
ILUSTRACIÓN 11- LOCALIZACIÓN DE LOS TRIM TABS Y T-FOIL	24
ILUSTRACIÓN 12- ESTUDIO DE ESFUERZOS DEL VOLCÁN DE TAGORO	25
TABLA 2- SISTEMAS Y TIPO DE CONTROL. FUENTE: INCAT- CRAFT OPERATING MANUAL	28
ILUSTRACIÓN 13- T-FOIL ESTIBADO Y ARRIADO	29
ILUSTRACIÓN 14- TIPO DE T-FOIL INSTALADO EN EL VOLCÁN DE TAGORO	29
ILUSTRACIÓN 15- PROA DEL VOLCÁN DE TAGORO CON EL T-FOIL ARRIADO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	30
ILUSTRACIÓN 16- BOTONERA HIDRÁULICA DE PROA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	31
ILUSTRACIÓN 17-TANQUE PARA ACEITE HIDRÁULICO PROA. VISOR DE NIVEL ALTO Y BAJO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA ..	32
ILUSTRACIÓN 18- PANTALLA UNITRONICS PARA OPERAR EL T-FOIL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	35
ILUSTRACIÓN 19- PANTALLA DE OPERACIÓN DE T-FOIL EN EMERGENCIA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	36
ILUSTRACIÓN 20- PANTALLA PARA OPERAR EL T-FOIL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	36
ILUSTRACIÓN 21- VÁLVULA SOLENOIDE T-FOIL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	37
ILUSTRACIÓN 22- PIN DE TRINCAJE DEL T-FOIL EN VÁLVULA SOLENOIDE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	37
ILUSTRACIÓN 23- GRÁFICA DE LOS CONSUMOS DEL BUQUE DEPENDIENDO DE LA POTENCIA DE LOS MOTORES. ABCISA: TONELADAS; ORDENADAS: LITROS/MILLA. FUENTE: INCAT- CRAFT OPERATING MANUAL	39
ILUSTRACIÓN 24- VELOCIDADES MEDIAS DEL BUQUE	55
ILUSTRACIÓN 25- CONSUMOS MEDIOS DEL BUQUE	55
ILUSTRACIÓN 26- AVERAGE SPEED	57
ILUSTRACIÓN 27- AVERAGE CONSUMPTION	57

Lista de acrónimos

NGV	Nave de gran velocidad
SOLAS	Convenio Internacional para la Vida Humana en la Mar
DNV GL HSLC	Reglas para la clasificación de NGV
RO-RO	Roll On- Roll Off
kW	Kilovatio
R.P.M	Revolución por minuto
RCS	Ride Control System
FR	Froude
SIMS	Sistemas Integrados de Gestión a Bordo
PLC	Controlador Lógico Programable
HMI	Human Machine Interface
CA	Corriente Alterna
CC	Corriente Continua
VDR	Registrador de datos de la travesía
P.O.M.E	Port Outer Main Engine
P.I.M.E	Port Inner Main Engine
S.I.M.E	Starboard Inner Main Engine
S.O.M.E	Starboard Outer Main Engine
KN	Nudo (milla/hora)
m	metro

1. Introducción

Mientras que, en los barcos de tipo convencional los estabilizadores están altamente estudiados, el reciente auge de las naves de gran velocidad (**NGV**) [1] ha presentado desafíos a los ingenieros de la industria de la marina mercante. Es esta la razón por la que todavía hoy encontramos diferentes sistemas de estabilización en catamaranes cuyos años de construcción no dista mucho del otro.

Este proyecto se enfocará en el T-Foil [2] que se encuentra instalado en el buque *Volcán de Tagoro*. Se trata de un catamarán construido en el año 2019 en Australia, por el astillero **Incat** [3] y operado por Naviera Armas. Para entender la finalidad de este análisis es necesario mencionar una de las muchas propiedades que presentan este tipo de naves, la alta estabilidad. Esta característica es positiva si se tiene en cuenta la seguridad que aporta al buque, sin embargo, tiene un efecto negativo para la navegación, ya que por esa alta estabilidad los catamaranes tienden a volver de forma brusca a su posición inicial constantemente. Esto hace que el grado de confort a bordo sea bajo y la navegación no sea agradable, ni para el pasaje ni para la tripulación. Por ello, es habitual en este tipo de buques hacer navegaciones meteorológicas (alejándose de la derrota preestablecida) para aminorar los efectos negativos de la mar sobre la embarcación.

Hay dos astilleros líderes en el mundo en la fabricación de NGV, **Austal** [4] e **Incat**. Haciendo una comparación entre los buques fabricados por uno y por otro astillero es posible observar las diferencias que existen entre los diseños de ambos. En la siguiente figura se muestra la disparidad entre el *Betancuria Express* [5], casco 246 construido en el astillero **Austal** en el año 2011 y el *Volcán de Tagoro*, casco 091 construido por **Incat** en el año 2019.



Ilustración 1- Diferencia entre las proas del Volcán de Tagoro y Betancuria Express

Fuente: puentedemandando.com y fredolsen.es

Como se puede observar, la diferencia constructiva de la proa de ambos buques es notoria. Por otro lado, hay una desigualdad de los T-Foils instalados en cada una de las embarcaciones. Mientras que el *Volcán de Tagoro* tiene un T-Foil central, el *Betancuria Express* posee un T-Foil en cada uno de sus dos cascos, este hecho hace que el sistema de estabilización entre ambos sea completamente diferente.



Ilustración 2- T-Foil Betancuria Express

Fuente: Elaboración Propia

2. Características principales del buque

El *Volcán de Tagoro* [6] es un catamarán de 111 metros de eslora construido y diseñado por el astillero *Incat Tasmania* de acuerdo a lo establecido en el Capítulo 10 del Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (**SOLAS**) [7], en el código NGV 2000 y a las Reglas DNV GL HSLC [8] por ser una nave de gran velocidad.

El buque tiene una capacidad máxima de 1184 personas (incluida tripulación) y 441 coches. A diferencia de los buques RO-RO convencionales, las cubiertas de vehículos de este tipo de embarcaciones están posicionadas muy por encima de la línea de flotación y están protegidas contra las inundaciones.

Un catamarán tiene un área de cubierta significativamente mayor en comparación con una embarcación de una sola quilla del mismo desplazamiento (generalmente del 50%). También tiene otras ventajas importantes, ya que posee alta estabilidad transversal, baja corriente de aire y capacidades de alta velocidad debido al diseño de sus cascos.

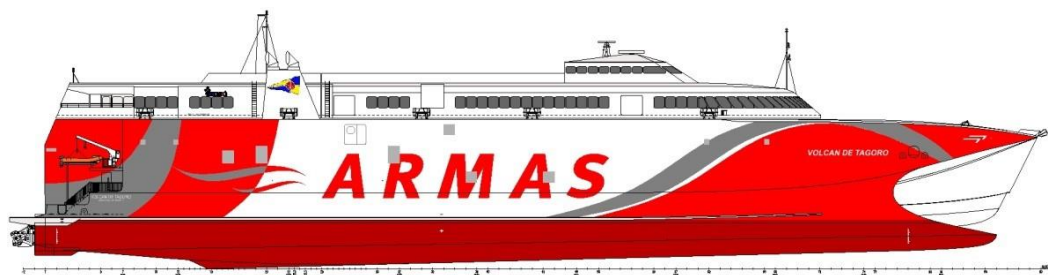


Ilustración 3- Volcán de Tagoro. Fuente: Incat - Craft Operating Manual

El buque está compuesto por dos cascos de aluminio que están conectados por una estructura de puente arqueado, además incorpora un casco central delantero (*falsa proa*) que se mantiene fuera del agua en situaciones

normales. En condiciones extremas, esta falsa proa proporciona un extra de flotabilidad y estabilidad a la nave desviando mares pesados.

La potencia de propulsión es suministrada por cuatro motores principales, concretamente, diésel marino MAN B&W 20V28/33D (STC) [9]. Dichos motores están instalados cada uno en una sala de máquinas independiente y tienen una potencia máxima de 9000 kilovatios (**kW**) a 1000 revoluciones por minuto (**RPM**).

Dimensiones y Capacidades Principales	
Eslora total	111,0 metros
Manga total	30,5 metros
Calado máximo	4,1 metros
Velocidad aproximada	39 nudos con 600 toneladas de peso muerto
Capacidad de combustible principal	2x 90000 litros
Capacidad de combustible en tanques de reserva	2x 163000 litros (Void #5) 2x 49000 litros (Void #4)
Capacidad de agua dulce	2x 5000 litros
Capacidad de aceite hidráulico en popa	2x 500 litros
Capacidad de aceite hidráulico en proa	1x 500 litros
Capacidad de aceite hidráulico de reserva	2x 150 litros

Tabla 1- Dimensiones y Capacidades Principales

Fuente: Incat- Craft Operating Manual

3. Tipos de estabilizadores

En este apartado se van a explicar algunos de los estabilizadores más utilizados en la marina mercante. El primero de ellos es el más común en buques convencionales de una quilla, mientras que el resto es característico de transbordadores de alta velocidad. [10]

❖ Aletas activas “Active fins”

Como ya se ha dicho, este tipo de estabilizadores son muy comunes en buques convencionales.

Disminuyen tanto el balanceo, como el cabeceo y también, las guiñadas. Se trata de unas aletas que en su posición de estiba se encuentran en el casco del buque y cuando se despliegan sobresalen del mismo.

Tienen

libertad en el plano horizontal y se mueven para contrarrestar las fuerzas exteriores.

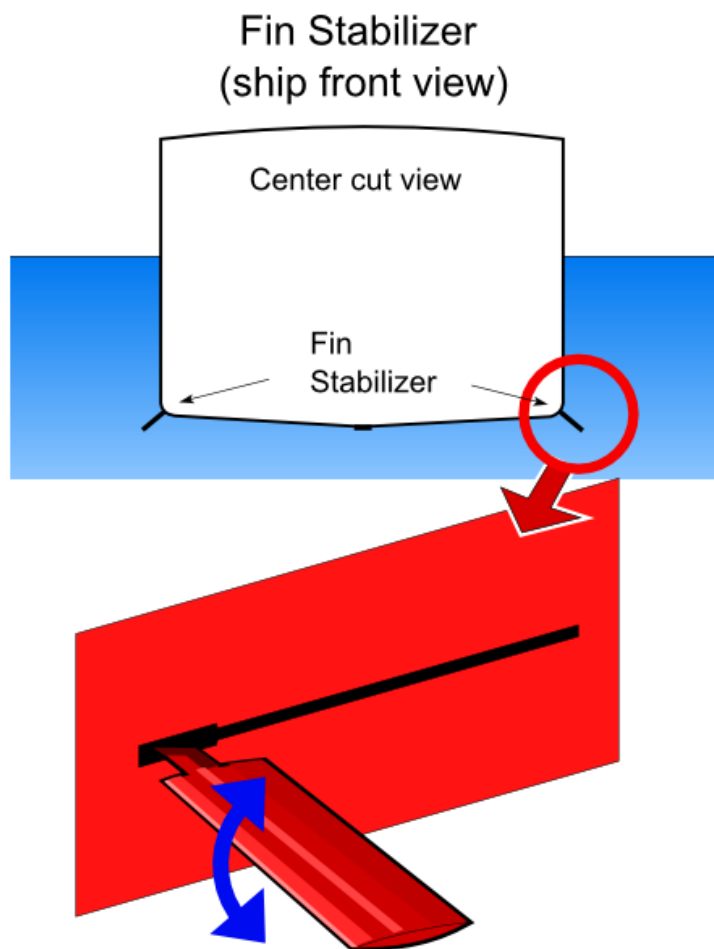


Ilustración 4- Estabilizador de aleta. Típico en buques convencionales

Fuente: ingenieromarinero.com

Por otro lado, este estabilizador tiene un efecto negativo, ya que hace que el buque pierda una velocidad considerable si se despliega.

❖ Trim Tabs activos “Active Trim Tabs”

Este elemento consta de dos “pestañas”, una por casco. Su función es trimar el barco y disminuir los movimientos del balanceo y cabeceo. Este sistema se denomina activo puesto que las pestañas se mueven de forma continua en el eje vertical para contrarrestar las fuerzas hidrodinámicas.



Ilustración 5- Trim Tab Estándar

Fuente: ingenieromarino.com

En la imagen anterior se puede ver el “trim tab” bajo los “waterjets”.

La pestaña va unida por la parte delantera al casco de la embarcación, y por la parte trasera tiene un cilindro que la une al espejo de popa. Es este cilindro el que mueve y permite el movimiento del “trim tab”. Hay que tener en cuenta que, este sistema estabilizador tiene que estar estibado cuando, un buque que lo tenga instalado, se disponga a entrar o salir de puerto. Se puede dar una situación crítica cuando los “trim tabs” no se estiben y el buque esté recalando ya que, si éste da atrás, lo que sucederá es que seguirá yendo adelante. Para entender este fenómeno, hay que explicar brevemente el funcionamiento de la propulsión por “waterjets”.

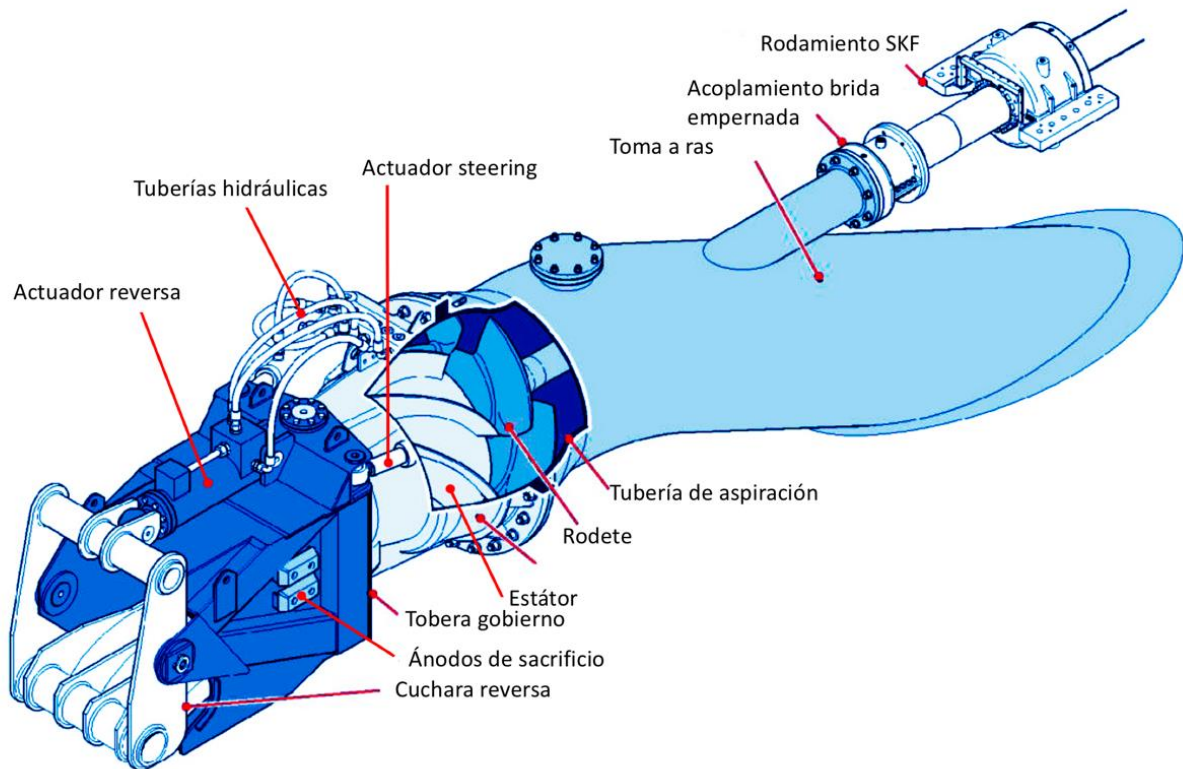


Ilustración 6- Esquema de un Waterjet

Fuente: ingenieromarino.com

De forma muy simplificada, un sistema de propulsión por “waterjets” aspira un caudal de agua, lo acelera y lo redirige hacia un mismo punto provocando un empuje. El sistema va provisto de un “bucket” comúnmente llamado cuchara (cuchara reversa en la imagen) que al dar la orden de ir atrás desciende de su posición de estiba redirigiendo ese chorro hacia proa. Si el “trim tab”, que se encuentra a proa del “waterjet” no se estiba y se da la orden de ir atrás, éste actuaría como el “bucket” pero redirigiendo ese mismo chorro hacia popa. Este efecto hace que el buque continúe avante y que el desenlace pueda ser dramático.

❖ Interceptores activos “Active Interceptors”

Estos estabilizadores son muy parecidos a los ya explicados “trim tabs” pero, en vez de consistir en pestañas, se trata de estructuras en forma de tubo. El funcionamiento es exactamente igual y también reduce los movimientos de balanceo y cabeceo, así como de trimar el buque. Sin embargo,



Ilustración 7- "Active Interceptor" estándar

Fuente: ingenieromarino.com

la instalación de este sistema es más sencilla que la de los “trim tabs”, requiere de menos potencia hidráulica para mover sus elementos y necesita menos espacio.

❖ T-Foil activo “Active T-Foil”

Este sistema es muy común en catamaranes, aunque también es apto para trimaranes y buques convencionales de una sola quilla. La estructura de este estabilizador es una T invertida y las hay de varios tipos. El modelo más común es el que se muestra en la siguiente figura.



Ilustración 8- T-Foil Activo (con flap)

Fuente: ingenieromarino.com

Este mecanismo de estabilización es capaz de mover tanto el alerón que se observa en la imagen como la "T" en su conjunto. Este no es el único tipo de "T-Foil" ya que hay modelos en los que no existe ese alerón (solo se mueve la T) y otros modelos en los que el sistema es fijo y no contiene piezas móviles.

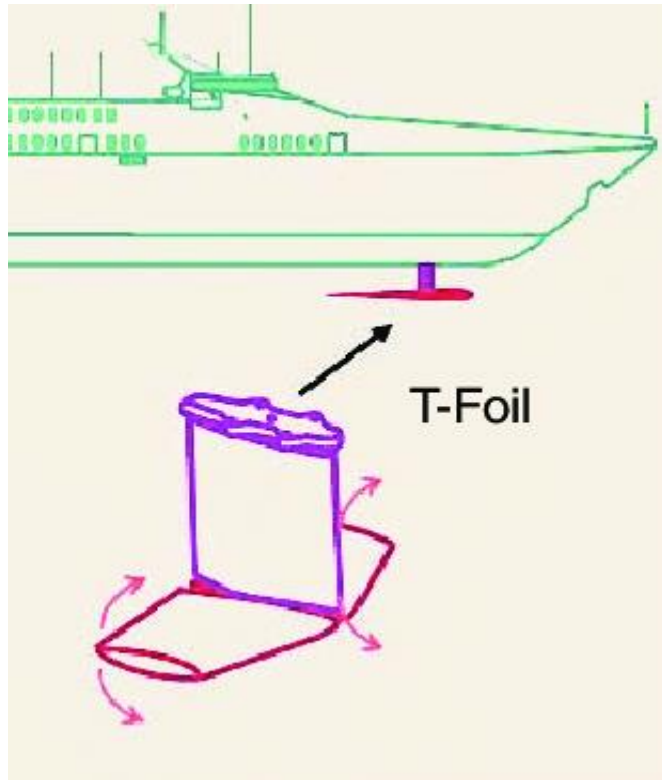


Ilustración 9- Esquema y situación de un T-Foil

Fuente: ingenieromarino.com

4. Ride Control System

El Ride Control System (**RCS**) [11] es un sistema cuya función es disminuir los movimientos del buque de forma continua y simultánea a tiempo real.

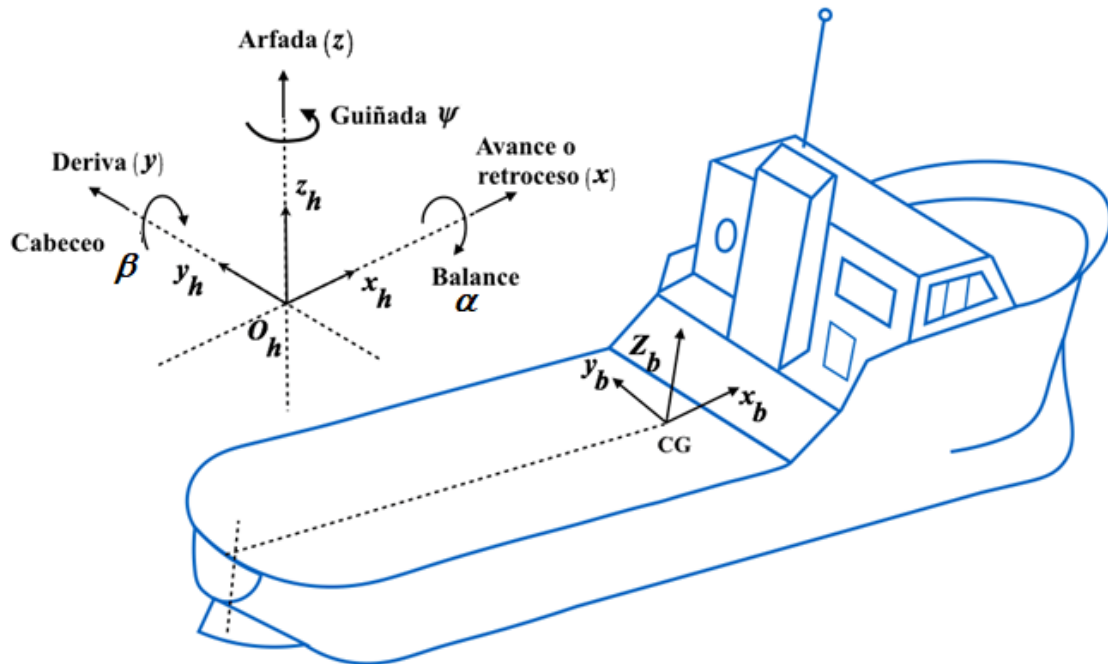


Ilustración 10- Posibles movimientos de un buque en cada plano

Fuente: researchgate.net

El RCS es capaz de reducir los movimientos de arfada, cabeceo, guiñada, balance. Como consecuencia disminuyen los efectos de:

- mareo y fatiga
- accidentes a bordo debido a movimientos bruscos del buque
- paradas del buque por mal tiempo
- daños a la carga o al buque

Al reducir los efectos de guiñada es más difícil desviar la embarcación de su rumbo establecido. Esto genera una mayor eficacia en cuanto velocidad y una optimización del consumo del buque. Los equipos que conforman este sistema, como son los “*trim tabs*” o *T-Foils* entre otros, pueden ser utilizados de forma individual o simultánea combinando los efectos de todos los elementos que hayan sido instalados.

Las NGV, al tener dos cascos tan finos, para poder operar a la velocidad que de ellos se espera, poseen un número de Froude (**FR**) [12] grande. El número de **FR** es adimensional y relaciona las fuerzas de inercia con las de la gravedad de la siguiente manera, $Fr^2 = \frac{\text{Fuerzas de Inercia}}{\text{Fuerzas de Gravedad}}$. A mayor valor, menor confort a bordo. Si a esto le añadimos que la altura metacéntrica de estos buques es alta, ya hay indicadores suficientes para poder asegurar que el pasaje y la tripulación experimentará una mala experiencia a causa del malestar general que se sufre al navegar en condiciones adversas.

Los movimientos de un buque convencional con respecto a una embarcación rápida son mayores, pero con una velocidad menor. Las altas velocidades y los bruscos movimientos de una NGV propician que el confort en la misma sea menor. Por ello, en este tipo de buques es importante tener un sistema de control del movimiento.

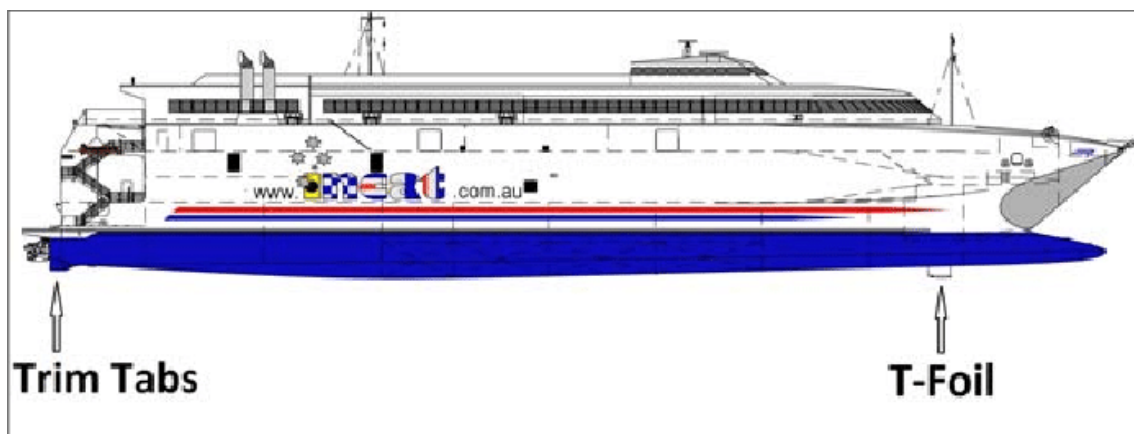


Ilustración 11- Localización de los Trim Tabs y T-Foil

Fuente: researchgate.net

Aunque los estudios de este sistema para buques de alta velocidad se han hecho mediante cálculos numéricos, modelos a escala y pruebas de mar en embarcaciones reales, existe actualmente un conocimiento limitado de la eficacia real del mismo. Actualmente, no se ha podido afirmar con rotundidad que algoritmo es mejor para determinar si un **RCS** es más eficaz que otro. Por ello, se necesitan más estudios de estos sistemas de control.

En el **NGV Volcán de Tagoro** se han instalado sensores a lo largo de todo el buque que permiten la visualización de datos (entre ellos las aceleraciones que sufre el buque) cuyo objetivo es mejorar estos sistemas de control del movimiento para futuras embarcaciones. El objetivo de estos estudios es crear el algoritmo con el que estudiar con fiabilidad las aceleraciones y las cargas que sufre un buque debido a la mala mar. Esto permitirá conocer parámetros mediante modelos a escala en un ambiente controlado que, junto con las pruebas de mar, harán que el sistema de control sea más eficaz y eficiente.

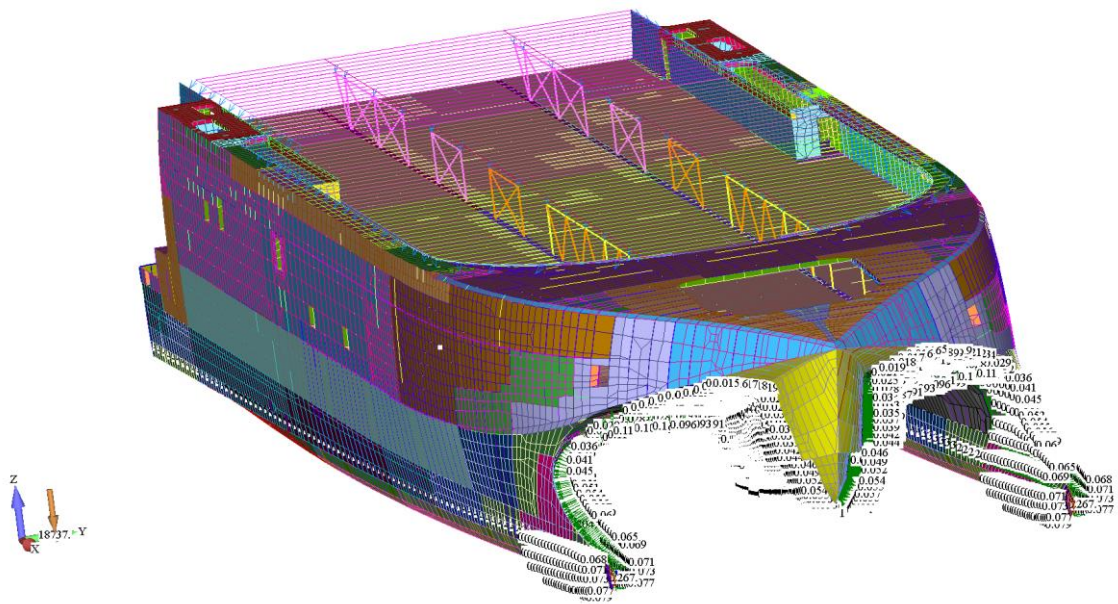


Ilustración 12- Estudio de esfuerzos del Volcán de Tagoro

Fuente: Incat 091 Drawings

5. Sistemas integrados de gestión a bordo

Este programa, del inglés “*Shipboard Integrated Management Systems*” (**SIMS**) [13] es un sistema integrado de gestión de buques de “Cromarty”. Se trata de un sistema de monitoreo y control, diseñado para buques INCAT. El SIMS usa una combinación de controles lógicos programables (PLC) [14] e interfaces hombre-máquina (HMI) [15] conectadas a través de una red Ethernet para recopilar, mostrar y registrar información, permitiendo, además, su control por parte del supervisor.

Sistemas de buques	Tipo de control
Sistema de aire	Solo monitor
Sistema de achique	Monitor y Control
Sistema de conraincendios de la sala de máquinas (CO2)	Monitor y Control
Puertas	Monitor y Control
Sistema conraincendios de la sala de máquinas	Solo Monitor
Sistema de Control de Incendios – Hidrantes	Monitor y Control
Sistema de Control de Incendios – Sistema Rociadores y Sprinklers	Monitor y Control
Sistema de Bunkering de Combustible	Monitor y Control
Sistema Hidráulico – Hidráulica de Proa	Monitor y Control
Sistema Hidráulico – Hidráulica de Popa	Monitor y Control
Motores principales	Solo Monitor
Motores auxiliares	Monitor y Control
Sistema de generación de energía / Sistema de administración de energía	Monitor y Control
Sistema de distribución de CA y CC	Solo Monitor
Válvulas de tomas de mar	Monitor y Control
Sistema de ventilación	Monitor y Control
Sistema de gobierno	Solo Monitor
Iluminación y Recuperación de Energía Ventiladores	Monitor y Control
Tanques	Solo monitor
Registrador de datos de la travesía (VDR)	N/A

Este sistema tiene un total de ocho pantallas táctiles que se distribuyen de la siguiente manera:

- ❖ 1 en el puesto del jefe de máquinas en el puente (la principal)
- ❖ 1 en la sala de la electrónica
- ❖ 1 en cada "Anteroom" (2 en total)
- ❖ 1 en cada sala de máquinas (4 en total)
- ❖ 1 en la cámara de tripulación

Este dispositivo permite el control y monitoreo de los sistemas mencionados en la tabla anterior, entre los que se encuentra la hidráulica de proa. Tal y como se ha explicado en apartados anteriores, el funcionamiento del "T-Foil" depende de esta. Por ello, el sistema SIMS es tan importante, pues detecta si hay algún fallo en el sistema y alerta de ello. Desde estas pantallas también es posible arrancar y parar las bombas necesarias para el funcionamiento normal de este sistema de estabilización instalado en el buque *Volcán de Tagoro*.

6. T-Foil del *Volcán de Tagoro*

6.1) Función del T-Foil

El T-Foil del *Volcán de Tagoro*, al igual que otros tipos de T-Foil, tiene como función principal reducir los movimientos de cabeceo y arfada del buque. Esto lo consigue generando fuerzas verticales, ya sean hacia arriba o hacia abajo. En el caso del *Volcán de Tagoro*, el T-Foil se puede estibar en el casco, esto produce menos resistencia y, si se hace con el mar en calma, la velocidad será mayor y el consumo se verá reducido.

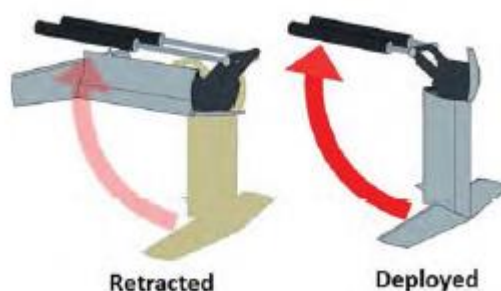


Ilustración 13- T-Foil Estibado y Arriado

Fuente: commons.wikipedia.com

6.2) Tipo de T-Foil

El T-Foil del NGV *Volcán de Tagoro* es móvil pivotante. Tiene la forma de una "T" invertida, gran parte de esta se encuentra bajo el agua cuando no está estibada. Este modelo no tiene un alerón, a diferencia del que se ha explicado en apartados anteriores.

Se denomina móvil pivotante ya que es la "T" la que se mueve en su conjunto hacia arriba o hacia abajo. Al tener solo este tipo de movimiento, el sistema solo cuenta con un cilindro, generando:



Ilustración 14- Tipo de T-Foil instalado en el *Volcán de Tagoro*

Fuente: ing.dk

- ❖ Facilidad de montaje y reducción de costes
- ❖ Menor mantenimiento
- ❖ Probabilidad de averías inferior

Cuando está estibado el RCS indica la posición mínima como 0%, mientras que el máximo es el 90%, advirtiendo que está totalmente desplegado. Cuando el T-Foil está trabajando esta oscila entre el 87% y el 90%.



Ilustración 15- Proa del Volcán de Tagoro con el T-Foil arriado. Fuente: Elaboración propia

Su tamaño es de 11 m² y está situado a popa de la cuaderna número 79. Naiad Dynamics es el responsable del diseño y del

montaje de este sistema, incluyendo todos los componentes mecánicos y los detalles de la instalación. Esta proa tan peculiar es el resultado de un estudio de las fuerzas que esta tiene que soportar durante la operativa del buque. Las fuerzas teóricas que se usaron en este análisis fueron sacadas de las que ha experimentado el buque con casco 064 del mismo astillero, que es un catamarán de 112 metros de eslora. Los esfuerzos más grandes se han calculado con el buque navegando entre 35 y 40 nudos. Este estudio se ha cedido a Incat que, tras examinarlo, lo ha aprobado e instalado en el buque *Volcán de Tagoro*.

6.3) Modelado

Para el modelado del T-Foil del *Volcan de Tagoro*, el estudio se hizo en base a todo el buque, aunque poniendo especial atención a la estructura en la que se ha instalado. Los refuerzos están constituidos por materiales ortotrópicos [16], lo que significa que sus propiedades mecánicas o térmicas son únicas e independientes en tres direcciones perpendiculares entre sí.

La superestructura se ha construido en base a una instalación estándar de *Incat*, y se ha unido al casco por medio de elementos de amortiguación reduciendo los esfuerzos de la misma.

6.4) Funcionamiento del T-Foil

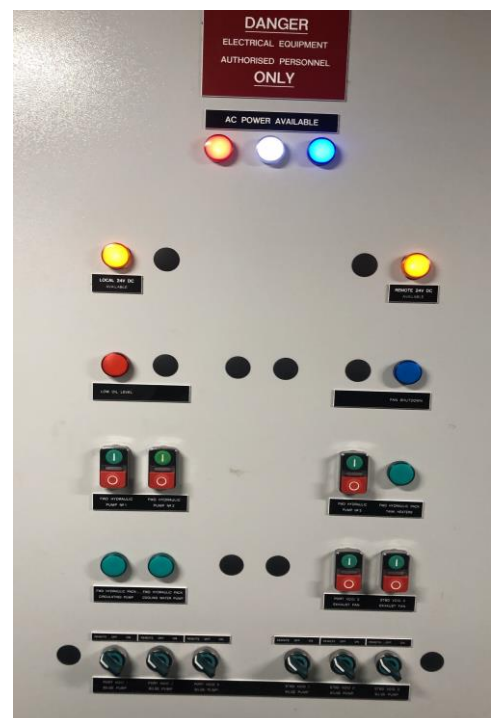
El funcionamiento del T-Foil se basa en un circuito hidráulico situado a proa de la cubierta número 1. Éste es el encargado de suministrar presión hidráulica a las dos maquinillas de proa, al ancla y al T-Foil.

El circuito consta de:

- ❖ 3 bombas hidráulicas de 30 Kw cada una (Linde HPR075-02) [13]
- ❖ 1 tanque de aceite de 500 litros
- ❖ 1 enfriador
- ❖ 1 bomba de toma de mar del enfriador
- ❖ 1 bomba de recirculación
- ❖ 1 acumulador
- ❖ 1 bloque distribuidor
- ❖ 4 filtros
- ❖ 4 discos de impacto
- ❖ 1 cilindro

*Ilustración 16- Botonera hidráulica de proa.
Fuente: Elaboración propia*

Con una bomba en marcha, durante la navegación, cuando no se usan ni las maquinillas ni el ancla, se puede poner en funcionamiento el T-Foil, aunque los movimientos de éste serán más rápidos y efectivos si se usan 2 de las 3 bombas de accionamiento eléctrico disponibles. Dichas bombas pueden ser arrancadas desde el SIMS y de forma manual desde el local de la hidráulica de proa. La presión máxima que puede ser suministrada por éstas es de 240 bares. Además, si se quiere trabajar con el máximo rendimiento de las maquinillas, las 3 bombas tienen que estar en marcha. Sin embargo, si una de



ellas no puede ser arrancada, las maquinillas tendrán la misma fuerza para virar el cabo, pero a una velocidad menor.

El tanque de aceite tiene un nivel que enviará una alarma al SIMS en caso de que éste se encuentre por debajo del 51% o por encima del 95%. La hidráulica de proa, al contrario de la de popa, no arranca la bomba de recirculación automáticamente, es decir, si la temperatura del aceite supera los 70°C aparecerá una alarma en la pantalla del SIMS, pero es función del jefe de máquinas poner en marcha dicha bomba para disminuir la temperatura (con agua de mar). Hay que tener en cuenta que, desde que la temperatura suba de 40°C, se debe accionar la



Ilustración 17-Tanque para aceite hidráulico proa. Visor de nivel alto y bajo. Fuente: Elaboración Propia

bomba y recircular el aceite por el enfriador para bajar esa temperatura, por ello es conveniente activar dicha bomba desde que se pone en marcha la hidráulica de proa.

El enfriador no actúa directamente sobre la línea de retorno del cilindro. El aceite hidráulico va al tanque y de éste pasa al enfriador por la acción de la bomba de recirculación. La razón de esto es que el caudal de retorno es demasiado elevado para que el proceso de enfriado sea eficaz. La bomba de toma de mar del enfriador se encuentra en el "void 3" babor. En caso de que haya que rellenar el tanque de aceite, se hará por una toma que tiene en la línea de retorno del T-Foil.

Las posibles causas de una pérdida de aceite hidráulico son:

- ❖ Rotura de un latiguillo
- ❖ Rotura del cilindro

La función del acumulador de presión es recibir las posibles sobrepresiones que sufra el sistema debido a golpes de mar en el T-Foil. Para paliar los efectos negativos que puede producir una gran sobrepresión, el sistema estabilizador consta de unas seguridades llamadas discos de impacto. El conjunto del circuito del T-Foil se encuentra tras este acumulador, se ha diseñado así para que éste reciba las sobrepresiones y no el circuito hidráulico en su conjunto, pues podría dañar muchos elementos del mismo.

El bloque distribuidor se encarga de dirigir el aceite hidráulico a las maquinillas, al ancla y al T-Foil. Desde éste se puede cortar el suministro de aceite a cada uno de los sistemas anteriores, por ejemplo, en caso pérdida hidráulica en alguno de ellos.

De los 4 filtros que componen el sistema hidráulico de proa, uno de ellos se encuentra en la línea de presión y 3 en la de retorno. Además, si alguno de ellos se obstruye, una alarma avisará en la pantalla del SIMS.

Del T-Foil salen dos líneas, una por babor y otra por estribor. Estas líneas tienen dos discos de impacto cada una que impiden el paso del aceite hidráulico. En caso de sobrepresión en el sistema, estos discos se romperán permitiendo el paso del aceite. Estos elementos hacen de amortiguador soportando el incremento de presión, y no dejando que se dañen otros equipos. Si esto sucede, en la pantalla del SIMS aparecerá la alarma de “disco de impacto roto”. Para asegurarnos de que la alarma sea real, basta con purgar el espacio entre un disco de impacto y otro, si hay aceite alguno de ellos estará roto.

Este sistema estabilizador tiene un sólo cilindro, por lo que puede moverse en un único plano. Esto facilita el mantenimiento del equipo y disminuye el riesgo de averías. Éstas se simplifican a roturas de latiguillos o de los discos de impacto ya explicados anteriormente.

Al ser un sistema monitoreado por el SIMS, si alguna de las alarmas que se han nombrado con anterioridad aparece, los elementos asociados a dicha

alarma se desconectarán automáticamente y tendrán que ser puestos en marcha de forma manual. Esto es una seguridad más para evitar averías mayores.

Para operar el T-Foil, es decir, ya sea para estibarlo o para bajarlo a su posición de trabajo, es condición indispensable que el buque navegue a menos de 8 nudos.

6.5) Pérdida de aceite hidráulico

En caso de pérdida hidráulica, ya sea en popa o en proa, hay que seguir las directrices que se van a explicar en los siguientes párrafos.

La primera alarma que se activará, si llega a ocurrir dicha pérdida, será la de nivel bajo de aceite. En caso de que ésta sea muy grande se tendrá, además, la de baja presión de aceite hidráulico.

6.5.1) Procedimiento recomendado

En caso de pérdida de aceite hidráulico, sin importar cuál de las dos alarmas anteriores aparezcan en la pantalla del **SIMS**, se hará lo siguiente:

1. Avisar al Capitán del buque de que podrá perder el gobierno de la nave en una banda (siempre que la pérdida fuera en popa)
2. Activar la válvula de aislamiento de la bomba de la *PTO* [18]
3. Apagar las bombas eléctricas de la hidráulica afectada
4. Investigar la causa de las alarmas y aislar el circuito mediante las válvulas del "*manifold*" [19] distribuidor
5. Ver el aceite hidráulico restante y añadir 150 litros desde el tanque de emergencia
6. Después de rellenar el tanque, dependiendo del nivel en el que esté:

Si el nivel está en la mitad superior	Operar con normalidad.
Si el nivel está en la mitad inferior	Operar con normalidad, pero monitoreando la temperatura. Si ésta sube por encima de los límites, apagar el sistema.

<p>Si el nivel estuviera en el bajo el límite inferior</p>	<p>Aislar los sistemas asociados a la hidráulica afectada.</p> <p>Arrancar una bomba y ver si cavita. Si lo hace, apagarla inmediatamente (no hay aceite suficiente en el sistema). Si no cavita, quitar hidráulica y ponerla en marcha sólo para la maniobra.</p> <p>No ponerla en funcionamiento más de 15 minutos.</p>
---	---

6.6) Funcionamiento del T-Foil

El T-Foil se puede operar para arriarlo o para estibarlo y, dependiendo de esto, las secuencias son:

Proceso de Arriado: Destrinca el pin, baja el T-Foil y el pin vuelve a la posición de trincado.

Proceso de Estiba: Sube el T-Foil, destrinca el pin cuando el T-Foil llega al 6%, sigue subiendo el T-Foil y cuando llega a la posición de estiba (0%) el pin vuelve a la posición de trincado.

6.6.1) Operación Normal (desde el puente)

Esta operación es muy sencilla y consta de únicamente dos pasos.

1. Tocar en la pantalla “Deploy T-Foil”
2. Presionar “RCS ALL” para que, tanto el T-Foil como los Trim Tabs, trabajen utilizando los datos que el RCS les proporciona.



Ilustración 18- Pantalla Unitronics para operar el T-Foil. Fuente: Elaboración Propia

6.6.2) Operación en Back-Up (desde la hidráulica de proa)

Este proceso es semi-automático, es decir, no hay que indicar manualmente cada uno de los pasos siguientes. En el cuadro de dynamics situado en la hidráulica de proa hay que seguir el siguiente procedimiento:



Ilustración 19- Pantalla de Operación de T-Foil en Emergencia. Fuente: Elaboración Propia

- Maniobra de arriado

1. Pulsar la tecla F2 para iniciar el modo Back-Up
2. Pulsar el botón ◀ y dejar apretado
3. Apretar ▼ para empezar a bajar el T-Foil y cuando llegue al 6% soltar la tecla del paso anterior y seguir con el paso 3 hasta que llegue a 90%

- Maniobra de estiba

1. Apretar la tecla ▲ hasta que el T-Foil este estibado y el pin trincado

El T-Foil sube hasta el 6% y automáticamente el pin se posiciona en la posición de destrincado, el T-Foil sigue subiendo y cuando está al 0% el pin vuelve a trincar.



Ilustración 20- Pantalla para Operar el T-Foil. Fuente: Elaboración Propia

6.6.3) Operación en Back-Up (actuando sobre la válvula solenoide)

Esta es la válvula solenoide que se encarga del paso de aceite hidráulico para el correcto funcionamiento del T-Foil. En caso de emergencia, habrá que utilizar un elemento que sirva para “pinchar” la válvula y bajar o subir el T-Foil, según convenga. En la *ilustración 21* se indica que parte de la válvula se ha de accionar para mover el T-Foil.



Ilustración 21- Válvula Solenoide T-Foil. Fuente: Elaboración Propia

- Maniobra de arriado
 1. Se tira del botón rojo en la parte trasera de la válvula para destrincar el T-Foil y se mantiene



Ilustración 22- Pin de trincaje del T-Foil en Válvula Solenoide. Fuente: Elaboración propia

2. Se pincha la válvula solenoide en el lado de “bajar”
3. Tras 10 segundos del paso 2 se acaba con el primero de ellos

- Maniobra de estiba

1. Se tira del botón rojo en la parte trasera de la válvula para destrincar el T-Foil y se mantiene
2. Se pincha la válvula solenoide en el lado de “subir”
3. Cuando ya no suba más el T-Foil, apretar el botón rojo mencionado anteriormente para actuar sobre el pin y trincar el sistema

7. Consumo del buque

Durante las pruebas de mar, con el buque cargado con 600 toneladas y con los 4 motores al 100% de rendimiento, consumió 1780 litros (L) de combustible/hora por cada motor. El consumo del buque no va a ser siempre el mismo, ya que dependerá de algunos factores como pueden ser el estado de la mar, la carga, el estado del casco o las revoluciones de los motores, entre otros. Son los operadores del buque los que tendrán que hacer un estudio de los consumos reales para así saber cada cuanto tiempo y cuanta cantidad combustible ha de ser suministrado. Cabe destacar que, en este tipo de embarcaciones el peso es un factor importante e inversamente proporcional a la velocidad, por lo que se ha de intentar llevar la mínima cantidad de combustible, pero, siempre teniendo en cuenta, que ésta permita operar con todas las garantías.

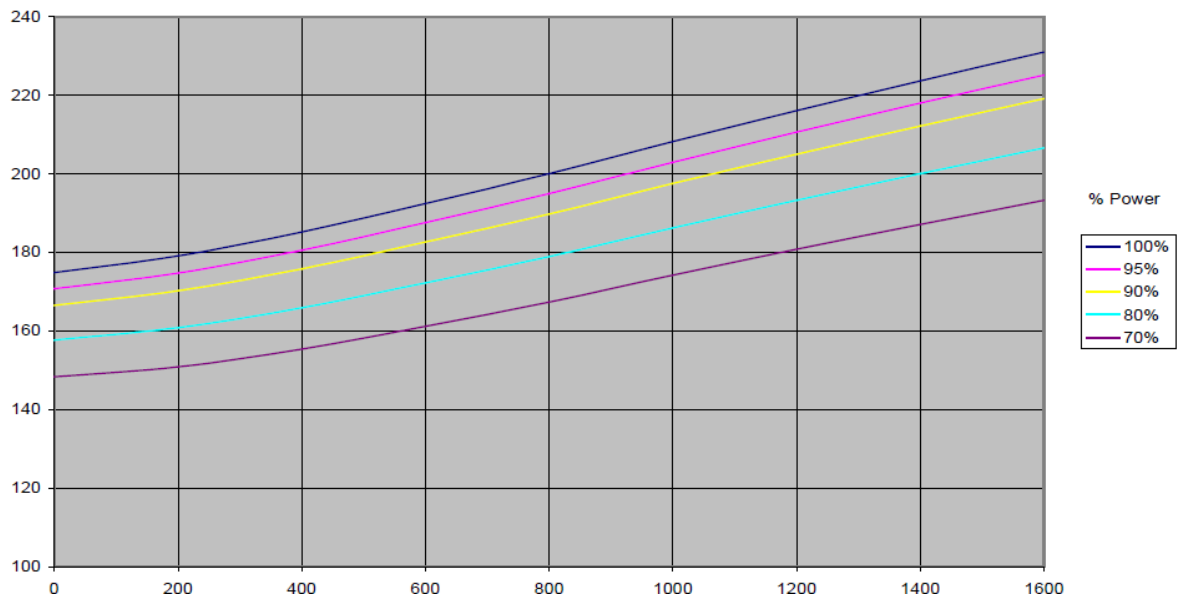


Ilustración 23- Gráfica de los consumos del buque dependiendo de la potencia de los motores. Abscisa: toneladas; Ordenadas: litros/milla. Fuente: Incat- Craft Operating Manual

8. Datos reales del T-Foil

Para poder hacer un estudio de los efectos del T-Foil, se han recogido datos de un total de 40 travesías entre el puerto de Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas de Gran Canaria. Todas las tablas que se muestran a continuación son de elaboración propia y, en ellas se pueden observar:

- variables internas (uso del T-Foil, revoluciones de los motores y desplazamiento)
- variables externas (dirección y velocidad del viento, estado y dirección de la mar)
- resultados (velocidad y consumo)

8.1) Operando con T-Foil

❖ Día 01/10/2019; Hora: 07:30

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	2060
Velocidad del viento (KN)	20
Dirección del viento	04
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	291
Velocidad media (KN)	34.08
Consumo (L)	10280

❖ Día 01/10/2019; Hora: 12:30

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1827
Velocidad del viento (KN)	22
Dirección del viento	04
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	111
Velocidad media (KN)	32.25
Consumo (L)	10480

❖ Día 01/10/2019; Hora: 16:00

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1781
Velocidad del viento (KN)	20
Dirección del viento	04
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	292
Velocidad media (KN)	32.25
Consumo (L)	10000

❖ Día 01/10/2019; Hora: 19:00

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	2060
Velocidad del viento (KN)	15
Dirección del viento	04
Altura de Ola (m)	1.0
Rumbo del buque	113
Velocidad media (KN)	32.6
Consumo (L)	8420

❖ Día 02/10/2019; Hora: 07:15

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	2107
Velocidad del viento (KN)	35
Dirección del viento	02
Altura de Ola (m)	2.0
Rumbo del buque	290
Velocidad media (KN)	34.08
Consumo (L)	10000

❖ Día 02/10/2019; Hora: 12:30

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1967
Velocidad del viento (KN)	40
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	2.5
Rumbo del buque	110
Velocidad media (KN)	34.08
Consumo (L)	11460

❖ Día 02/10/2019; Hora: 16:15

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1874
Velocidad del viento (KN)	37
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	2.5
Rumbo del buque	292
Velocidad media (KN)	31.57
Consumo (L)	9820

❖ Día 02/10/2019; Hora: 19:00

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	2060
Velocidad del viento (KN)	30
Dirección del viento	02
Altura de Ola (m)	2.0
Rumbo del buque	114
Velocidad media (KN)	32.6
Consumo (L)	8270

❖ Día 03/10/2019; Hora: 07:15

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1967
Velocidad del viento (KN)	30
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	2.0
Rumbo del buque	292
Velocidad media (KN)	32.96
Consumo (L)	9170

❖ Día 03/10/2019; Hora: 12:30

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1920
Velocidad del viento (KN)	32
Dirección del viento	02
Altura de Ola (m)	2.0
Rumbo del buque	113
Velocidad media (KN)	37.03
Consumo (L)	10875

❖ Día 03/10/2019; Hora: 16:15

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	2060
Velocidad del viento (KN)	31
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	2.0
Rumbo del buque	293
Velocidad media (KN)	31.57
Consumo (L)	10570

❖ Día 03/10/2019; Hora: 19:00

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	2107
Velocidad del viento (KN)	25
Dirección del viento	02
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	113
Velocidad media (KN)	30.61
Consumo (L)	8770

❖ Día 04/10/2019; Hora: 07:15

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	2107
Velocidad del viento (KN)	28
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	2.0
Rumbo del buque	291
Velocidad media (KN)	30.00
Consumo (L)	10400

❖ Día 04/10/2019; Hora: 12:30

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	2201
Velocidad del viento (KN)	30
Dirección del viento	02
Altura de Ola (m)	2.5
Rumbo del buque	111
Velocidad media (KN)	26.78
Consumo (L)	13600

❖ Día 04/10/2019; Hora: 16:15

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	2201
Velocidad del viento (KN)	30
Dirección del viento	02
Altura de Ola (m)	2.0
Rumbo del buque	293
Velocidad media (KN)	31.57
Consumo (L)	10650

❖ Día 04/10/2019; Hora: 19:00

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	2437
Velocidad del viento (KN)	28
Dirección del viento	02
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	113
Velocidad media (KN)	27.27
Consumo (L)	9680

❖ Día 05/10/2019; Hora: 07:15

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1874
Velocidad del viento (KN)	20
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	292
Velocidad media (KN)	30.92
Consumo (L)	10830

❖ Día 05/10/2019; Hora: 12:30

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1874
Velocidad del viento (KN)	18
Dirección del viento	02
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	112
Velocidad media (KN)	35.29
Consumo (L)	11322

❖ Día 05/10/2019; Hora: 16:15

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1734
Velocidad del viento (KN)	20
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	293
Velocidad media (KN)	35.29
Consumo (L)	9711

❖ Día 05/10/2019; Hora: 19:00

T-Foil	SI
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1827
Velocidad del viento (KN)	18
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	110
Velocidad media (KN)	37.14
Consumo (L)	7529

8.2) Operando sin T-Foil

❖ Día 06/10/2019; Hora: 07:15

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1688
Velocidad del viento (KN)	30
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	2.0
Rumbo del buque	296
Velocidad media (KN)	35.29
Consumo (L)	9088

❖ Día 06/10/2019; Hora: 12:30

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1688
Velocidad del viento (KN)	32
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	2.0
Rumbo del buque	113
Velocidad media (KN)	35.29
Consumo (L)	10401

❖ Día 06/10/2019; Hora: 16:15

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1781
Velocidad del viento (KN)	30
Dirección del viento	04
Altura de Ola (m)	2.0
Rumbo del buque	299
Velocidad media (KN)	32.96
Consumo (L)	8503

❖ Día 06/10/2019; Hora: 19:00

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	2201
Velocidad del viento (KN)	25
Dirección del viento	04
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	111
Velocidad media (KN)	33.33
Consumo (L)	9907

❖ Día 07/10/2019; Hora: 07:15

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	2014
Velocidad del viento (KN)	20
Dirección del viento	04
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	292
Velocidad media (KN)	34.08
Consumo (L)	8431

❖ Día 07/10/2019; Hora: 12:30

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1781
Velocidad del viento (KN)	20
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	118
Velocidad media (KN)	35.29
Consumo (L)	12396

❖ Día 07/10/2019; Hora: 16:15

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1781
Velocidad del viento (KN)	20
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	290
Velocidad media (KN)	33.33
Consumo (L)	9407

❖ Día 07/10/2019; Hora: 19:00

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1874
Velocidad del viento (KN)	18
Dirección del viento	02
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	115
Velocidad media (KN)	34.48
Consumo (L)	9494

❖ Día 08/10/2019; Hora: 07:15

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1967
Velocidad del viento (KN)	20
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	291
Velocidad media (KN)	32.96
Consumo (L)	8384

❖ Día 08/10/2019; Hora: 12:30

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1920
Velocidad del viento (KN)	20
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	111
Velocidad media (KN)	32.96
Consumo (L)	8384

❖ Día 08/10/2019; Hora: 16:15

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1920
Velocidad del viento (KN)	23
Dirección del viento	02
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	290
Velocidad media (KN)	37.97
Consumo (L)	9135

❖ Día 08/10/2019; Hora: 19:00

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	2201
Velocidad del viento (KN)	15
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	1.0
Rumbo del buque	114
Velocidad media (KN)	31.24
Consumo (L)	11160

❖ Día 09/10/2019; Hora: 07:15

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	2060
Velocidad del viento (KN)	23
Dirección del viento	04
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	291
Velocidad media (KN)	36.58
Consumo (L)	9768

❖ Día 09/10/2019; Hora: 12:30

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1967
Velocidad del viento (KN)	30
Dirección del viento	04
Altura de Ola (m)	2.0
Rumbo del buque	112
Velocidad media (KN)	34.48
Consumo (L)	8400

❖ Día 09/10/2019; Hora: 16:15

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	2060
Velocidad del viento (KN)	30
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	2.0
Rumbo del buque	293
Velocidad media (KN)	34.48
Consumo (L)	8250

❖ Día 09/10/2019; Hora: 19:00

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	2060
Velocidad del viento (KN)	25
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	107
Velocidad media (KN)	34.08
Consumo (L)	10180

❖ Día 10/10/2019; Hora: 07:15

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1967
Velocidad del viento (KN)	25
Dirección del viento	02
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	290
Velocidad media (KN)	34.48
Consumo (L)	9520

❖ Día 10/10/2019; Hora: 12:30

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	1967
Velocidad del viento (KN)	30
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	2.0
Rumbo del buque	109
Velocidad media (KN)	32.96
Consumo (L)	11150

❖ Día 10/10/2019; Hora: 16:15

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	2060
Velocidad del viento (KN)	32
Dirección del viento	03
Altura de Ola (m)	2.0
Rumbo del buque	294
Velocidad media (KN)	32.25
Consumo (L)	10825

❖ Día 10/10/2019; Hora: 19:00

T-Foil	NO
R.P.M POME	930
R.P.M PIME	930
R.P.M SIME	930
R.P.M SOME	930
Desplazamiento (t)	2201
Velocidad del viento (KN)	25
Dirección del viento	04
Altura de Ola (m)	1.5
Rumbo del buque	111
Velocidad media (KN)	29.12
Consumo (L)	8855

9. Conclusiones

Usando todos los datos recogidos en el apartado anterior, se ha realizado una media de velocidades y consumos del buque.

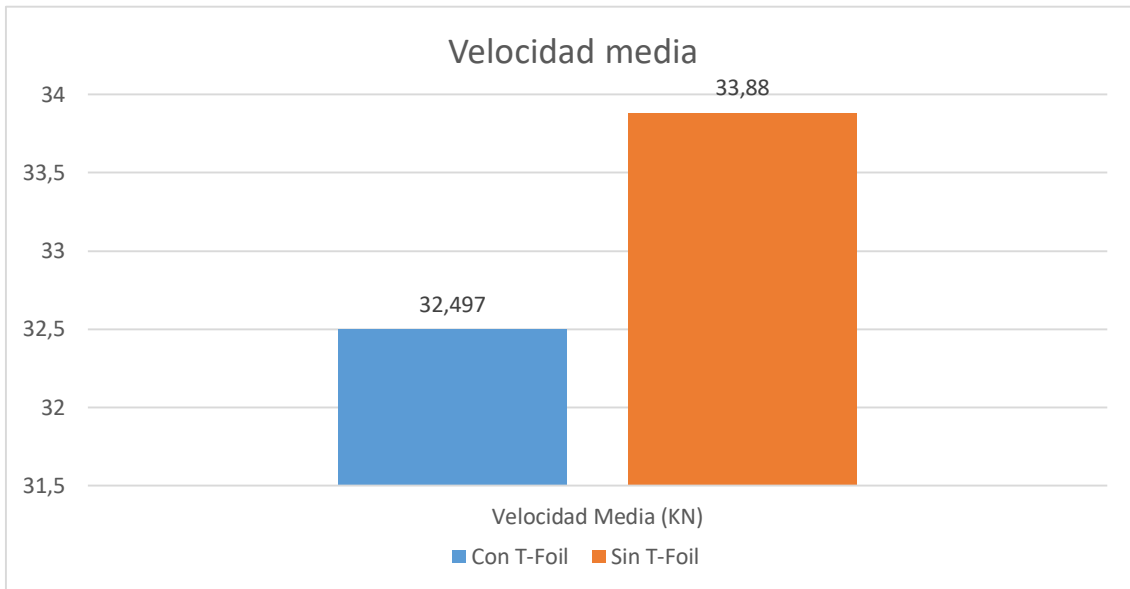


Ilustración 24- Velocidades medias del buque

Fuente: Elaboración propia

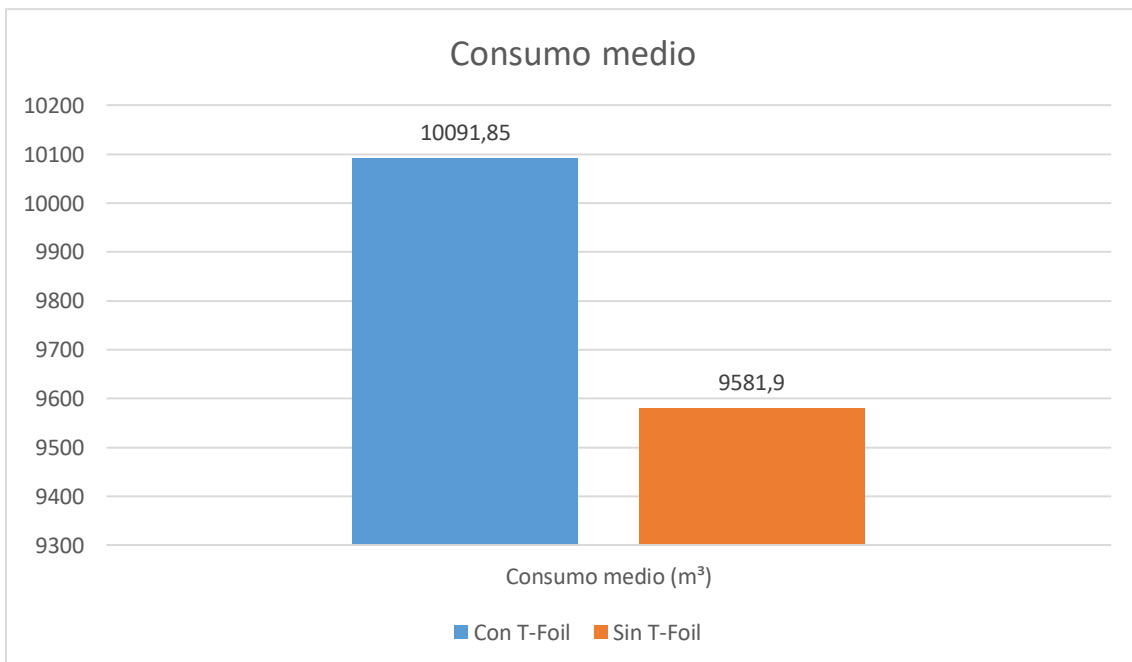


Ilustración 25- Consumos medios del buque

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en los gráficos, cuando el buque opera con el T-Foil disminuye la velocidad y aumenta el consumo. Esto es un resultado lógico puesto que el uso de este sistema estabilizador crea resistencia al avance. Sin embargo, la diferencia tanto en velocidad como en consumo es mínima. Si se observa las ventajas del uso del T-Foil, que ya han sido explicadas en apartados anteriores, se puede concluir que, a partir de 1,5 metros de ola, la utilización de este sistema es muy positiva.

El mantenimiento del T-Foil, al tener un único cilindro, es mínimo. Si se compara con modelos anteriores, se puede afirmar que las averías de éste son escasas, se reducen al cambio de latiguillos y al de discos de impacto. Esto supone una gran ventaja a los modelos anteriores puesto que, se disminuyen gastos, como pueden ser, en repuestos y en talleres externos, entre otros.

La conclusión a la que se llega es que se está trabajando en una buena línea. En este sentido, los estudios llevados a cabo para mejorar estos sistemas estabilizadores están siendo fructíferos ya que, están aumentando los aspectos positivos del T-Foil, a la vez que se reducen los negativos, entre los que se encuentran la pérdida de velocidad y el aumento del consumo.

Se puede decir que, el aspecto negativo de este T-Foil es la disposición de los latiguillos en el sistema. Si hubiera un derrame de aceite hidráulico a causa de la rotura de un latiguillo, se vertería aceite al mar. Aunque en cuestión de minutos la pérdida estaría controlada, sin duda alguna es conveniente buscar una alternativa. De hecho, en el Volcán de Tagoro se ha conseguido situar los latiguillos de los "waterjets" dentro de la sala de jets. En cascos anteriores, estos se encuentran en el exterior de la nave, lo que hace que, en caso de rotura de algún latiguillo, la pérdida de aceite provoque un derrame en el mar.

10. Conclusion

The conclusion of this project has been done using the data obtained on board the vessel *Volcán de Tagoro*, which is shown on the previous section.

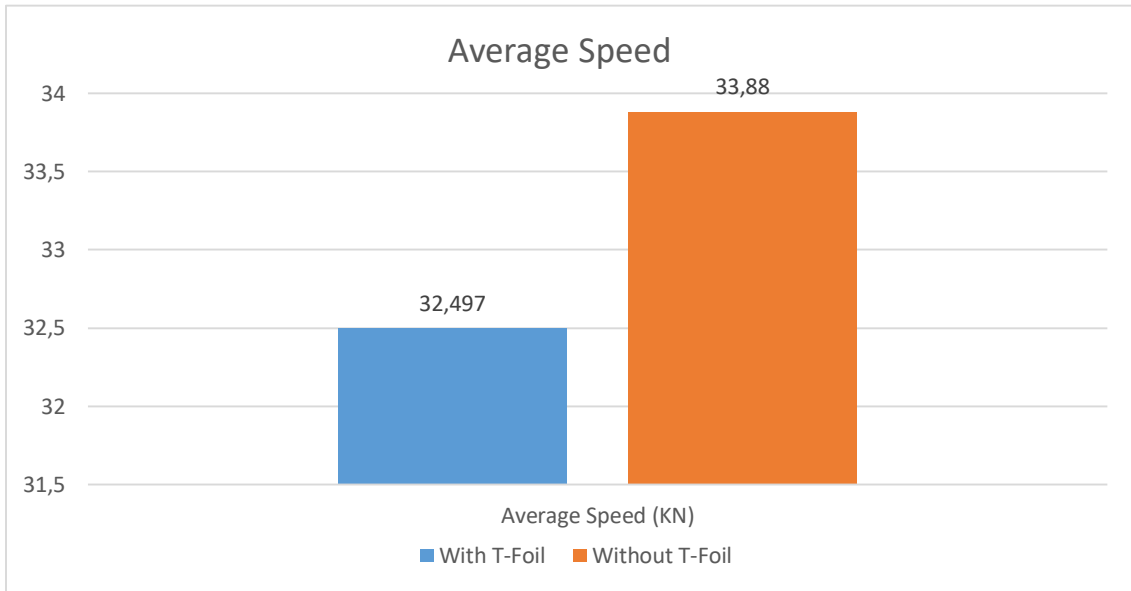


Ilustración 26- Average Speed

Source: Own development

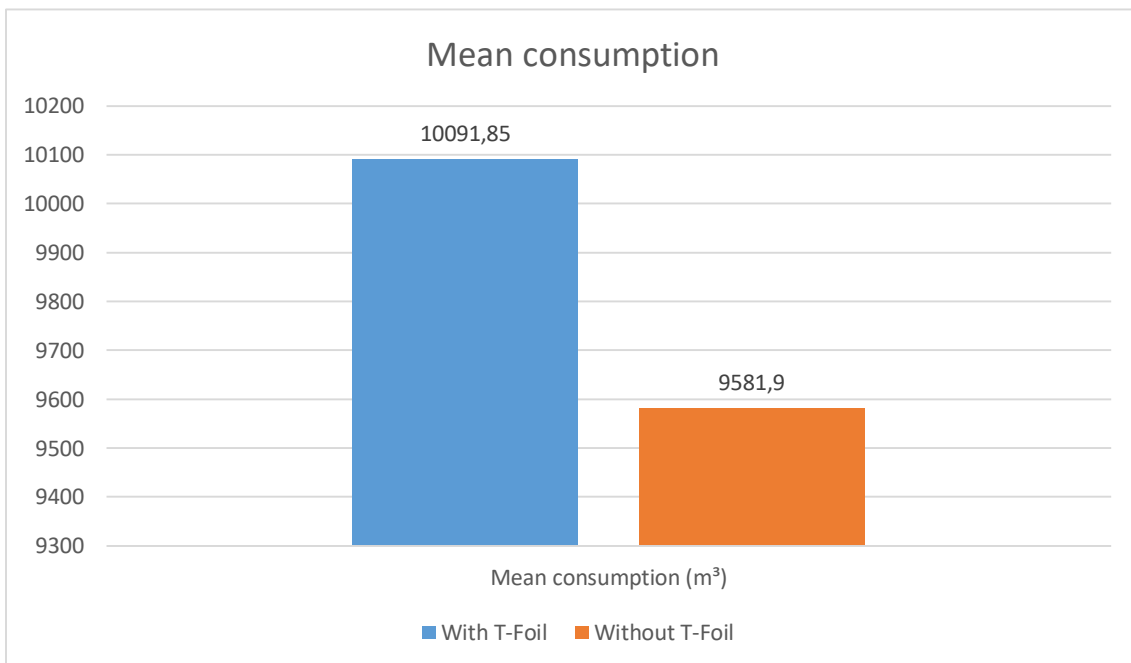


Ilustración 27- Average consumption

Source: Own development

As it can be observed in the graphics above, when the vessel is operating with the T-Foil deployed, the speed decrease whilst the consumption increases. This is a reasonable result for the reason that the stabilization system of the ship produces advance resistance. Nevertheless, the difference of the speed as well as the difference of consumption when the T-Foil is deployed is minimum. If the advantages of using the T-Foil are analysed (they are explained in previous sections of the project), it can be concluded that, from 1,5 meters of wave, the use of the T-Foil is extremely positive.

The maintenance programme of the T-Foil, as a consequence of being built by a single cylinder, is minimum. If we compare the entire system with previous models of T-Foil, it can be affirmed that the failure of this stabilization structure is limited. As a consequence of that advantage, costs such as spares or external workshop are highly reduced.

The main conclusion is that the engineers of the shipyard are working on the good direction. The studies which has been developed with the aim of improving the stabilization systems of high speed crafts are being successful. They are being able of increasing the advantages, while, at the same time, are decreasing the negative aspects of the system which are the loss of speed and the increment of the diesel consumption.

The negative aspect of the T-Foil which has been installed in the vessel *Volcán de Tagoro* is the location of the hydraulic hoses. If as a consequence of a breakage of one of those hydraulic hoses there is a leakage, the result will be a spill. Although in some minutes the spill will be controlled, there is no doubt that an alternative has to be reached. In fact, *Incat Shipyard* has solved that problem in the aft hydraulic system and in case of a hydraulic hose breakage de leak of oil will remain inside the Jet Room.

Bibliografía

- [1] Organización Marítima Internacional (IMO), Código NGV 2000. Código Internacional Para Naves de Gran Velocidad. 2000, Londres: Organización Marítima Internacional (IMO), 2008.
- [2] O. M. Faltissen, Hydrodynamics of High Speed Marine Vehicles, New York: Cambridge University Press, 2005.
- [3] INCAT, «<https://www.incat.com.au/>,» Incat, 1972. [En línea]. Available: <https://www.incat.com.au/>. [Último acceso: 10 Octubre 2019].
- [4] AUSTAL, «<https://www.austal.com/>,» Austal, 1988. [En línea]. Available: <https://www.austal.com/>. [Último acceso: 10 Octubre 2019].
- [5] F. O. S.A, «<https://www.fredolsen.es/es/>,» Fred Olsen Espress, 1974. [En línea]. Available: <https://www.fredolsen.es/es/>. [Último acceso: 15 Octubre 2019].
- [6] N. A. S.A, «<https://www.navieraarmas.com/>,» Naviera Armas S.A, 1947. [En línea]. Available: <https://www.navieraarmas.com/>. [Último acceso: 15 Octubre 2019].
- [7] Organización Marítima Internacional, Convenio Solas 1974 Enmendado, Londres: Organización Marítima Internacional, 1974.
- [8] DNV GL AS, Rules for Clasification. High Speed and light craft, DNV GL AS, Edición Diciembre 2015. Enmendada en Julio 2017.
- [9] MAN Diesel and Turbo, MAN V28/33D STC, Alemania: MAN Diesel and Turbo.
- [10] R. García, «<https://ingenieromarino.com/>,» Ingeniero Marino, 2018. [En línea]. Available: <https://ingenieromarino.com/>. [Último acceso: 03 Diciembre 2019].

- [11] Naiad Dynamics, «<http://www.naiad.com/>,» Nayad Dynamics, 1941. [En línea]. Available: <http://www.naiad.com/>. [Último acceso: Diciembre 10 2019].
- [12] F. Zapata, «<https://www.lifeder.com/>,» lifeder.com, [En línea]. Available: <https://www.lifeder.com/>. [Último acceso: 10 Diciembre 2019].
- [13] DNV, Integrated management systems onboard ships, Noruega: DNV.
- [14] ingmecafenix, «<https://www.ingmecafenix.com/>,» ingmecafenix, 16 Enero 2018. [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/>. [Último acceso: 15 Diciembre 2019].
- [15] innergy-global, «<https://innergy-global.com/>,» innergy-global, [En línea]. Available: <https://innergy-global.com/>. [Último acceso: 15 Diciembre 2019].
- [16] M. D. & S. d. Almeida, Comprehensive Materials Processing, Elsevier, 2014.
- [17] Linde Hydraulics, «<https://www.linde-hydraulics.com/>,» Linde Hydraulics, 1904. [En línea]. Available: <https://www.linde-hydraulics.com/>. [Último acceso: 20 Diciembre 2019].
- [18] D. DOUGLASS, «<https://www.munciepower.com/>,» munciepower, 1 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.munciepower.com/>. [Último acceso: 10 Enero 2020].
- [19] Instalaciones Grau, «<https://www.instalacionesgrau.es/>,» Instalaciones Grau, [En línea]. Available: <https://www.instalacionesgrau.es/>. [Último acceso: 15 Enero 2020].