



**Universidad
de La Laguna**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA**

**SECCIÓN DE NÁUTICA, MÁQUINAS Y
RADIOELECTRÓNICA NAVAL**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE GRADUADO EN
TECNOLOGÍAS MARINAS**

**COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS
ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON EL
BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’**

Carlos José Soler Alonso

Septiembre 2019

Dra. D^a M^a del Cristo Adrián de Ganzo, profesora ayudante de doctor de la UD de Ingeniería Marítima del departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna, certifico que:

D. CARLOS JOSE SOLER ALONSO, ha realizado bajo mi dirección el trabajo de fin de grado titulado: “Comparativa de los sistemas esenciales del simulador M22PC con el buque ‘Volcán de Tamadaba’” para la obtención del título de Graduado en Tecnologías Marinas por la Universidad de La Laguna.

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surja efectos oportunos, expido y firmo el presente certificado en Santa Cruz de Tenerife a 24 de septiembre de 2019.


M^o DEL CRISTO ADRIÁN DE GANZO

Fdo: María del Cristo Adrián de Ganzo

ÍNDICE

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
	ABSTRACT	5
II.	OBJETIVOS.....	9
2.1	Objetivo general.....	11
2.2	Objetivos específicos	11
III.	REVISIÓN Y ANTECEDENTES.....	13
3.1	Comienzo de la simulación	15
IV.	METODOLOGÍA.....	21
4.1	Material.....	23
4.1.1	Descriptiva del Buque Modelo Volcán de Tamadaba	23
4.1.2	Descriptiva del M22PC	28
4.2	Metodología.....	31
V.	RESULTADOS	33
5.1	Sistema de agua dulce Buque Modelo/Simulador	35
5.1.1	Sistema de agua dulce Volcán de Tamadaba.....	35
5.1.2	Sistema de agua dulce Simulador M22PC.	37
5.1.3	Comparativa Sistemas de agua dulce.	41
5.2	Sistema de agua salada Buque Modelo/Simulador.....	42
5.2.1	Sistema de agua salada Volcán de Tamadaba	42
5.2.2	Sistema de agua salada Simulador M22PC.....	45
5.2.3	Comparativa entre ambos sistemas	47
5.3	Sistema de combustible.....	47
5.3.1	Sistema de combustible Volcán de Tamadaba	47
5.3.2	Sistema de combustible Simulador M22PC.....	50

5.3.3	Comparativa entre ambos sistemas	57
5.4	Sistema de lubricación	58
5.4.1	Sistema de lubricación Volcán de Tamadaba	58
5.4.2	Sistema de lubricación Simulador M22PC	62
5.4.3	Comparativa entre ambos sistemas	69
VI.	CONCLUSIONES.....	71
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: SIMULADOR DE VUELO A320	15
ILUSTRACIÓN 2: PANEL DIRECTORY SIMULADOR M22PC.....	16
ILUSTRACIÓN 3: SIMULADOR DE SALA DE MÁQUINAS	17
ILUSTRACIÓN 4: MÓDULO DE COMBUSTIBLE DE LA SALA DE MÁQUINAS REAL DEL BUQUE VOLCÁN DE TAMADABA DE NAVIERA ARMAS.....	18
ILUSTRACIÓN 5: SIMULADOR DE MÁQUINAS ESCUELA NÁUTICA	19
ILUSTRACIÓN 6: SIMULADOR DE MÁQUINAS ESCUELA NÁUTICA	19
ILUSTRACIÓN 7: BUQUE VOLCÁN DE TAMADABA.....	23
ILUSTRACIÓN 8: VISTA DEL MOTOR WÄRTSILÄ 12V46B.....	25
ILUSTRACIÓN 9: DIMENSIONES DEL 12V46B	26
ILUSTRACIÓN 10: CORTE TRANSVERSAL WÄRTSILA 12V46B.....	27
ILUSTRACIÓN 11: IMAGEN BUQUE SIMULADOR M22PC.....	28
ILUSTRACIÓN 12: CORTE TRANSVERSAL DEL MOTOR PRINCIPAL	30
ILUSTRACIÓN 13: CORTE LONGITUDINAL DEL MOTOR PRINCIPAL.....	31
ILUSTRACIÓN 14: BOMBAS ACOPLADAS DE BAJA Y ALTA TEMPERATURA.....	35
ILUSTRACIÓN 15: ENFRIADORES PRINCIPALES.....	36
ILUSTRACIÓN 16: VISTA FRONTAL DE UN ENFRIADOR PRINCIPAL	37
ILUSTRACIÓN 17: SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE LOS INYECTORES:.....	38
ILUSTRACIÓN 18: REFRIGERACIÓN DEL MOTOR DEL M22PC	40
ILUSTRACIÓN 19: SISTEMA DE AGUA SALADA VOLCÁN DE TAMADABA.....	43
ILUSTRACIÓN 20: ENFRIADORES PRINCIPALES.....	44
ILUSTRACIÓN 21: BOMBAS PRINCIPALES DE AGUA SALADA.....	44
ILUSTRACIÓN 22: SISTEMA DE AGUA SALADA DEL MOTOR PRINCIPAL	45
ILUSTRACIÓN 23: DEPURADORAS DE COMBUSTIBLE.....	48
ILUSTRACIÓN 24: MÓDULOS DE COMBUSTIBLE	49
ILUSTRACIÓN 25: CALENTADORES DE MÓDULOS DE COMBUSTIBLE.....	50
ILUSTRACIÓN 26: SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE FUEL OIL.....	51
ILUSTRACIÓN 27: TANQUES DE SERVICIO FUEL OIL.....	52
ILUSTRACIÓN 28: SUMINISTRO DE FUEL OIL	54
ILUSTRACIÓN 29: SEPARADOR HFO.....	55
ILUSTRACIÓN 30: GENERADOR DIÉSEL	56
ILUSTRACIÓN 31: BOMBA DE PRELUBRICACIÓN	58
ILUSTRACIÓN 32: BOMBAS PRINCIPALES DE LUBRICACIÓN	59
ILUSTRACIÓN 33: DEPURADORAS DE ACEITE.....	59
ILUSTRACIÓN 34: BOMBA DE PRELUBRICACIÓN	60
ILUSTRACIÓN 35: TERMOSTÁTICA DE ACEITE	61

ILUSTRACIÓN 36: ENFRIADORES DE ACEITE.....	62
ILUSTRACIÓN 37: PURIFICADOR DE ACEITE	63
ILUSTRACIÓN 38: LUBRICACIÓN DE BALANCINES.....	65
ILUSTRACIÓN 39: SISTEMA SERVO PROPULSOR	66
ILUSTRACIÓN 40: SISTEMA DE GOBIERNO	67
ILUSTRACIÓN 41: LUBRICACIÓN DEL MOTOR PRINCIPAL.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL BUQUE.....	24
TABLA 2: CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DEL VOLCÁN DE TAMADABA.....	25
TABLA 3: DIMENSIONES DEL 12V46B	26
TABLA 4: CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE REFERENTE AL M22PC.....	28
TABLA 5: CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR PRINCIPAL.....	29
TABLA 6: GRÁFICA COMPARATIVA DEL SISTEMA DE AGUA DULCE	41
TABLA 7: GRÁFICA COMPARATIVA DEL SISTEMA DE AGUA SALADA	47
TABLA 8: GRÁFICA COMPARATIVA DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE	57
TABLA 9: GRÁFICA COMPARATIVA DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN	69

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

I. INTRODUCCIÓN

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

El propósito de estudio de este trabajo es conocer los sistemas esenciales del Buque Volcán de Tamadaba y los del Simulador M22PC. Importancia de estar familiarizados con estos sistemas, así como el uso del mismo a la hora de resolver problemas en la vida profesional.

Para ello, nos hemos apoyado en el manual de los motores Wärtsilä de dicho buque Modelo y en el manual del simulador M22PC.

Nuestro trabajo se divide en siete capítulos de los cuales se detallan a continuación:

En primer lugar, capítulo de objetivos donde se intenta lograr los objetivos de dicho trabajo.

En segundo lugar, capítulo de revisión y antecedentes donde se estudia de los comienzos de la utilización de la simulación y su utilización en los estudios de grados en Ingeniería marítima, específicamente de la EPSI Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval de Santa Cruz de Tenerife.

En tercer lugar, capítulo de metodología donde se recogen los medios y procedimientos de adquisición de datos en nuestro caso, centrándonos en el uso del simulador M22PC.

En cuarto lugar, capítulo de resultados, donde reflejamos de una manera más específica cada una de las características de cada sistema esencial de cada buque. Realizando una comparativa de cada uno de los sistemas.

Y por último lugar, capítulo de conclusiones donde se reflejan los objetivos fijados en el capítulo de objetivos.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

ABSTRACT

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

The purpose of studying this work is to know the essential systems of the Tamadaba Volcano Ship and those of the M22PC Simulator. Importance of being familiar with these systems, as well as the use of it when solving problems in professional life.

For this, we have relied on the manual of the Wärtsilä engines of said Model vessel and the manual of the M22PC simulator.

Our work is divided into seven chapters of which are detailed below:

In the first place, chapter of objectives where you try to achieve the objectives of this work.

Secondly, a review and background chapter where the beginnings of the use of simulation and its use in the studies of maritime engineering, specifically of the Nautical EPSI, Machines and Naval Radioelectronics of Santa Cruz de Tenerife, are studied.

Thirdly, a methodology chapter where the means and procedures for data acquisition are collected in our case, focusing on the use of the M22PC simulator.

Fourth, results chapter, where we reflect in a more specific way each of the characteristics of each essential system of each vessel. Making a comparison of each of the systems.

And finally, conclusions chapter where the objectives set in the objectives chapter are reflected.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

II. OBJETIVOS

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

2.1 OBJETIVO GENERAL

Estudio de los Sistemas esenciales de un buque basándonos para ello en el simulador de sala de máquinas M22PC y Buque modelo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Sistema de agua dulce (Simulador/Buque modelo).
- Sistema de agua salada (Simulador/Buque modelo).
- Sistema de combustible (Simulador/Buque modelo).
- Sistema de lubricación (Simulador/Buque modelo).
- Comparativa de ambos sistemas y resultados obtenidos.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

3.1 COMIENZO DE LA SIMULACIÓN

La simulación comenzó a usarse por primera vez en la industria aeronáutica, simulándose así los vuelos para entrenar a los futuros pilotos.

Ilustración 1: Simulador de vuelo A320



Fuente: <https://www.aladinia.com/simulador-vuelo-madrid> [1]

Extrapolando la simulación a las máquinas navales, el simulador M22PC permite interactuar con todos los elementos de la sala de máquinas, creando un mundo virtual. Dicho simulador es muy importante en el uso didáctico en las asignaturas de motores de combustión interna, máquinas e instalaciones de vapor, sistemas auxiliares, turbinas de vapor y turbinas de gas. Con todo esto el alumno puede verse inmerso en una realidad virtual que sería la sala de máquinas. [2]

Hay varios tipos de simulador, que se usan en función del tipo de buque a simular, pero este trabajo se centrará en el M22PC.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

Ilustración 2: Panel Directory simulador M22PC

+



Fuente: Página principal simulador M22PC [3]

"La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias -dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos - para el funcionamiento del sistema". Esta fue la definición propuesta por R. E. Shannon. [4]

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Ilustración 3: Simulador de Sala de Máquinas



Fuente: <https://docplayer.es/55022633-Universidad-maritima-internacional-de-panama.html> [5]

Coincidiendo con Rajadell (2001), la simulación permitió observar el mundo real, su representación física, actuar y por lo tanto aplicar los conceptos teóricos. Como modalidad de conocimiento, requiere una alta formación por parte del formador con el fin de superar situaciones complejas y no previstas. A su vez, representó una técnica motivadora que consolidó el aprendizaje a base de ilimitadas repeticiones y permitió observar el grado de dominio alcanzado por el alumno como herramienta de evaluación totalmente objetiva. [2]

Hoy en día, usar el simulador para preparar al alumno de cara al futuro en una sala de máquinas se presenta fundamental para adquirir un mínimo de experiencia a bordo. Sin esta ayuda resultaría más complicada la tarea de entender un problema si surge a bordo. [2]

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Ilustración 4: Módulo de combustible de la Sala de Máquinas real del buque Volcán de Tamadaba de Naviera Armas



Fuente: Buque Volcán de Tamadaba, elaboración propia [6]

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Ilustración 5: Simulador de máquinas Escuela Náutica



Fuente: Simulador Escuela Náutica ULL, elaboración propia [6]

Ilustración 6: Simulador de máquinas Escuela Náutica



Fuente: Simulador Escuela Náutica ULL, elaboración propia [6]

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

IV. METODOLOGÍA

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

4.1 MATERIAL

Los materiales usados en este proyecto son: el simulador M22PC, el manual de dicho simulador, el buque Volcán de Tamadaba e imágenes y datos encontrados en la web y también presenciales en dicho buque.

A continuación, se describen las características de ambos buques.

4.1.1 Descriptiva del Buque Modelo Volcán de Tamadaba

Ilustración 7: Buque Volcán de Tamadaba



Fuente: https://www.navieraarmas.com/es/flota_volcan_de_tamadaba/7 [7]

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Tabla 1: Características principales del buque

Nombre	Volcán de Tamadaba
Tipo	Ro-Ro/Buque de pasaje
Astillero	Hijos de J. Barreras de Vigo
Año de construcción	2007
Eslora	154,35m
Manga	25,6m
Calado	5,7m
Propulsión	2 Wärtsilä 12V46B
Potencia propulsora	2 x 11.700 kW (Total 48.000 HP)
Velocidad de servicio	24,5 nudos
Tonelaje de registro	20.500 GT
Peso muerto	3400T
Desplazamiento en rosca	9250T

Fuente: manual Buque Tamadaba, elaboración propia [8]

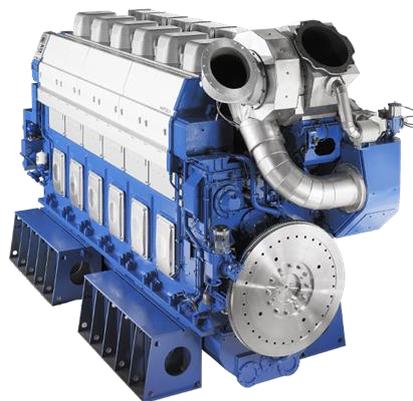
COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Tabla 2: Características de los motores del Volcán de Tamadaba

Modelo del motor	Wärtsilä 12V46B
Potencia	2 x 11.700 kW
Ciclos	4 tiempos
Revoluciones	500 rpm
Combustible	HFO/DO
Diámetro del cilindro	460 mm
Carrera	580 mm
Cilindrada de cada cilindro	96,4 l
Tipo de cárter	Carter seco
Presión de inyección	≈ 600 bar
Volumen de aceite lubricante	370 l

Fuente: manual Wärtsilä 12V46B, elaboración propia [9]

Ilustración 8: Vista del motor Wärtsilä 12V46B



Fuente: <https://www.wartsila.com/marine/build/engines-and-generating-sets/diesel-engines/wartsila-46f> [10]

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

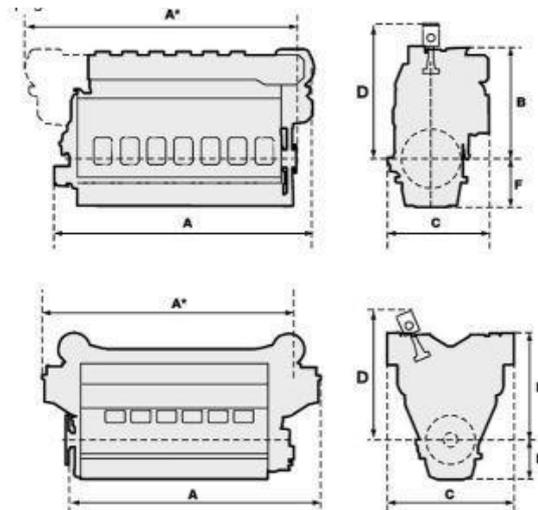
A continuación, se aprecian las características del tipo de motor del Volcán de Tamadaba, que es el motor Wärtsilä 12V46B.

Tabla 3: Dimensiones del 12V46B

A*	10080 mm
A	10150 mm
B	3770 mm
C	4050 mm
D	3800 mm
F	1820 mm
PESO	173 T

Fuente: manual Wärtsilä 12V46B, elaboración propia [10] [9]

Ilustración 9: Dimensiones del 12V46B

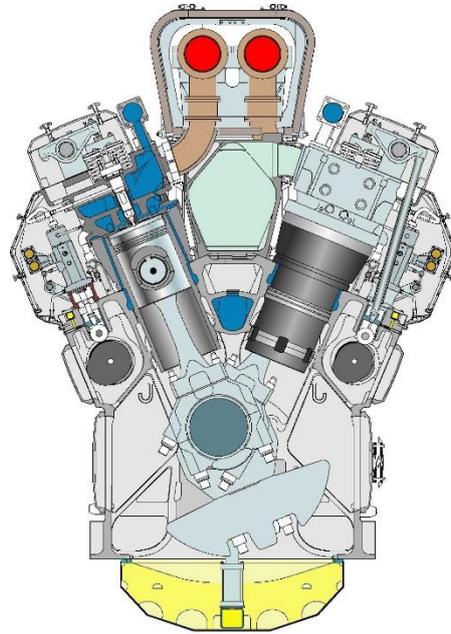


Fuente: <https://www.wartsila.com/marine/build/engines-and-generating-sets/diesel-engines/wartsila-46f> [10]

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

En la siguiente ilustración vemos el corte transversal del motor.

Ilustración 10: Corte transversal Wärtsilä 12V46B



Fuente: <http://analisismaquinas.blogspot.com/2016/02/motor-diesel-wartsila-46.html> [11]

El motor diésel Wärtsilä 46 cuenta con cilindros de 460mm de diámetro y 580mm de carrera, totalizando una cilindrada unitaria de 96,4 litros. La renovación de la carga se consigue por medio de cuatro válvulas por cilindro, cuenta con un sistema de inyección directa de alta presión, enfriador de aire de barrido por intercambiador aire-agua y un turbocompresor de alta eficiencia. [11]

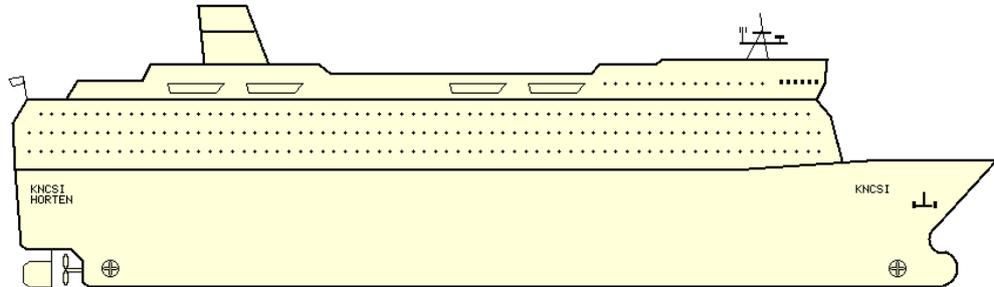
La viscosidad del Fuel-oil es de 700cSt a 50°C.

Son motores que se aplican al ámbito marítimo, aunque también se encuentran en estaciones terrestres. Suelen utilizarse como motores principales o como generadores por el gran rendimiento que aportan. Son de media velocidad y también son de 4 tiempos.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

4.1.2 Descriptiva del M22PC

Ilustración 11: Imagen Buque Simulador M22PC



Fuente: Manual Simulador M22PC [3]

Tabla 4: Características del buque referente al M22PC

Eslora total	160 m
Eslora entre perpendiculares	145 m
Manga	24 m
Calado	5.5 m
Peso muerto	3400 T
Desplazamiento	12000 T
Arqueo	18000 T

Fuente: manual de simulador M22PC, elaboración propia [3]

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Los motores principales son motores Pielstick 10 PC 4.2 2*5V. Este tipo de motor es de velocidad media, con 10 cilindros configurados en V y también son de cuatro tiempos. Los motores son no reversibles y están equipados con embrague y reductora. Estos motores están conectados a una hélice de paso variable.

Tabla 5: Características del motor principal

Tipo	Pielstick 10 PC 4.2
Diámetro del cilindro	570mm
Carrera del pistón	620mm
Número de cilindros en línea	2*5 V
Número de enfriadores de aire	2
Número de turbocompresores	2
Potencia del motor	10930kW
Revoluciones	400rpm
Presión efectiva	23bar
Consumo específico	186g/kWh
Diámetro del propulsor	4,60m
Velocidad del propulsor	133rpm
Velocidad máxima	22,5kn

Fuente: Manual M22PC, elaboración propia [3]

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

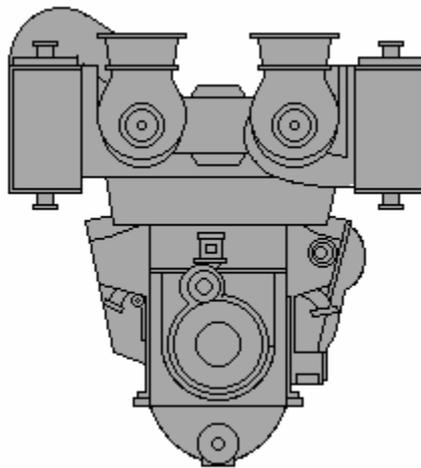
Cada motor está conectado a la transmisión mediante reductora y embrague.

El embrague va operado mediante un control de aire. Si se reduce la presión en el control del aire, se reduce el par máximo transmisible. En un control bajo de la presión de aire, el embrague puede comenzar a deslizar y se puede dañar debido al calor generado por la fricción.

La parada del motor principal es causada por daños sobre la máquina, y viene indicada de la siguiente manera dependiendo del daño:

- Alta temperatura en los gases de escape.
- Alta temperatura en el aceite lubricante.
- Alta temperatura en el agua de refrigeración.
- Alta temperatura en los cojinetes.
- Incendio en la sala de máquinas.

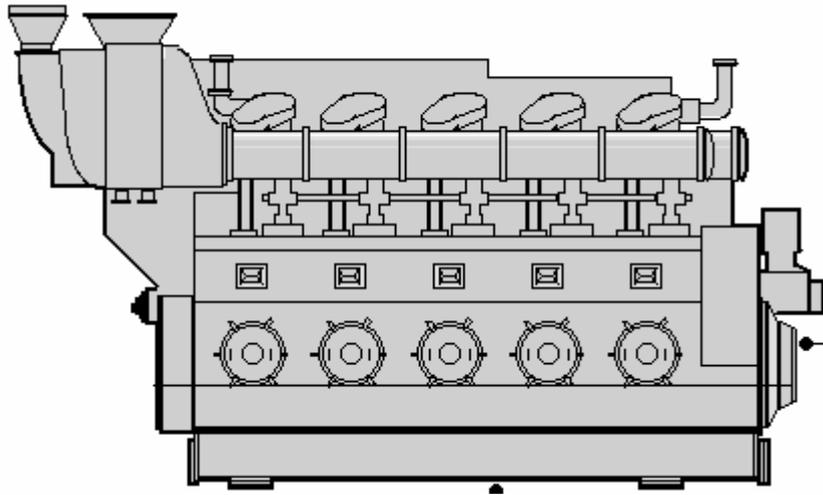
Ilustración 12: Corte transversal del motor principal



Fuente: Manual del simulador M22PC [3]

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Ilustración 13: Corte longitudinal del motor principal



Fuente: Manual del simulador M22PC [3]

4.2 METODOLOGÍA

Primeramente, se obtuvo información acerca del simulador M22PC, así como obtener su manual y usarlo como objeto de descripción en la comparativa. También se acudió al mismo simulador de la EPSIS Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval de Santa Cruz de Tenerife y obtener datos importantes para comparar.

Luego, se acudió a Naviera Armas para poder sacar fotos a varios elementos de su sala de máquinas, en concreto la sala de máquinas del Volcán de Tamadaba.

Los datos acerca del motor del Tamadaba y varias características fueron sacadas de páginas web.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

V. RESULTADOS

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Debido a la extensión del trabajo, tan solo me voy a centrar en los sistemas esenciales de ambos buques, tanto del simulador M22PC como del buque ‘Volcán de Tamadaba’.

5.1 SISTEMA DE AGUA DULCE BUQUE MODELO/SIMULADOR

5.1.1 Sistema de agua dulce Volcán de Tamadaba.

Este tipo de motor viene equipado con un sistema de refrigeración cerrado con agua tratada. Este sistema se divide a la vez en dos: alta temperatura y baja temperatura.

Ilustración 14: Bombas acopladas de baja y alta temperatura



Fuente: Buque Volcán de Tamadaba, elaboración propia [6]

Hablando acerca del circuito de alta temperatura, hay que decir que incluye elementos como las culatas, el turbocompresor, cilindros, etc. El agua fluye desde la bomba para distribuirse a lo largo de camisas, culatas, válvulas, asientos de válvulas de escape.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Este circuito de alta temperatura posee un calentador para mantener el circuito a una temperatura elevada, ya que, si se arranca el motor en frío y el agua de refrigeración también está fría, al calentarse provocaría una diferencia de temperatura en el bloque motor, causando grietas y fisuras en la culata y camisas.

Por otro lado, el circuito de baja temperatura enfría el aceite de lubricación del motor y el aire de carga.

Todo el sistema de refrigeración se encuentra ubicado exclusivamente en la sala de máquinas.

El circuito de alta temperatura tiene una temperatura de trabajo de entre 85-90°C. La alarma por alta temperatura salta a los 105°C y la parada automática por alta temperatura se produce a los 110°C.

En cambio, el circuito de baja temperatura posee una temperatura de trabajo de 35-45°C.

Ilustración 15: Enfriadores principales



Fuente: Enfriadores Buque Volcán de Tamadaba, elaboración propia [6]

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Ilustración 16: Vista frontal de un enfriador principal



Fuente: enfriador principal Volcán de Tamadaba, elaboración propia [6]

La presión de trabajo del circuito de baja temperatura de este sistema está comprendida entre 2.8 y 4.4 bar, sonando la alarma por baja presión a los 2 bar. Por otro lado, la presión de trabajo del circuito de alta presión está comprendida entre 3.2 y 4.8 bar.

5.1.2 Sistema de agua dulce Simulador M22PC.

Este sistema esencial lo podemos dividir a su vez en dos partes: sistema de enfriamiento del inyector y sistema de enfriamiento de la camisa del motor principal.

- Sistema de enfriamiento del inyector.

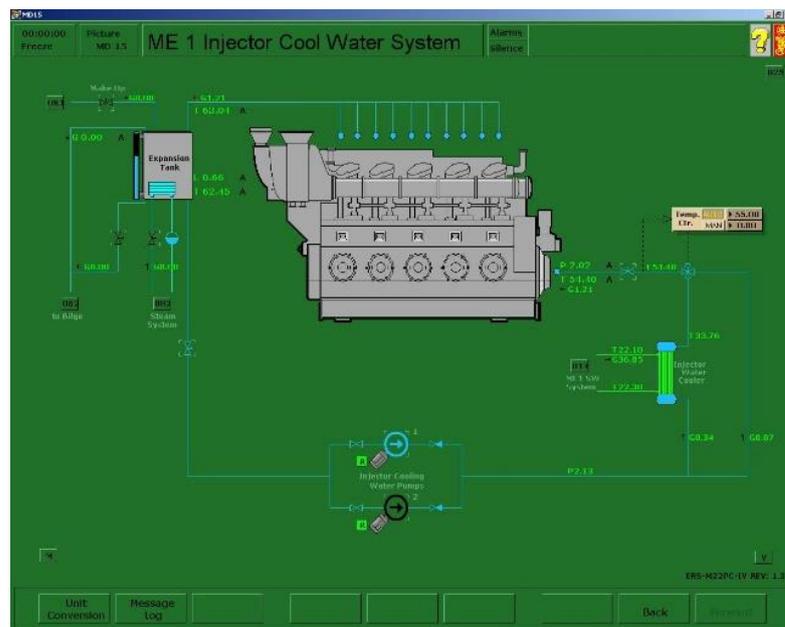
El propósito de este sistema es mantener la temperatura de la boquilla del metal en el nivel correcto durante las condiciones plenas de funcionamiento.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Una temperatura elevada puede causar problemas de funcionamiento como pueden ser acumulaciones en la boquilla del inyector, causando una pobre atomización del combustible y creando una alta presión de inyección, que puede causar la rotura de la tubería de alta presión.

Una temperatura baja causa corrosión ácida en la boquilla del inyector.

Ilustración 17: Sistema de refrigeración de los inyectores:



Fuente: refrigeración de inyectores [3]

Este sistema está equipado con dos bombas accionadas eléctricamente. Las bombas succionan desde el tanque de expansión con agua tratada y descargan sobre la culata de cada motor, distribuyendo el agua refrigerante sobre los inyectores en cada cabeza del cilindro. Antes de ir hacia el motor, se produce un intercambio de calor con el agua salada.

Después de enfriar cada inyector, el agua se dirige hacia un embudo sobre el tanque de expansión mediante tuberías de retorno.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

Una bobina de vapor en el tanque de expansión permite el calentamiento del agua en el sistema cuando los motores no están en funcionamiento, lo que evita la congelación de combustible pesado en los inyectores.

El tanque de expansión está equipado con una tubería de rebose que a su vez posee un interruptor para su alarma. Este rebose es dirigido hacia la sentina. Cuando el tanque de expansión se drena también va hacia la sentina.

El agua entra a una temperatura en la línea de entre 50 y 55°C, a una presión de aproximadamente 2,02 bar, y un caudal de 1,21 ton/h. Cuando el agua vuelve hacia el tanque de expansión lo hace a una temperatura aproximada de 60-65°C al mismo caudal que, de entrada.

- **Sistema de enfriamiento de la camisa del motor principal**

Este sistema de refrigeración se subdivide a su vez en dos circuitos integrados:

- Circuito de agua de precalentamiento de la camisa

El propósito del circuito de precalentamiento es el de asegurar el correcto precalentamiento del motor principal cuando no está en funcionamiento.

Este circuito está equipado con una bomba de circulación separada y un precalentador de vapor. La velocidad de circulación del agua y la capacidad del precalentador se personalizan de manera que el motor principal obtenga la temperatura de precalentamiento correcta siempre que la bomba de circulación esté funcionando y el control de temperatura del calentador de vapor esté encendido.

El control de temperatura del precalentador es un controlador de encendido / apagado, que mide la temperatura en la tubería de entrada principal del motor y controla la válvula de entrada de vapor del calentador.

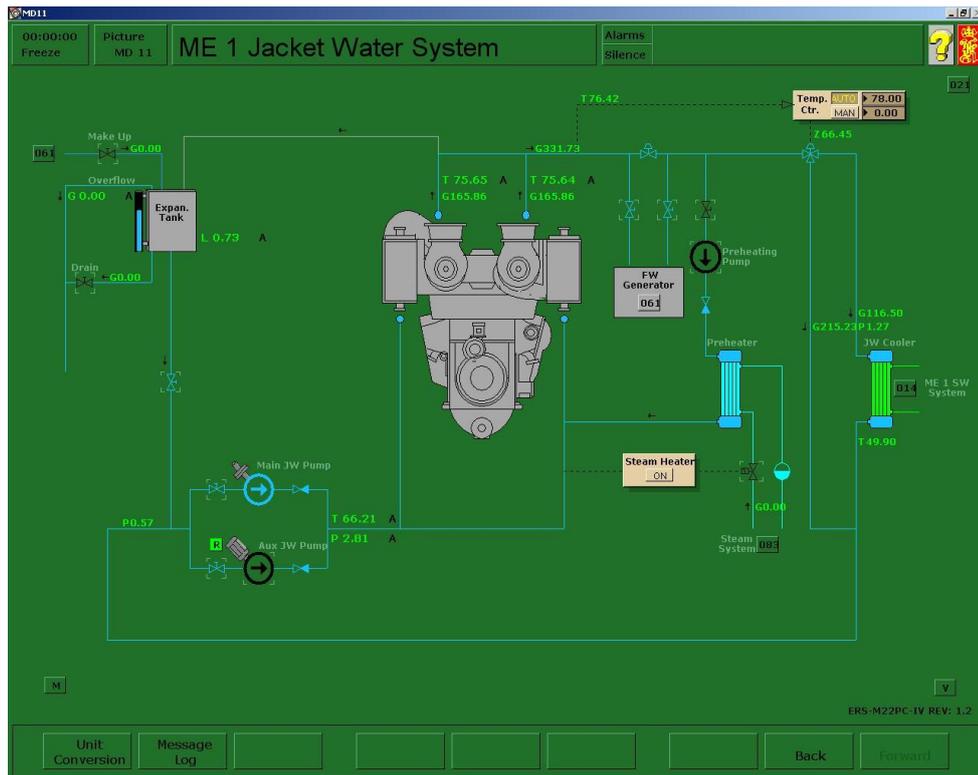
- Circuito de refrigeración de la camisa

El propósito del circuito de refrigeración de la camisa es proporcionar refrigeración para camisas de cilindros, culatas, válvulas de escape y la carcasa de los turbocompresores.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

El sistema está equipado con una bomba auxiliar de circulación accionada eléctricamente, una bomba de circulación principal accionada por eje en paralelo, y un enfriador de agua con camisa refrigerada por agua de mar. La bomba hace circular el agua de refrigeración a través del motor principal y el enfriador de agua de la camisa.

Ilustración 18: Refrigeración del motor del M22PC



Fuente: Refrigeración del motor principal M22PC [3]

La bomba de accionamiento eléctrico sirve como bomba de agua de refrigeración durante el arranque y como bomba auxiliar en caso de avería de la bomba de circulación accionada por eje.

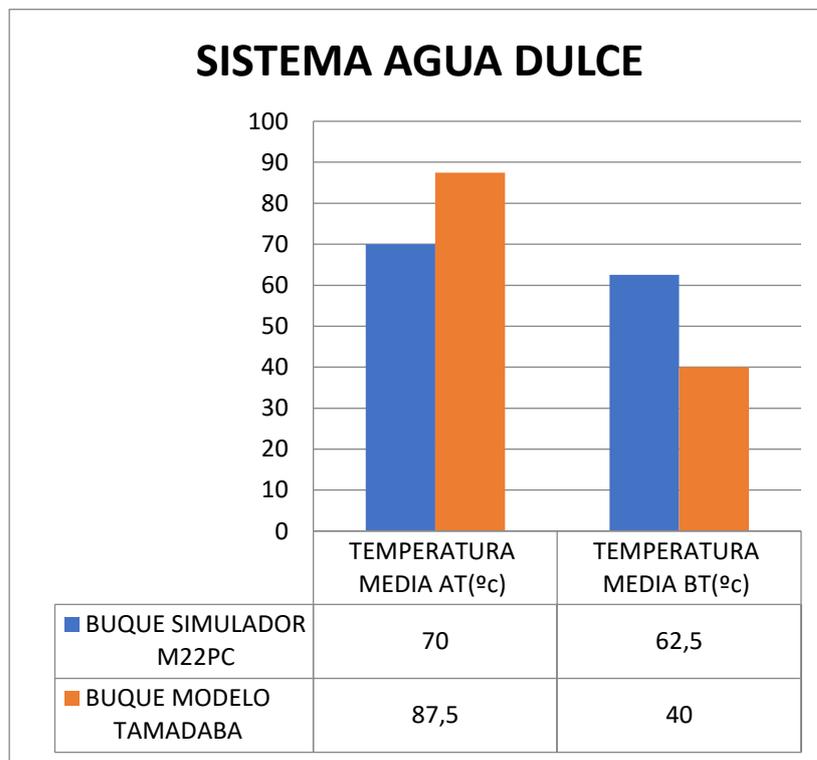
Un controlador PID, que controla una válvula de distribución de 3 vías, ubicado antes del enfriador de agua de la camisa controla la temperatura de salida del agua de refrigeración de la camisa.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

El nivel de presión general en el sistema de agua dulce viene dado por el nivel de agua en el tanque de expansión de agua dulce. La tubería de rebose del tanque de expansión está equipada con un interruptor de rebose. El desagüe se drena hacia la sentina de la sala de máquinas. El tanque de expansión puede drenarse también hacia la sentina.

5.1.3 Comparativa Sistemas de agua dulce.

Tabla 6: Gráfica comparativa del sistema de agua dulce



Fuente: manual M22PC y manual Wärtsilä 12V46B, elaboración propia [9] [12]

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Podemos observar que ambos sistemas trabajan con los mismos equipos, con la salvedad de que el buque manual M22PC, posee un sistema de enfriamiento para inyectores y sistema de refrigeración de camisas.

Las temperaturas de AT y BT de ambos sistemas tienen una diferencia de aproximadamente de 17.5, ya que es debido a que el sistema en el buque modelo es un circuito independiente y cerrado, en cambio el del buque simulador es un sistema con sistema de precalentamiento, controlado por un PID.

Las presiones de trabajo son muy similares en ambos sistemas, teniendo una presión media de 4 Bar.

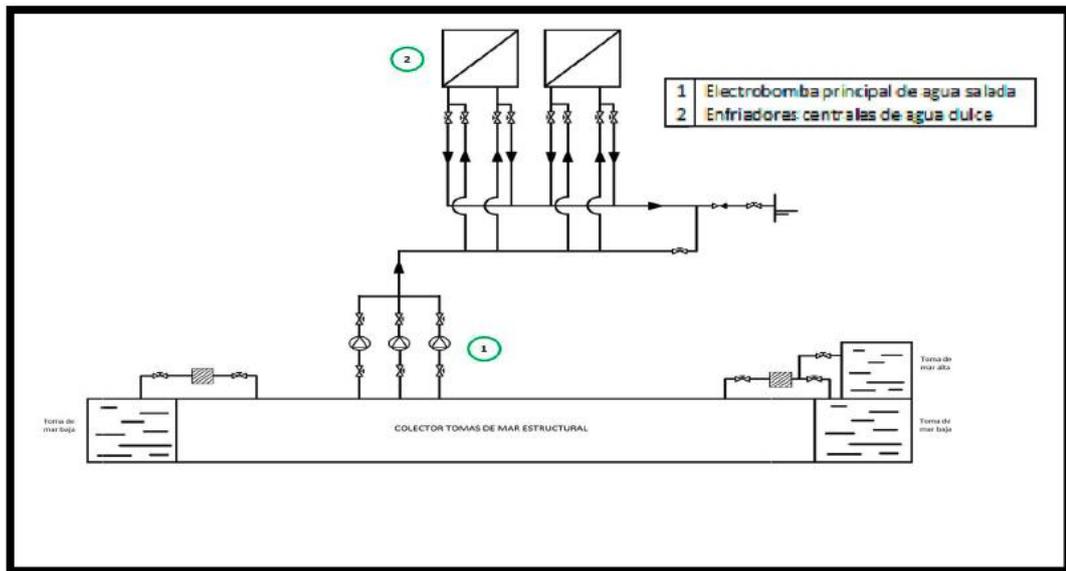
5.2 SISTEMA DE AGUA SALADA BUQUE MODELO/SIMULADOR

5.2.1 Sistema de agua salada Volcán de Tamadaba

El sistema de agua salada es el más sencillo de todos los sistemas que componen un motor, puesto que se encarga de enfriar el agua dulce que luego enfría los elementos de la máquina. La única complejidad que lleva es la de usar el agua salada en la menor medida posible, puesto que los elementos que están en contacto con ella tienden a corroerse, llegando a formar incrustaciones.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Ilustración 19: Sistema de agua salada Volcán de Tamadaba



Fuente: esquema del sistema de agua salada Volcán de Tamadaba [13]

El sistema posee tres bombas eléctricas que aspiran de un colector común. Antes de entrar en el colector, el agua pasa por unos filtros ya vengan de la toma de alta o de la toma de baja. Las bombas mandan el agua hacia los enfriadores principales, el agua hace el circuito para refrigerarlos y va de vuelta al mar.

Es importante decir que si, por ejemplo, hay fuga de aceite, el aceite emulsiona con el agua salada y hay que proceder a cambiar el aceite por completo de inmediato. Esto es poco probable debido a que el aceite siempre tendrá mayor presión para evitar estos problemas.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Ilustración 20: Enfriadores principales



Fuente: enfriadores de agua salada, elaboración propia [6]

Ilustración 21: Bombas principales de agua salada



Fuente: bombas de agua salada, elaboración propia [6]

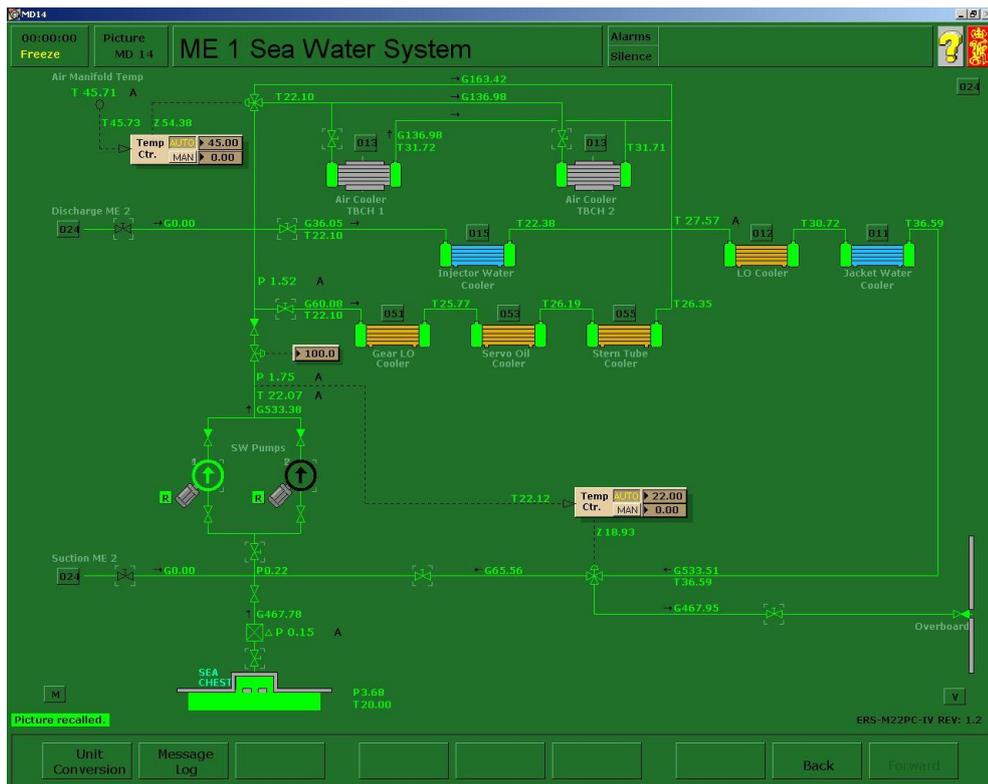
COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

5.2.2 Sistema de agua salada Simulador M22PC

Generalmente, cada motor principal tiene su propio sistema de agua salada. El propósito de este sistema es el enfriamiento de las siguientes partes de baja temperatura del motor:

- Carcasas del turbocompresor.
- Ventiladores de aire de barrido.
- Enfriadores de inyectores.
- Enfriadores de aceite de lubricación de engranajes.
- Enfriadores de aceite de lubricación del servo.

Ilustración 22: Sistema de agua salada del motor principal



Fuente: esquema de agua salada del motor principal M22PC [3]

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

El agua de mar se toma de la toma marina a través del filtro de agua de mar por una de las dos bombas de agua de mar accionadas eléctricamente, que descargan el agua a los enfriadores del motor principal.

Con el fin de evitar la condensación de la humedad del aire en la superficie de las tuberías de agua de mar y también para evitar temperaturas demasiado bajas en la entrada del enfriador de aceite de lubricación, el agua de mar se recircula desde la línea superior a la línea de succión. Un controlador PID controla la válvula de recirculación. La línea de recirculación es más pequeña y tiene una mayor resistencia al flujo que la línea por la borda. Por lo tanto, el flujo total de agua de mar se reducirá en la recirculación. Esto aumenta el efecto del control de temperatura ("retroalimentación positiva").

Los enfriadores de agua de mar están diseñados para una temperatura del agua de mar de 32°C.

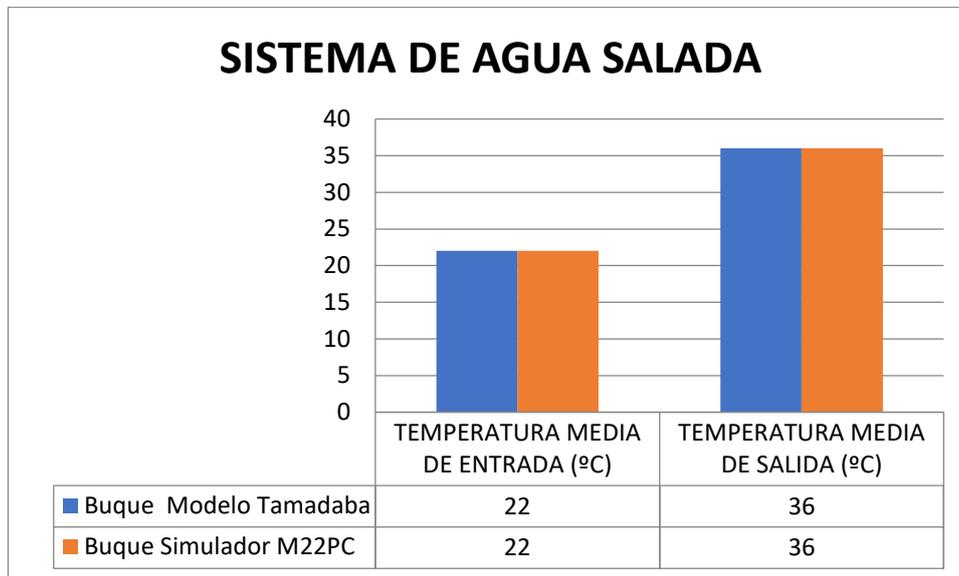
Normalmente, solo una de las bombas de agua de mar en cada sistema está en funcionamiento.

El sistema toma agua de mar con un caudal de 467 ton/h, pero al pasar por la bomba, éste aumenta hasta 533 ton/h. Antes de pasar a través de los enfriadores la temperatura en la línea es de 22°C a una presión de 1,5 bar. Al pasar a través de todos los enfriadores la temperatura aumenta hasta los 36°C.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

5.2.3 Comparativa entre ambos sistemas

Tabla 7: gráfica comparativa del sistema de agua salada



Fuente: manual M22PC y manual Wärtsilä 12V46B, elaboración propia [9] [12]

Este sistema es el más similar entre el buque y el simulador. Ambos trabajan a la temperatura del agua de mar para realizar el intercambio de calor. La temperatura de salida suele oscilar entre los 36°C y 40°C.

5.3 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

5.3.1 Sistema de combustible Volcán de Tamadaba

El sistema de combustible de este tipo de motor viene preparado para un combustible pesado. Con lo cual, el motor se puede parar y arrancar con este tipo de combustible, siempre a una temperatura adecuada. Cabe recordar que la temperatura tiene que estar elevada a la del funcionamiento correcto.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

El combustible se almacena en los tanques de almacén según vienen del exterior. Además, se trasiega diariamente, donde las depuradoras lo aspiran, purifican y lo envían al tanque diario de almacén.

Ilustración 23: Depuradoras de combustible



Fuente: depuradoras de combustible, elaboración propia [6]

Respecto a los módulos de combustible, son los encargados de aspirar de los tanques de uso diario. La entrada de combustible en estos módulos se realiza mediante las bombas Feeder. Tras estas bombas nos encontramos con un filtro manual y otro automático, aunque el automático es el que se usa normalmente.

El combustible a bordo, tanto para los motores principales como para los auxiliares, es Fuel Oil pesado de 380 cSt, consiguiéndose de esta forma mejorar la economía de funcionamiento.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Ilustración 24: Módulos de combustible



Fuente: módulos de combustible, elaboración propia [6]

Poseen tres calentadores, uno eléctrico y dos de vapor, pero solamente se utiliza uno de los de vapor. Es necesario calentarlo para conseguir la temperatura y viscosidad adecuada. Tras esto, el combustible es aspirado por las bombas Booster que lo mandan a los motores. Hay dos pares de bombas: un par se utiliza para los motores principales y otro par para los auxiliares.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Ilustración 25: Calentadores de módulos de combustible



Fuente: módulos de combustible, elaboración propia [6]

Cada módulo alimenta a un motor a una presión de 7-9 bar.

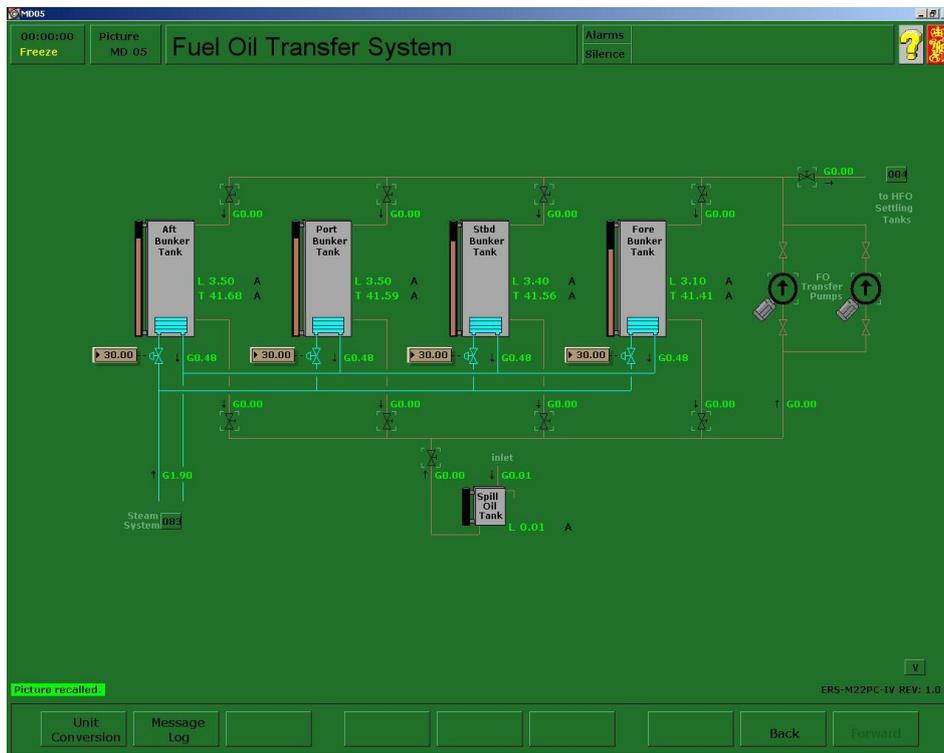
5.3.2 Sistema de combustible Simulador M22PC

- Sistema de transferencia de Fuel Oil.

El sistema de transferencia de combustible pesado incluye cuatro tanques de combustible, un tanque de derrame de petróleo, dos bombas de transferencia y la línea de tuberías necesaria.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

Ilustración 26: Sistema de transferencia de Fuel Oil



Fuente: sistema de transferencia de Fuel Oil Simulador M22PC [3]

Las bombas de transferencia toman succión de cualquiera de los tanques de combustible o del tanque de derrame de aceite y se descargan a los tanques de sedimentación o regresan a cualquiera de los tanques de combustible. Las bombas de transferencia deben iniciarse manualmente al nivel del tanque de sedimentación bajo o al nivel del tanque de aceite de alto derrame. El tanque de aceite derramado recibe aceite de:

- Reboses:
 - Tanque de sedimentación HFO 1
 - Tanque de sedimentación HFO 2
 - Tanque de servicio HFO
 - Tanque de servicio DO

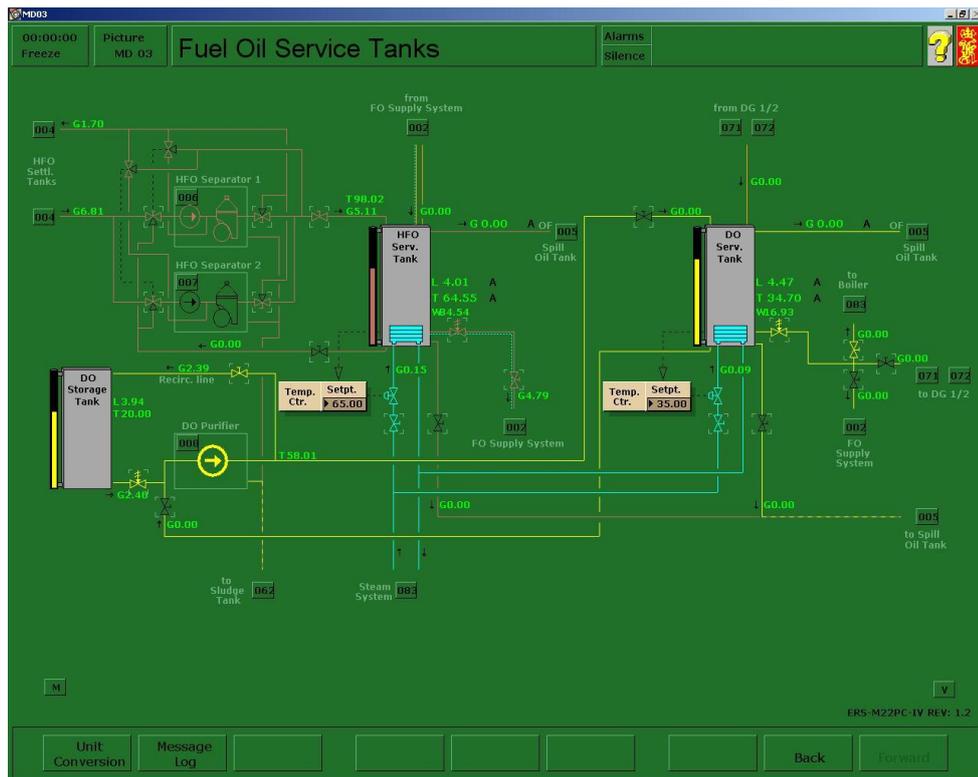
COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

- Drenajes:
 - Tanque de ventilación
 - tanque de servicio HFO
 - Tanque de servicio DO

- **Tanques de servicio Fuel Oil**

Los tanques de servicio de fuel oil comprenden el tanque de servicio de fuel oil, el tanque de almacenamiento de diésel, el tanque de servicio de diésel y los sistemas separadores para fuel oil y para diésel oil.

Ilustración 27: Tanques de servicio Fuel Oil



Fuente: tanques de servicio Simulador M22PC [3]

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

- **Sistema de suministro de Fuel Oil**

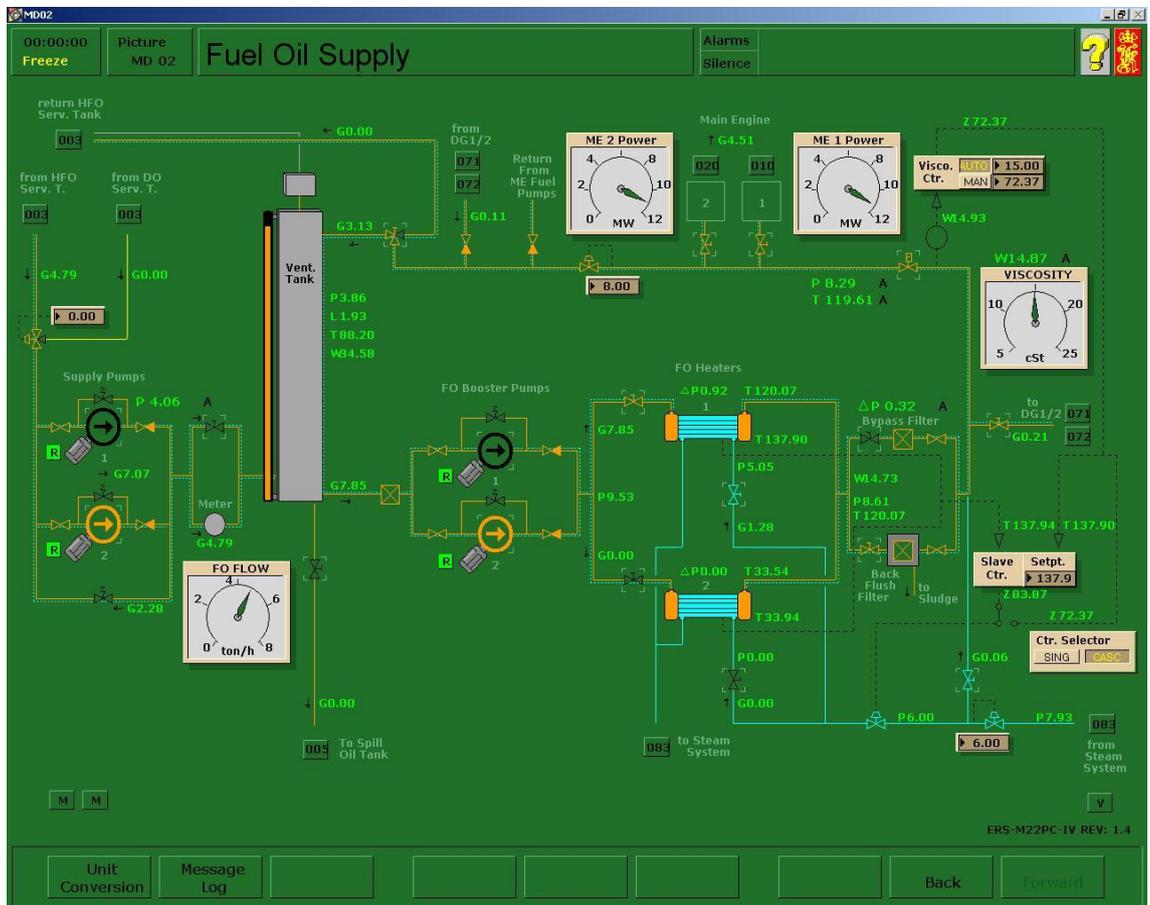
El propósito del sistema de servicio de fuel oil es precalentar el fuel oil para corregir la viscosidad de la inyección, filtrar finamente el fuel oil y suministrar a los motores principales y a los generadores diésel un flujo continuo de fuel oil a una presión correcta. Todos los motores funcionan con la misma viscosidad y están diseñados para funcionar con fuel oil pesado en todo momento, a plena potencia, maniobrando y en puerto.

El funcionamiento con diésel es solo durante condiciones anormales y durante una revisión importante del sistema de fuel oil.

El sistema es capaz de preparar fuel oil pesado con una viscosidad de 700 cSt. A 50°C y dispuesto como un sistema de fuel oil presurizado para evitar la formación de espuma y la cavitación de la bomba de fuel oil a alta presión.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Ilustración 28: Suministro de Fuel Oil



Fuente: suministro de Fuel Oil [3]

Dos bombas de suministro toman la succión de los tanques de servicio de fuel oil pesado o del tanque de servicio de diésel a través de una válvula de mezcla ajustable de 3 vías. La línea de suministro de cada tanque de servicio está equipada con válvulas de no retorno para evitar la confluencia.

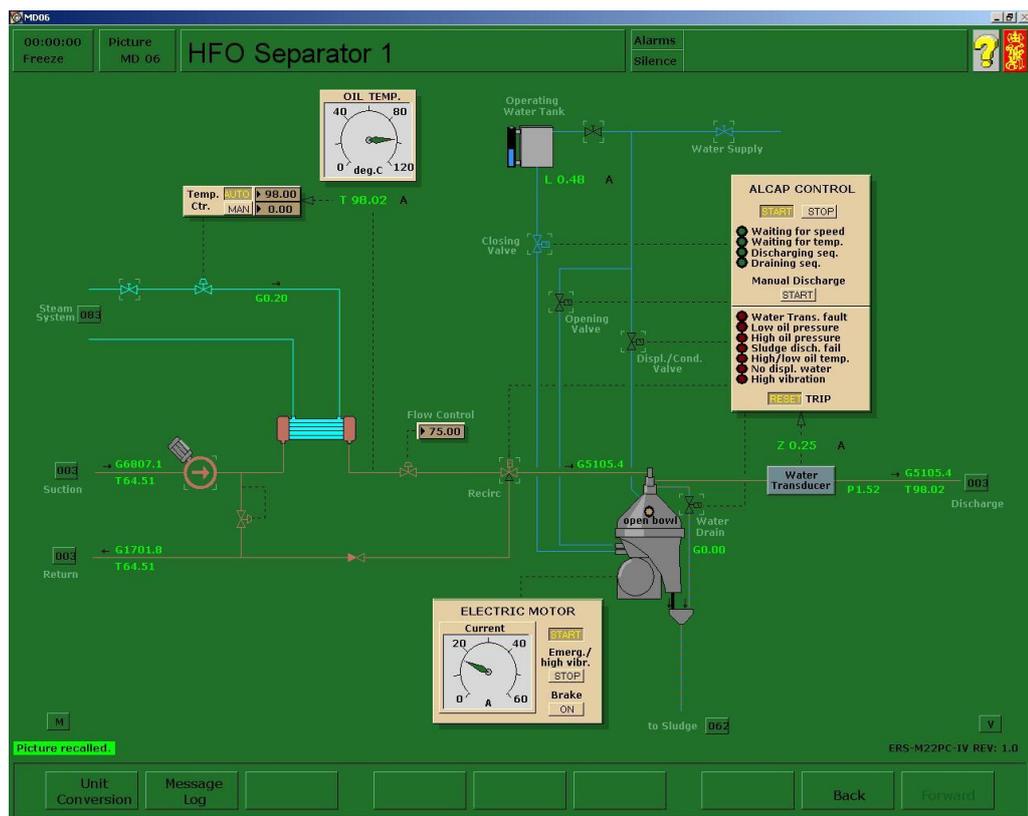
Las bombas de suministro descargan al tanque de ventilación a una presión de aprox. 4 bar.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

- Separador de HFO

El propósito del sistema de separador HFO es suministrar combustible al motor principal y a los generadores diésel, libres de impurezas y agua en el mayor grado posible.

Ilustración 29: Separador HFO

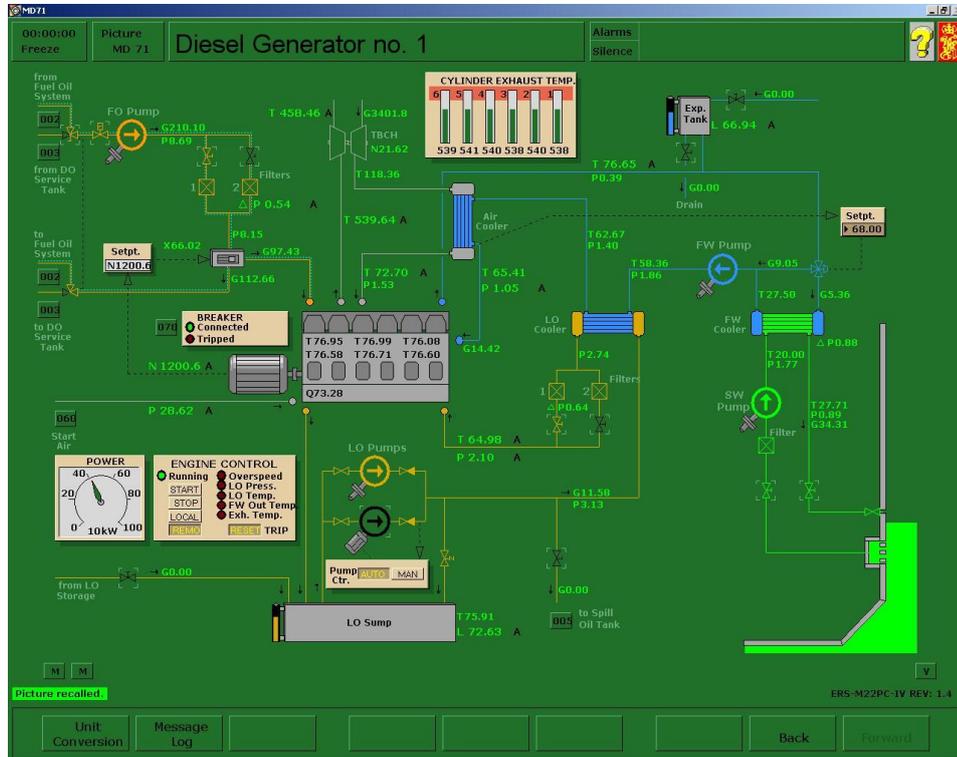


Fuente: separador HFO [3]

Hay dos separadores de HFO. Los dos separadores de HFO toman la succión de los tanques de sedimentación y del tanque de servicio y se descargan al tanque de servicio de HFO.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

Ilustración 30: Generador diésel



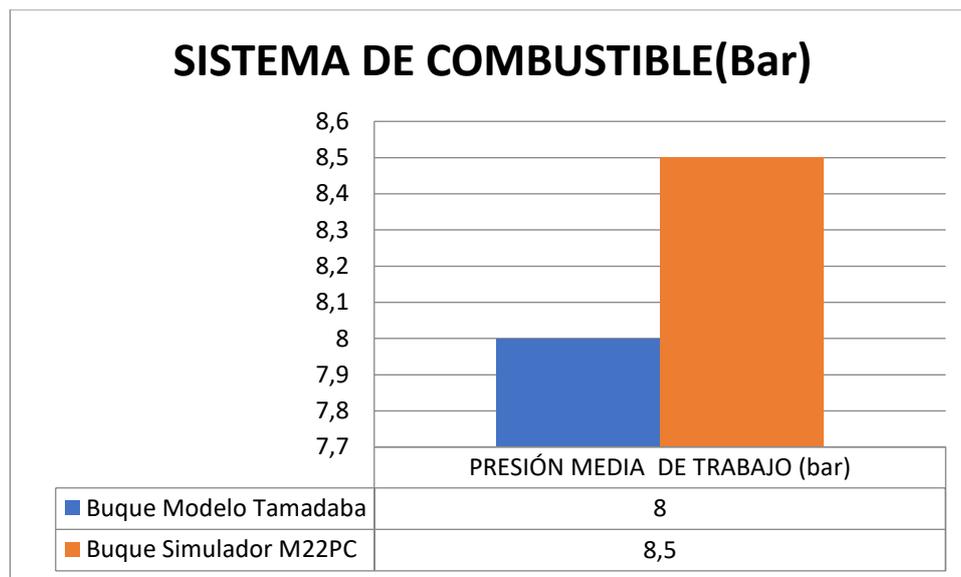
Fuente: generador diésel [3]

El generador es alimentado por Fuel Oil mediante una presión de 8,69 bar a un caudal de 210 ton/h. El combustible pasa a través de los filtros y luego entra en el motor. Con esto, el motor alcanzará las revoluciones que le proponamos con el controlador. El Fuel que no entra en el motor es enviado de vuelta hacia el sistema de combustible de Fuel Oil.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

5.3.3 Comparativa entre ambos sistemas

Tabla 8: gráfica comparativa del sistema de combustible



Fuente: manual M22PC y manual Wärtsilä 12V46B, elaboración propia [9] [12]

Podemos concluir que ambos sistemas trabajan con los mismos equipos, y sus presiones son muy similares entre sí, con una diferencia de 0.5°C.

5.4 SISTEMA DE LUBRICACIÓN

5.4.1 Sistema de lubricación Volcán de Tamadaba

Ilustración 31: Bomba de prelubricación



Fuente: bomba de prelubricación, elaboración propia [6]

Esta es la bomba de aceite accionada por el motor. Este sistema viene equipado con una válvula reguladora de presión para que se mantenga una presión constante en la tubería.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Ilustración 32: Bombas principales de lubricación



Fuente: bombas principales de lubricación, elaboración propia [6]

La imagen de arriba se corresponde con las bombas principales de lubricación. Tienen una presión de trabajo de entre 3.5 y 4 bar. La alarma por baja presión se activa cuando desciende a los 3 bar y la parada por baja presión ocurre a los 2 bar.

Ilustración 33: Depuradoras de aceite



Fuente: depuradoras de aceite, elaboración propia [6]

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

El aceite lubricante es depurado por las depuradoras de aceite para ser refinada y volver a los tanques de retorno. Las impurezas son separadas y van a un tanque de lodos.

Ilustración 34: Bomba de prelubricación



Fuente: bomba de prelubricación, elaboración propia [6]

La presión de trabajo de la bomba de prelubricación es de 1 bar. Esta bomba aspira del tanque de retorno y, si es necesario, lo pasa por el enfriador.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Ilustración 35: Termostática de aceite



Fuente: termostática de aceite, elaboración propia [6]

La termostática de aceite controla la temperatura de aceite. Tiene una temperatura de trabajo entre 60 – 70°C. Salta la alarma por alta temperatura a los 80°C y la parada se produce a los 90°C.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Ilustración 36: Enfriadores de aceite



Fuente: enfriadores de aceite, elaboración propia [6]

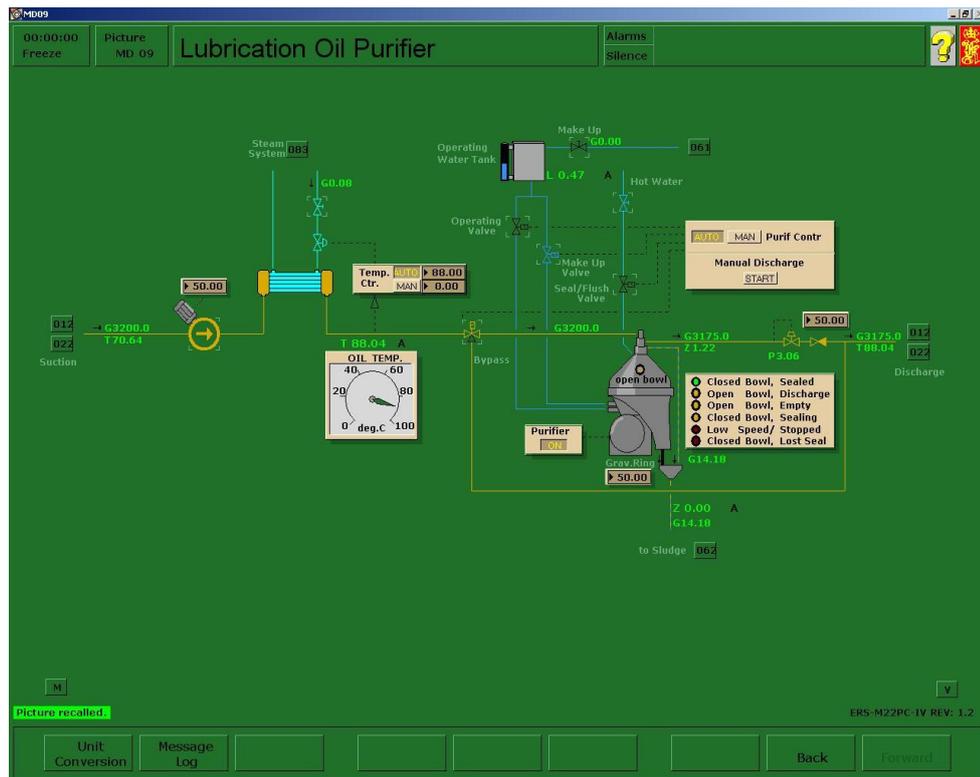
Los enfriadores de aceite se encargan de descender la temperatura del lubricante para mantenerlo constante.

5.4.2 Sistema de lubricación Simulador M22PC

En el sistema de lubricación nos encontramos con el purificador de aceite. El purificador de aceite lubricante limpia el aceite lubricante, tomado del tanque de sumidero (tanque de drenaje) de uno de los motores principales y lo descarga a los tanques de sumidero del motor.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

Ilustración 37: Purificador de aceite



Fuente: purificador de aceite [3]

Hay un separador de aceite lubricante. El separador de aceite lubricante succiona de un extremo del tanque de drenaje del motor principal y descarga de nuevo al otro extremo del tanque de drenaje.

El separador está provisto de una bomba de alimentación de desplazamiento con accionamiento eléctrico independiente con velocidad ajustable.

El separador está provisto de un tanque de gravedad de agua de operación. Durante la operación hay un consumo constante de agua en operación y el tanque de gravedad de agua en operación debe ser llenado manualmente cuando salta la alarma de baja.

El lodo de agua aceitosa y el drenaje del proceso de disparo se recogen en el tanque de lodo.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

Un precalentador de vapor calienta el aceite antes de que se dirija al recipiente separador. La temperatura es controlada por un controlador PID que controla una válvula de control en la entrada de vapor del precalentador.

La temperatura en la succión es de 70°C con un caudal de 3200 ton/h, pasa por el sistema de vapor y aumenta hasta los 88°C para entrar en el purificador. La temperatura a la salida se mantiene a 88°C y el caudal constante.

- **Lubricación de los balancines.**

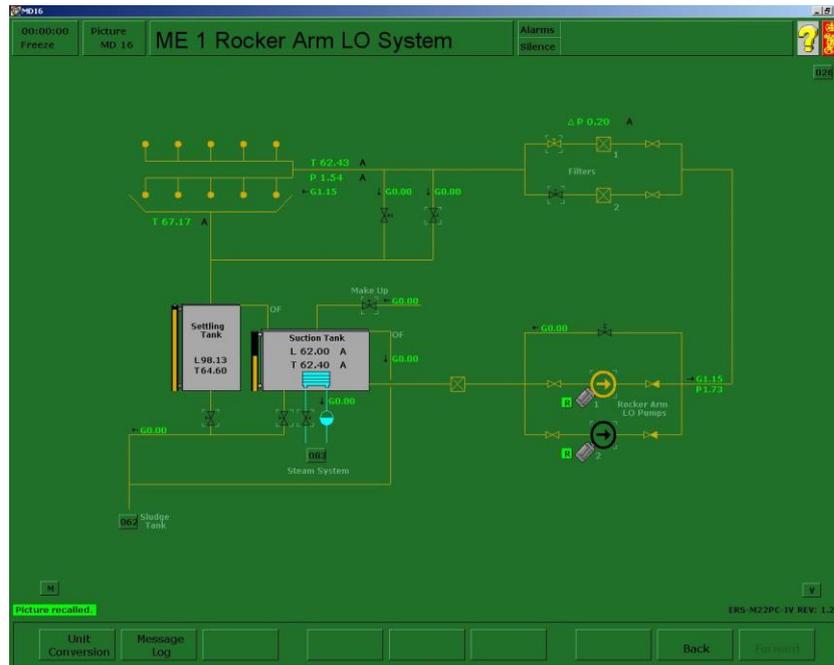
También disponemos del sistema de lubricación de los balancines, cuyo propósito es suministrar lubricación a los bujes del balancín y a los conjuntos del empujador de válvula.

El sistema de lubricación de los balancines del motor principal está completamente separado del sistema de aceite lubricante principal. Si se produce una fuga de fuel oil o agua de camisa en el área de la cubierta de la culata, solo contaminará este pequeño sistema.

El sistema está equipado con dos bombas eléctricas. Cada bomba succiona del pequeño tanque de succión a través de un filtro de succión y descarga a través de un filtro dúplex y cabezales en cada banco de motor, distribuyendo el aceite lubricante a los brazos oscilantes en cada culata.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Ilustración 38: Lubricación de balancines



Fuente: lubricación de balancines [3]

Después de lubricar los bujes del balancín, el aceite se drena a la parte superior de la culata y se devuelve al tanque de sedimentación por flujo de gravedad. Una válvula de control de presión ajustable mantiene la presión del cabezal de descarga en 1.4 - 1.6 bar (20 - 24 psi) devolviendo el exceso de aceite al tanque de sedimentación.

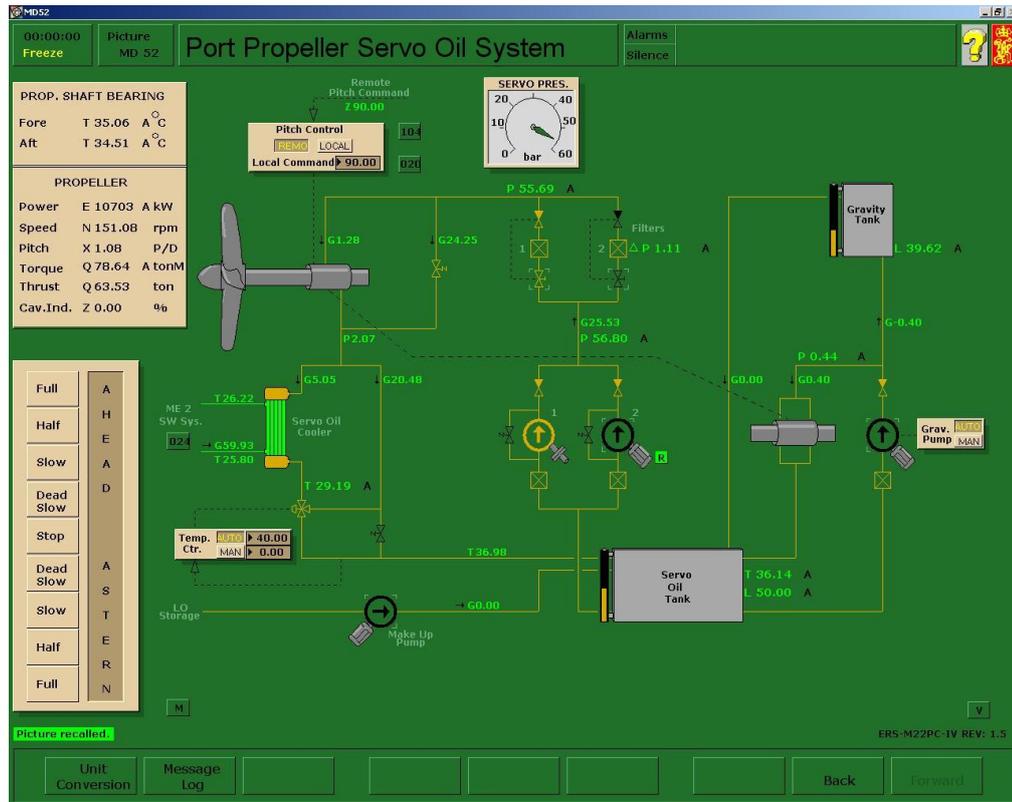
- Sistema servo propulsor

El servo de la hélice es operado por aceite hidráulico de alta presión suministrado por una bomba accionada por eje. Se utiliza una bomba eléctrica para arrancar y poner en stand-by.

El control de paso depende de la presión hidráulica. A baja presión de aceite, la tasa máxima de cambio de inclinación se reduce de manera correspondiente. Si el aceite está frío, el servo actúa más lentamente.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

Ilustración 39: Sistema servo propulsor



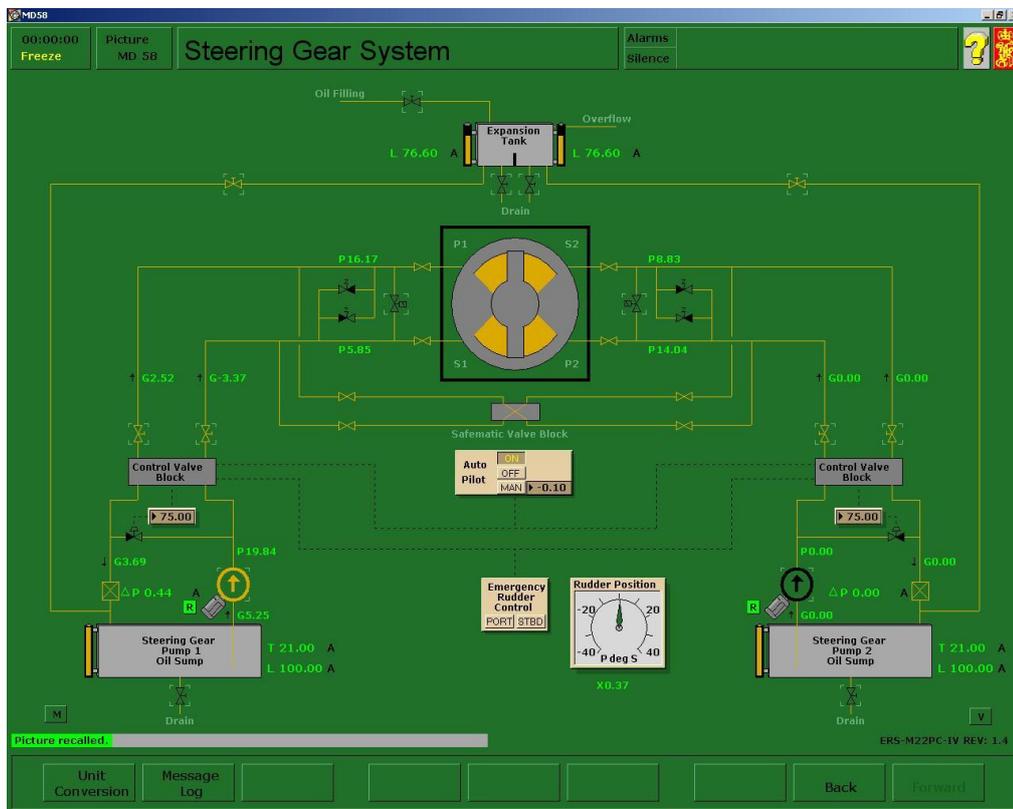
Fuente: lubricación del servo [3]

- Sistema de lubricación del gobierno

El mecanismo de dirección puede cambiar la posición del timón desde 35 grados a -30 grados en un rango de 48 segundos con una bomba y 24 segundos con dos bombas, independientemente de la velocidad del barco. El aumento de la demanda de empuje en el timón a mayor velocidad del barco se resuelve mediante el aumento de la presión de la bomba.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

Ilustración 40: Sistema de gobierno



Fuente: lubricación del sistema de gobierno [3]

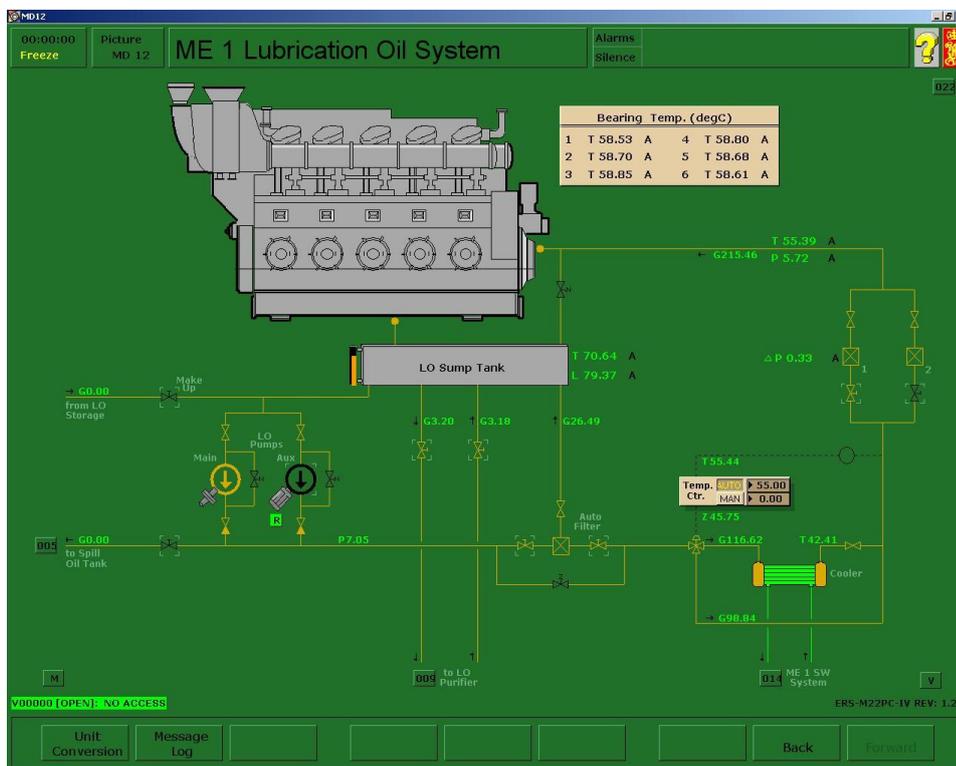
- Lubricación del motor principal

El motor principal es lubricado mediante una línea con una presión de 5,7 bar, a una temperatura de 55°C y un caudal de 215 ton/h. El tanque de servicio se puede rellenar desde el tanque almacén.

El aceite lubricante viene desde el tanque de servicio diario, pasa a través de los filtros, y después por un enfriador que regula la temperatura. La temperatura de consigna es de 55°C. Luego el aceite entra en el motor, lubrica todos los elementos y vuelve a caer por gravedad al tanque de servicio.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

Ilustración 41: Lubricación del motor principal

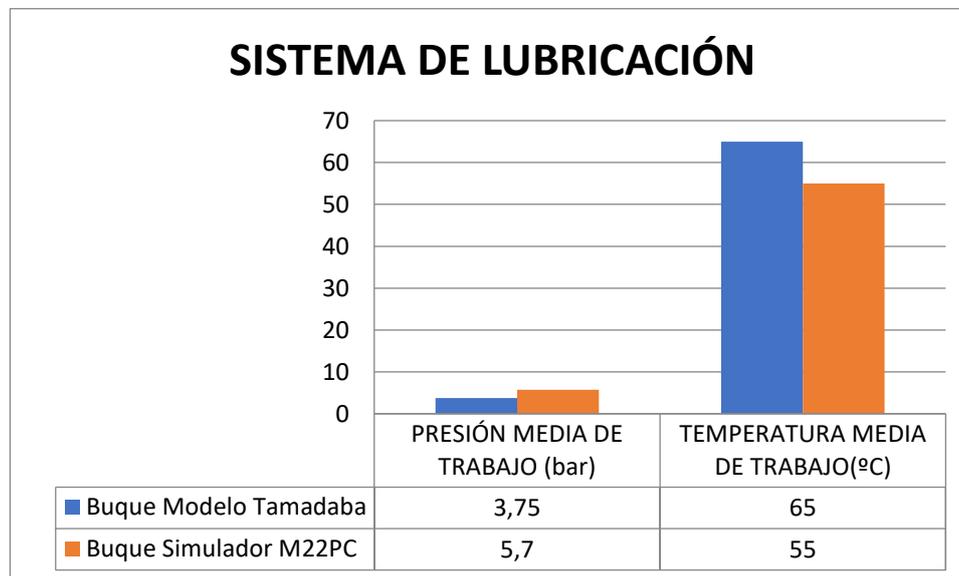


Fuente: lubricación del motor principal [3]

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

5.4.3 Comparativa entre ambos sistemas

Tabla 9: gráfica comparativa del sistema de lubricación



Fuente: manual M22PC y manual Wärtsilä 12V46B, elaboración propia [9] [12]

En primer lugar, la temperatura de trabajo de ambos es muy significativa ya que es de 10°C más en un circuito que en otro, entendiendo que en el simulador es controlada por un PID, y en el caso del buque real tenemos una termostática.

Las presiones de trabajos difieren de tan solo de 2 bares de presión.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

VI. CONCLUSIONES

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

Para concluir, decir que la simulación prepara al alumno de cara a futuras averías, ya sea en la industria aeronáutica o, en el caso de este trabajo, en la industria naval. Así pues, con el uso del simulador se aprende mejor a solventar un problema a bordo para proceder a su reparación.

Este tema lo elegí por la gran importancia que representa para las universidades tener alumnos que estén preparados y familiarizados con los simuladores de máquinas, para que, a la hora de enfrentarse a una dificultad, sean capaces de resolverla.

Respecto a los buques, hay que destacar que son buques con motores diferentes, pero con muchas similitudes, puesto que la eslora, la manga, el desplazamiento, etc. son muy similares.

Los motores también son diferentes pero los sistemas trabajan casi con las mismas presiones y temperaturas, y la velocidad también es muy similar. El motor del Volcán de Tamadaba es un Wärtsilä 12V46B, es decir, con distribución en V de los 12 cilindros y ofrecen una potencia de 11700 kW y una velocidad de 24.5 kn.

Los motores del simulador M22PC son Pielstick 10 PC 4.2 2*5V, cuya distribución de sus 10 cilindros es en V también, con una potencia de 10930 kW y una velocidad de 23.5 kn.

El uso y manejo de este simulador y los datos obtenidos de los motores del Buque Volcán de Tamadaba me han servido de un conocimiento que no tenía acerca de los sistemas esenciales de ambos, ya que hay que conocer la importancia que tienen a bordo. Si faltara un sistema esencial, el buque no podría navegar tal y como lo hace con normalidad.

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

VII. BIBLIOGRAFÍA

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE 'VOLCÁN DE TAMADABA'

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS ESENCIALES DEL SIMULADOR M22PC
CON LOS DEL BUQUE ‘VOLCÁN DE TAMADABA’

- [1] <<https://www.aladinia.com/simulador-vuelo-madrid>>.
- [2] <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4640566.pdf>.
- [3] «Simulador M22PC».
- [4] R. E. Shannon, Shannon, Robert; Johannes, James D. (1976). «Systems simulation: the art and science». IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 6(10). pp. 723-724..
- [5] <<https://docplayer.es/55022633-Universidad-maritima-internacional-de-panama.html>>.
- [6] «Trabajo de campo».
- [7] https://www.navieraarmas.com/es/flota_volcan_de_tamadaba/7.
- [8] «Manual Buque Volcán de Tamadaba».
- [9] «Manual Wärtsilä 12V46B».
- [10] <https://www.wartsila.com/marine/build/engines-and-generating-sets/diesel-engines/wartsila-46f>.
- [11] <http://analisismaquinas.blogspot.com/2016/02/motor-diesel-wartsila-46.html>.
- [12] «Manual Simulador M22PC».
- [13] <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/5177/Circuitos+basicos+y+esenciales+de+los+MCI+del+buque+Volcan+de+Tamadaba.pdf> y
jsessionid=2354BFD17A18C851F4B3AE2209D60692?sequence=1.
- [14] <https://www.puentedemando.com/diez-anos-en-servicio/>.
- [15] www.navieraarmas.com.