

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. Access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.

**METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE
EMISIONES DE NO_x EN BUQUES
PORTACONTENEDORES
(APLICACIÓN EN PUERTO MODELO Y AL
CÁLCULO DE EMISIONES PONDERADAS)**

Número de vol.: 2

Volumen: 1/2

Autor: Ismael Cobos Delgado

Licenciado en Máquinas Navales

Ingeniero Técnico Naval en Propulsión y Servicios del Buque

Institución en que se presenta la Tesis: Facultat de Nàutica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Centro de desarrollo de la Tesis: Facultat de Nàutica de Barcelona

Director de la Tesis: Prof. Dr. Germán de Melo Rodríguez

Miembros del Tribunal:

**Tesis doctoral para la obtención del Título de Doctor por la Universitat
Politècnica de Catalunya**

Impreso en Barcelona a 15 de mayo de 2011

0. ASPECTOS PRELIMINARES

0.1. Resumen

El núcleo de la presente tesis se desarrolla en los apartados 1 a 6, los cuales constituyen el cuerpo del trabajo.

En resumen, los mencionados apartados desarrollan primeramente un método analítico para el cálculo de emisiones de NO_x procedentes de los motores diésel marinos. Dicha metodología se aplica a la aproximación a las emisiones producidas por un determinado tipo de buque en un puerto modelo. En este caso se han seleccionado todos los portacontenedores que hicieron escala durante el año 2009 en el puerto de Barcelona. Sólo se han considerado los buques que atracaron en el puerto, no se han incluido en este trabajo los periodos de fondeo y aquellos buques que únicamente fondearon. La información referente a las escalas ha sido facilitada por el Puerto de Barcelona (PTO BCN-2009) y únicamente tiene acceso a la misma el Ente Público Puertos del Estado, la Administración Marítima Española y la Agencia Europea de Seguridad Marítima (EMSA).

La metodología distingue y detalla las distintas fases operativas en puerto y se ha desarrollado inicialmente, de forma pormenorizada en dos portacontenedores modelo de características muy distintas con el fin de ilustrar el método, para posteriormente extender el cálculo al resto de buques indicados en el párrafo anterior por medio de una hoja de cálculo que incorpora todos los detalles aplicados en los buques modelo indicados. El conjunto de datos técnicos de los buques, necesarios para aplicar el método, se ha obtenido de la base de datos de Lloyd's Register of Ships (IHS-2011), accesible fundamentalmente a Administraciones Marítimas, Organizaciones Reconocidas/Sociedades de Clasificación, y del Sistema Gestor de Inspección de Buques de la Dirección General de la Marina Mercante (DGMM-2010). La hoja de cálculo se ha diseñado de forma que selecciona el tipo de máquina principal y auxiliar instalada para poder determinar las variables necesarias para la aplicación del método.

Posteriormente, se realiza un cálculo de emisiones ponderadas en los mismos buques modelo indicados en el párrafo anterior de acuerdo con los ciclos de ensayo que se definen en el capítulo 3 del Código Técnico sobre los NO_x (OMI-2008b).

Este cálculo de emisiones ponderadas se lleva a cabo en primer lugar mediante el método analítico que se desarrolla en la tesis, y en segundo lugar, por medio de un software de simulación para el cálculo de emisiones, desarrollado por la Dirección General de la Marina Mercante conjuntamente con la Universidad de Vigo, y con la colaboración del doctorando de la presente tesis y su director.

Tras la obtención de resultados de emisiones ponderadas, se han realizado las consultas y la investigación necesarias para obtener los valores declarados por los fabricantes de los motores de los buques modelo. En el cuerpo de la tesis, se incluyen los valores que han sido facilitados y en las conclusiones se efectúa una comparativa de los diferentes resultados.

El método analítico (CORBETT-2003) al que se ha hecho referencia en los párrafos anteriores, está fundamentado en el uso de diferentes variables. En primer lugar, se deben determinar los denominados factores de emisión que se definen para los diferentes tipos de motor y para cada contaminante.

Los factores de emisión dependen fundamentalmente del tipo de motor, es decir, de si se trata de motores de 2 o 4 tiempos, del tamaño de los motores, del régimen nominal y de la carga de los mismos. Igualmente, también son función del tipo de combustible utilizado (principalmente para las emisiones de SO_x), de la configuración de diseño de la máquina (en línea o en V), del modo de operación (velocidad constante o función del propulsor) y del número de cilindros.

La obtención de los factores de emisión se realiza empíricamente, fundamentalmente por parte de los fabricantes de los motores y por parte las Organizaciones Reconocidas encargadas de la certificación previa de las máquinas.

En este caso, tras recurrir a James J. Corbett, profesor de la Universidad de Delaware, EEUU y a uno de sus trabajos con Horst W. Koehler del departamento técnico de MAN B&W Diesel, Augsburg, Alemania (CORBETT-2003), se han podido obtener unos valores de referencia para distintos motores clasificados por tipo y velocidad nominal en unos rangos de potencia limitados que, en la tesis han sido extrapolados y aproximados a funciones polinómicas, dando así cobertura al rango de funcionamiento que requería el trabajo. Posteriormente, y teniendo en consideración la tipología de plantas propulsoras y generadoras de los buques manejados, se han ido clasificando éstas en las diferentes curvas de referencia de factores de emisión para la obtención de los valores más ajustados.

Otra de las variables fundamentales en el método que se desarrolla en la tesis es el consumo específico de combustible. Para estimar los consumos de los motores de los buques objeto del trabajo, se ha realizado una división por motores de referencia, seleccionados por tipo y potencia y se han ido encuadrando las diferentes instalaciones de los buques en la categoría pertinente.

Para la obtención de los consumos específicos de estos motores de referencia, se ha recurrido a los propios fabricantes (CAT-2008, MAN B&W-1995, MAN B&W-2010, MAN DIESEL-2010, SCANIA, WARTSILA-2010a, WARTSILA-2010b), los cuales proporcionan los valores que corresponden a las cargas habituales de trabajo. Posteriormente, y obtenidos estos valores, se ha procedido a la extrapolación de los mismos y a la aproximación a funciones polinómicas para todo el rango de funcionamiento que requiere el desarrollo de un cálculo en las condiciones operativas en puerto.

Conocidos los factores de emisión y los consumos específicos de combustible, y estimados los rangos de carga de las plantas propulsoras y generadoras, así como los tiempos empleados en las diferentes fases operativas, se obtiene una aproximación a las emisiones de NO_x en los buques portacontenedores objeto de la tesis.

En los resultados de NO_x obtenidos cuando se aplica el método analítico y, por tanto, los factores de emisión, la relación $\text{NO}_2:\text{NO}_x$ varía entre 0,05 y 0,10 y se asume que el

NO₂ es del orden del 8% del total de NO_x (WHALL-2007). Así pues, los totales corresponden a la suma de NO+NO₂.

Los equipos que se utilizan para realizar las mediciones, en cumplimiento del Código sobre los NO_x disponen de un convertidor para la reducción catalítica de NO₂ a NO y de dos modalidades de funcionamiento, modalidad NO en la cual, la mezcla gaseosa no pasa por el convertidor y se obtienen los valores de NO analizados, y modalidad NO₂ en la que la mezcla gaseosa pasa por el convertidor. (OMI 2008b).

Con ello, el total de emisiones de NO_x consistirá en la suma de los resultados de NO y NO₂.

Por otro lado, de acuerdo con la Regla 13 del Anexo VI de MARPOL y conforme al Capítulo 3 del Código Técnico sobre los NO_x, la emisión total de óxidos de nitrógeno se calcula como emisión total ponderada de NO₂, y de la misma forma se establecen los límites para el cumplimiento normativo.

Se entiende lo anterior debido a que, cuando las emisiones de gases entran en contacto con la atmósfera, la componente de NO se oxida rápidamente a NO₂ (CARRERAS-1990).

0.2. ÍNDICE

0.2.1. ÍNDICE VOLUMEN 1

0.	Aspectos preliminares	1
0.1.	Resumen	1
0.2.	Índice	5
0.3.	Listado de ilustraciones, gráficas y tablas	10
0.4.	Listado de abreviaturas y símbolos principales	13
0.5.	Introducción	15
0.6.	Estado del Arte	20
1.	Metodología aplicada en puerto. Cálculo de emisiones de NO _x en un buque modelo	23
1.1.	Buque modelo 1	24
1.1.1.	Definición del buque modelo 1	24
1.1.2.	Aproximación a la determinación de la potencia, consumo y emisiones de la instalación propulsora durante la fase de navegación en aguas portuarias. Buque modelo 1	26
1.1.3.	Aproximación a la determinación de la potencia, consumo y emisiones de la planta generadora durante el periodo de navegación en aguas portuarias y atraque/desatraque. Buque modelo 1	36
1.1.4.	Aproximación a la determinación de la potencia, consumo y emisiones de la planta generadora con el buque atracado. Buque modelo 1	42
1.2.	Buque modelo 2	45
1.2.1.	Definición del buque modelo 2	45
1.2.2.	Aproximación a la determinación de la potencia, consumo y emisiones de la instalación propulsora durante la fase de navegación en aguas portuarias. Buque modelo 2	48
1.2.3.	Aproximación a la determinación de la potencia, consumo y emisiones de la planta generadora durante el periodo de navegación en aguas portuarias y atraque/desatraque. Buque modelo 2	58

1.2.4. Aproximación a la determinación de la potencia, consumo y emisiones de la planta generadora con el buque atracado. Buque modelo 2	63
2. Descripción detallada de la hoja de cálculo para la aplicación del método para la estimación de emisiones de NO _x en puerto	66
3. Cálculo de emisiones ponderadas en los buques modelo de acuerdo con los ciclos de ensayo del Código Técnico sobre los NO _x . Método desarrollado en la tesis	71
3.1. Buque modelo 1	74
3.1.1. Cálculo de emisiones ponderadas del motor principal del buque modelo 1 – Man B&W 10L90MC	75
3.1.2. Cálculo de emisiones ponderadas de los motores auxiliares del buque modelo 1 – Wartsila 6R32E	82
3.2. Buque modelo 2	87
3.2.1. Cálculo de emisiones ponderadas del motor principal del buque modelo 2 – MaK Caterpillar 8M43	88
3.2.2. Cálculo de emisiones ponderadas de los motores auxiliares del buque modelo 2 – Scania DC13 71A	94
4. Cálculo de emisiones ponderadas en los buques modelo de acuerdo con los ciclos de ensayo del Código Técnico sobre los NO _x . Software de simulación para el cálculo de emisiones	98
4.1. Aplicación del software “CÁLCULO DE EMISIONES NO _x MARPOL”	100
4.2. Cálculo de emisiones ponderadas en el buque modelo 1	113
4.2.1. Emisiones ponderadas del motor principal del buque modelo 1 – Man B&W 10K90MC	113
4.2.2. Emisiones ponderadas de los motores auxiliares del buque modelo 1 – Wartsila 6R32E	116
4.3. Cálculo de emisiones ponderadas en el buque modelo 2	119
4.3.1. Emisiones ponderadas del motor principal del buque modelo 2	

– MaK Caterpillar 8M43	119
4.3.2. Emisiones ponderadas de los motores auxiliares del buque modelo 2 – Scania DC13 71A	122
5. Presentación de resultados	125
5.1. Resultados de emisiones de NO _x obtenidos en los buques modelo en la operación en puerto	125
5.2. Resultados de emisiones de NO _x obtenidos en los buques que hicieron escala en 2009 durante la operación en puerto	127
5.3. Resultados de emisiones de NO _x , calculadas de forma ponderada (ciclos ensayo Código NO _x) según el método desarrollado en la tesis y aplicando el simulador de cálculo	140
5.3.1. Buque modelo 1	141
5.3.2. Buque modelo 2	145
6. Métodos de reducción de emisiones de NO _x	149
7. Conclusiones	151
8. Bibliografía	160

0.2.2. ÍNDICE VOLUMEN 2

Anexo I: Cálculo de emisiones de los portacontenedores que hicieron escala en el puerto de Barcelona en el año 2009. Resultados.

Anexo II: Factores de Emisión para diferentes Motores Diésel de referencia (para combustible residual).

Anexo III: Curvas de Consumo Específico de Combustible para los Motores Principales de referencia.

Anexo IV: Curvas de Consumo Específico de Combustible para los Motores Auxiliares de referencia.

Anexo V: Emisiones Ponderadas para la Instalación Propulsora y Generadora del Buque Modelo 1.

Anexo VI: Emisiones Ponderadas para la Instalación Propulsora y Generadora del Buque Modelo 2.

Anexo VII: Generaciones de Portacontenedores. (MAN B&W-2004b)

Anexo VIII: Método de Medición Simplificado. Pruebas Vigo 2008.

Anexo IX: Perspective on Reducing Emissions.

Anexo X: Anexo VI Convenio MARPOL. Reglas para Prevenir la Contaminación Atmosférica ocasionada por los Buques. Enmendado y modificado hasta la Resolución MEPC. 178(58).

Anexo XI: Resolución MEPC. 177(58). Código Técnico sobre los NO_x 2008.

Anexo XII: Sea-Web Lloyd's Register of Ships Online.

Anexo XIII: Resolution MEPC. 103(49). Guidelines for On-board NO_x Verification Procedure – Direct Measurement and Monitoring Method.

0.3. Listado de ilustraciones, gráficas y tablas

GRÁFICAS

Gráfica 1.2: Potencia indicada como función de la velocidad del buque sin carga

Gráfica 1.3: Consumo específico de combustible motor 2T entre 35000 y 50000 Kw

Gráfica 1.4: Factores de emisión de NO_x motores 2T (hasta 104 rpm)

Gráfica 1.5: Consumo específico MMAA 4T - 1885 kW a 2800 kW - 900rpm

Gráfica 1.6: Factores de emisión de NO_x motores 4T (720 rpm)

Gráfica 1.7: Potencia indicada como función de la velocidad del buque a plena carga

Gráfica 1.8: Potencia indicada como función de la velocidad del buque sin carga

Gráfica 1.9: Consumo específico de combustible motor 4T con potencia inferior a 7500 kW

Gráfica 1.10: Factores de emisión de NO_x motores 4T (400 rpm)

Gráfica 1.11: Consumo específico MMAA 4T – 548 kW - 900rpm

Gráfica 1.12: Factores de emisión de NO_x motores 4T (1870 rpm)

Gráfica 3.1: Cálculo para el Consumo Específico de Combustible del Motor Man B&W 10K90MC optimizado en el punto “O”

Gráfica 3.2: Consumo específico MMPP MAN B&W 10K90MC

Gráfica 3.3: Factores de emisión de NO_x motores 2T (hasta 104 rpm)

Gráfica 3.4: Consumo específico MMAA WARTSILA 6L32

Gráfica 3.5: Factores de emisión de NO_x motores 4T (720 rpm)

Gráfica 3.6: Consumo específico MMPP MaK Caterpillar 8M43C

Gráfica 3.7: Factores de emisión de NO_x motores 4T (400 rpm)

Gráfica 3.8: Consumo específico MMAA Scania DC13 71^a

Gráfica 3.9: Factores de emisión de NO_x motores 4T (1870 rpm)

TABLAS

Tabla 3.1: Ciclo de ensayo para "motores principales y auxiliares adaptados a la demanda de la hélice"

Tabla 3.2: Ciclo de ensayo para "motores auxiliares de régimen constante"

Tabla 3.3: Ciclo de ensayo para "motores principales y auxiliares adaptados a la demanda de la hélice". MMPP buque modelo 1

Tabla 3.4: Ciclo de ensayo para "motores auxiliares de régimen constante". MMAA buque modelo 1

Tabla 3.5: Ciclo de ensayo para sistemas de "propulsión principal de régimen constante" (incluidas la propulsión diésel-eléctrica y todas las instalaciones de hélice de paso regulable)

Tabla 3.6: Ciclo de ensayo para sistemas de "propulsión principal de régimen constante". MMPP buque modelo 2

Tabla 3.7: Ciclo de ensayo para "motores auxiliares de régimen constante". MMAA buque modelo 2

Tabla 4.1: Ciclo de ensayo para "motores principales y auxiliares adaptados a la demanda de la hélice"

Tabla 4.2: Ciclo de ensayo para "motores auxiliares de régimen constante"

Tabla 4.3: Ciclo de ensayo para sistemas de "propulsión principal de régimen constante" (incluidas la propulsión diésel-eléctrica y todas las instalaciones de hélice de paso regulable)

Tabla 5.1: Características principales de los buques modelo

Tabla 5.2: Ciclo de ensayo para "motores principales y auxiliares adaptados a la demanda de la hélice". MMPP buque modelo 1

Tabla 5.3: Ciclo de ensayo para "motores auxiliares de régimen constante". MMAA buque modelo 1

Tabla 5.4: Ciclo de ensayo para sistemas de "propulsión principal de régimen constante". MMPP buque modelo 2

Tabla 5.5: Ciclo de ensayo para "motores auxiliares de régimen constante". MMAA buque modelo 2

Tabla 6.1: Comparativa de resultados método tesis – fabricantes

DIAGRAMAS

Diagrama 1.1: Suministro y demanda de potencia eléctrica en función de la potencia propulsora

0.4. Listado de abreviaturas y símbolos principales

Símbolo	Término
BHP	Potencia al freno
C_A	Coefficiente del Almirantazgo
C_{eeMMAA}	Consumo específico de combustible del motor auxiliar (g/kWh)
C_{eeMMPP}	Consumo específico de combustible de la máquina principal optimizado en MCR
$C_{eeMMPP}^{\text{"O"}}$	Consumo específico de combustible del motor principal optimizado en "O" (g/kWh)
C_{ent}	Consumo total de combustible de la máquina principal en la maniobra de entrada (g)
$C_{MMAA-Ng}$	Consumo total de combustible de la planta generadora durante la navegación en aguas portuarias (g)
$C_{MMAA-Pto}$	Consumo total de combustible de la planta generadora durante la estancia en puerto (g)
C_{sal}	Consumo total de combustible de la máquina principal en la maniobra de salida (g)
E_{eeMMAA}	Emisiones específicas de NOx del motor auxiliar (gNOx/kWh)
E_{eeMMPP}	Emisiones específicas de NOx de la máquina principal (gNOx/kWh)
$E_{NOx-ent}$	Cantidad de NOx emitida en la maniobra de entrada por la máquina principal (kg)
$E_{NOx-MMAA-Ng}$	Cantidad de NOx emitida en la navegación en aguas portuarias por la planta generadora (kg)
$E_{NOx-MMAA-Pto}$	Cantidad de NOx emitida durante la estancia en puerto por la planta generadora (kg)
$E_{NOx-sal}$	Cantidad de NOx emitida en la maniobra de salida por la máquina principal (kg)
$E_{NOx-Total}$	Cantidad de NOx total por buque al año (kg)
$E_{NOx-Total-esc}$	Cantidad de NOx total emitida por el buque por cada escala (kg)
F_{eMMAA}	Factor de emisión de NOx del motor auxiliar (gNOx/gcombustible)
F_{eMMPP}	Factor de emisión de NOx de la máquina principal (gNOx/gcombustible)
F_{E-NOx}	Factor de emisión de NOx (kg/tcombustible)
γ_m	Rendimiento mecánico

Símbolo	Término
IAPP	Certificado Internacional de Prevención de la Contaminación Atmosférica
L	% de carga del motor
MCR	Potencia Máxima a Régimen Continuo
mep	Presión media efectiva
MMPP	Motor Principal
n	Número de MMAA en funcionamiento
P	Potencia indicada (IHP) (en fórmula del Almirantazgo)
P_{ent}	Potencia efectiva estimada entregada por la máquina principal en la maniobra de entrada (kW)
$P_{ent\ calc}$	Potencia calculada entregada por la máquina principal en la maniobra de entrada (IHP)
P_i	Potencia indicada total del buque (IHP)
$P_{MMAA-Ng}$	Potencia indicada de cada MMAA durante la navegación en aguas portuarias (kW)
$P_{MMAA-Pto}$	Potencia indicada de cada MMAA durante la estancia en puerto (kW)
$P_{sal\ calc}$	Potencia calculada entregada por la máquina principal en la maniobra de salida (IHP)
PTO	Power take off (en la tesis, generador de cola)
SFOC	Consumo específico de combustible (g/kWh)
t_{ent}	Tiempo empleado en la maniobra de entrada (h)
t_{maniob}	Tiempo empleado en la navegación en aguas portuarias (entrada y salida) (h)
t_{pto}	Tiempo de estancia del buque amarrado (h)
t_{sal}	Tiempo empleado en la maniobra de salida (h)
v	Velocidad del buque en nudos
Δ	Desplazamiento del buque en Long Tons (1 Long Ton=1,016 t)

0.5. Introducción

Los buques, en su operativa habitual, generan diferentes contaminantes que se emiten a la atmósfera.

Fundamentalmente tenemos que, por una parte, el buque dispone de sistemas de refrigeración que pueden utilizar sustancias que agotan la capa de ozono, estas sustancias están constituidas por los refrigerantes CFC y HCFC.

Por otro lado, en los procesos normales de combustión de combustibles fósiles se emiten gases de efecto invernadero, de entre estos gases cabe destacar el CO₂. Estos gases a bordo de los buques se generan esencialmente en los motores principales y auxiliares, en las calderas y en los incineradores.

En relación con estos gases, la Agencia Europea de Seguridad Marítima (EMSA) está trabajando con los diferentes Estados Miembros de la UE en el análisis de la eficiencia de los buques a partir del denominado Índice de Diseño para la Eficiencia de Energía (EEDI) y del Indicador Operacional para la Eficiencia de Energía (EEOI)¹.

El EEDI da idea de lo “eficiente” que es un buque nuevo según un modelo matemático que se basa en una serie de variables como son la potencia propulsora, el consumo específico de combustible, la capacidad de carga, la velocidad del buque...

Valores elevados de EEDI indican buques “poco eficientes” y valores bajos buques “eficientes”. De esta forma, para optimizar la instalación de un buque con propulsión diésel, la solución más adecuada desde el punto de vista operativo, no económico, sería seleccionar un motor sobredimensionado y optimizarlo a una potencia reducida que corresponda a la velocidad determinada para ese buque.

En el caso del EEOI, éste también sirve para cuantificar la eficiencia medioambiental de un buque, pero en este caso, aplica a buques en servicio.

¹ EMSA Workshop on the GHG emissions from ships, Lisbon, 10th & 11th November 2009

Entre los objetivos que se persiguen con la utilización de este indicador destacan la medición de la energía y la eficiencia de cada viaje, la evaluación operacional, la monitorización continua de buques o la evaluación de los cambios de un buque en operación. Se trata de un Indicador de carácter voluntario.

La EMSA está buscando la fórmula que motive que los armadores acepten el uso de estos Indicadores y el desarrollo de planes para optimizar la energía y reducir las emisiones, los denominados Planes de Gestión de la Eficiencia del Buque (SEMP).

Otro tipo de gases que se emite a la atmósfera desde los buques en los procesos de combustión son los óxidos de azufre (SO_x).

La forma en que se regulan estas emisiones es mediante la limitación del contenido de azufre de todo fueloil utilizado a bordo. Además, el contenido medio de azufre a escala mundial del fueloil residual suministrado para uso en los buques se vigila teniendo en cuenta las directrices elaboradas por la OMI (Resolución MEPC.183(59))

Otro de los contaminantes emitidos por determinados tipos de buques son los compuestos orgánicos volátiles (COV).

Estos contaminantes se emiten desde buques tanque (petroleros o quimiqueros) procedentes de la carga. Las emisiones de los COV se reglamentan en los puertos o terminales, los cuáles, si están sometidos a la jurisdicción de una Parte del Convenio MARPOL, se tendrán que ajustar en la elaboración de dicha reglamentación a lo dispuesto en ese Convenio.

Todo buque tanque al cual se aplique el párrafo anterior debe estar provisto de un sistema de recogida de las emisiones de vapores, el cual se utilizará durante el embarque de las cargas pertinentes.

Por último, de entre los diferentes contaminantes emitidos a la atmósfera desde los buques, el desarrollo de este trabajo se ha centrado en los óxidos de nitrógeno.

Como información de carácter general cabe señalar que los precursores de la formación de óxidos de nitrógeno durante el proceso de combustión son el nitrógeno y el oxígeno. Estos compuestos representan juntos el 99 % del aire que entra en el motor. El oxígeno se consume durante la combustión y la cantidad de oxígeno sobrante depende de la proporción de aire y combustible con la que esté funcionando el motor. Durante la combustión, el nitrógeno no experimenta en general ninguna reacción, aunque una pequeña proporción del mismo se oxida formando distintos óxidos de nitrógeno (NO_x). Entre éstos, pueden formarse óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO_2), y su cuantía depende de la temperatura de la llama o combustión y de la cantidad de nitrógeno orgánico, si lo hay, procedente del combustible.

La formación de NO_x también es función del tiempo durante el cual el nitrógeno y el oxígeno sobrante estén expuestos a las altas temperaturas que produce la combustión en el motor diésel. En otras palabras, cuanto más elevada sea la temperatura de combustión (por ejemplo, presión máxima elevada, alto índice de compresión, caudal elevado de suministro de combustible, etc.), mayor será la cantidad de NO_x que se forme.

En general, los motores diésel de bajo régimen (baja velocidad nominal) producen más NO_x que los de alto régimen (alta velocidad nominal). Los NO_x tienen un efecto negativo en el medio ambiente y dan lugar a procesos de acidificación, formación de ozono troposférico y de enriquecimiento de nutrientes, y tienen también efectos adversos para la salud en todo el mundo.

El 26 de septiembre de 1997, la Conferencia de las Partes en el Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78), aprobó, mediante la resolución 2 de la Conferencia, el Código técnico relativo al control de las emisiones de óxidos de nitrógeno de los motores diésel marinos (Código Técnico sobre los NO_x).

A partir de la entrada en vigor, el 19 de mayo de 2005, del Anexo VI del MARPOL, titulado "Reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques", todos los motores diésel marinos a los que se aplique la regla 13 de ese anexo han de ajustarse a lo dispuesto en el mencionado Código.

El Código tiene por objeto brindar procedimientos obligatorios de prueba, reconocimiento y certificación de los motores diésel marinos que permitan a los fabricantes de motores, propietarios de buques y administraciones tener la seguridad de que todos los motores diésel marinos a los que se apliquen se ajustan a los límites de emisión de NO_x que se especifican en la regla 13 del Anexo VI.

Se ha reconocido la dificultad de establecer con precisión el verdadero promedio ponderado de NO_x que emiten los motores diésel marinos en servicio en los buques y, por ello, se ha formulado un conjunto de prescripciones sencillas y prácticas en las que se definen los medios para que puedan respetarse los límites establecidos en cuanto a las emisiones de NO_x . Estas prescripciones se han aplicado en el presente trabajo y en los casos en los que se ha dispuesto de datos de los fabricantes, se ha realizado una evaluación comparativa de los resultados.

Lo más adecuado y así se recomienda a las Administraciones es que comprueben las emisiones que producen los motores diésel marinos de propulsión y auxiliares en un banco de pruebas en el que puedan realizarse ensayos precisos en condiciones debidamente controladas. La determinación en esta fase inicial del cumplimiento de las prescripciones de la regla 13 del Anexo VI es una de las características esenciales del Código. Toda prueba posterior que se realice a bordo del buque será limitada en amplitud y precisión y el objetivo de la misma será inferir o deducir el comportamiento del motor en cuanto a las emisiones y confirmar que dicho motor se ha instalado y se utiliza y mantiene de acuerdo con las especificaciones del fabricante y que los eventuales ajustes o modificaciones no afectan a las características de emisión del motor establecidas por las pruebas iniciales y el certificado expedido por el fabricante (OMI-2008b).

En lo referente al ámbito de aplicación de este control de emisiones de NO_x , el Código aplica a todos los motores diésel marinos de potencia de salida superior a 130 kW instalados, o proyectados y destinados a ser instalados, a bordo de cualquier buque regido por el Anexo VI al que se aplique la regla 13..

Los límites se determinan basándose en unos niveles establecidos que varían desde el Nivel I hasta el Nivel III, de menos restrictivo a más restrictivo respectivamente.

El Nivel I aplica a motores instalados en buques construidos desde el 1 de enero de 2000 hasta el 1 de enero de 2011, el Nivel II a los instalados en buques construidos a partir del 1 de enero de 2011 y el Nivel III a los que se instalen en buques construidos a partir del 1 de enero de 2016 y que además operen en zonas de control de emisiones.

Los límites establecidos en Nivel I coinciden con los que se aplican a los motores instalados en buques construidos entre el 1 de enero de 1990 y el 1 de enero de 2000, siempre que tengan una potencia de salida superior a 5 000 kW y una cilindrada igual o superior a 90 litros. (OMI-2008a)

Como ya se ha indicado, el control de emisiones aplica exclusivamente a motores diésel, y están exentos aquellos motores diésel marinos destinados a ser utilizados solamente en caso de emergencia, o únicamente para accionar dispositivos o equipos destinados a ser utilizados solamente en caso de emergencia a bordo del buque en que estén instalados. Tampoco aplica a los motores diésel marinos instalados en botes salvavidas destinados a ser utilizados únicamente en caso de emergencia. (OMI-2008a)

En el trabajo que a continuación se presenta, se desarrolla en primer lugar, una metodología para el cálculo de emisiones de NO_x procedentes de los motores diésel marinos. Dicha metodología se aplica al cálculo de emisiones de todos los buques portacontenedores que hicieron escala en el puerto de Barcelona en el año 2009, sólo se han considerado los buques que atracaron en el puerto, no se han incluido en este trabajo los periodos de fondeo y aquellos buques que únicamente fondearon.

La aplicación de la metodología distingue y detalla las distintas fases operativas en puerto y se ha desarrollado inicialmente, de forma pormenorizada en dos portacontenedores modelo de características muy distintas ilustrando así el método, para extender el cálculo al resto de buques indicados en el párrafo anterior por medio de una hoja de cálculo que incorpora todos los detalles del cálculo realizado en los buques modelo indicados.

0.6. Estado del Arte

En la actualidad, y desde que la normativa en materia de prevención de la contaminación atmosférica ha entrado en vigor y se ha intensificado, los esfuerzos orientados a la obtención de emisiones de agentes contaminantes a la atmósfera se han incrementado notablemente.

Los estudios de investigación realizados se han centrado esencialmente en el cálculo de emisiones de óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles (COV's), partículas en suspensión (PM) y dióxido de carbono (CO_2).

Como información de carácter general cabe señalar que los precursores de la formación de óxidos de nitrógeno durante el proceso de combustión son el nitrógeno y el oxígeno. Estos compuestos representan juntos el 99% del aire que entra en el motor. El oxígeno se consume durante la combustión y la cantidad de oxígeno sobrante depende de la proporción de aire y combustible con la que esté funcionando el motor.

Durante la combustión, el nitrógeno no experimenta en general ninguna reacción, aunque una pequeña proporción del mismo se oxida formando distintos óxidos de nitrógeno (NO_x). Su cuantía depende de la temperatura de la llama o de combustión y además, de la cantidad de nitrógeno orgánico, si lo hay, procedente del combustible.

La cantidad en que aparezcan también es función del tiempo durante el cual el nitrógeno y el oxígeno sobrante estén expuestos a las altas temperaturas que produce la combustión en el motor diesel. En otras palabras, cuanto más elevada sea la temperatura de combustión (por ejemplo, presión máxima elevada, alto índice de compresión, ritmo elevado de suministro de combustible, etc.), mayor será la cantidad de NO_x que se formen. (CARRERAS-1990)

En general, un motor diesel de baja velocidad produce más NO_x que uno de alta velocidad.

Los NO_x tienen un efecto negativo sobre el medio ambiente y dan lugar a procesos de acidificación, formación de ozono y enriquecimiento con nutrientes, y tienen también efectos negativos para la salud en todo el mundo, aunque la investigación de tales efectos no es objeto de la tesis. (OMI-2008b)

Existen diversos estudios encaminados a la aproximación de emisiones atmosféricas desarrollados en diversas zonas, como los realizados en América del Norte para la California Air Resources Board, la California Environmental Protection Agency (CORBETT-2004); y en la Unión Europea, como por ejemplo el preparado para la Comisión Europea (STAVR-2005), cuyos cálculos se han centrado esencialmente en el espacio marítimo comprendido hasta la zona económica exclusiva, incluida.

Igualmente, existen metodologías y aproximaciones realizadas en determinados puertos, enfocados al cálculo de emisiones durante las operaciones de los buques en los mismos, es decir, maniobras, operaciones de carga y descarga, y servicios de hotel.

Una constante prácticamente en todas las metodologías aplicadas en los estudios hallados es la falta de precisión en la definición de las variables utilizadas. Se puede centrar la atención, en la mayor parte de los casos, en la utilización de los factores de emisión para el gas cuya emisión se está calculando y en los consumos específicos de las máquinas consideradas en los análisis.

Con referencia a la falta de precisión indicada en el párrafo anterior, tanto en el caso de los factores de emisión como en el de los consumos específicos no se utilizan los valores correspondientes a las cargas consideradas en el cálculo, es decir, o se consideran invariables con la carga, o no se tienen en cuenta diferentes categorías de motores térmicos, en su caso, por potencia, tipo y velocidad para una correcta definición de los factores, o se aplican consumos específicos medios para la flota considerada en un rango de potencia siempre próximo al nominal, el cual no cubre todas las condiciones operativas del buque.

Igualmente, en algunos casos se consideran variaciones lineales de factores de emisión por unidad de potencia y de tiempo o bien, por unidad de consumo de combustible.

En alguno de los estudios, los factores de emisión que se presentan son factores medios por tipo de buque, basados en las configuraciones habituales de máquina principal y auxiliar, y teniendo en cuenta los regímenes de carga previstos para las mismas.

La obtención de datos para aplicar el método de cálculo de emisiones resulta muy complicada. Se han realizado diferentes consultas a fabricantes para poder obtener una gama de factores de emisión fiables y unas curvas de consumo específico que cubran todas las categorías de máquina principal y auxiliar establecidas, y en un rango de carga para todas las condiciones operativas de los buques, siempre sin obtener la respuesta que permita la definición de todas las variables de forma directa.

La justificación de que únicamente se obtengan datos, en la mayoría de los casos, para regímenes de carga nominal, podemos encontrarla en el hecho de que es el rango de potencia al que funcionan los buques la mayor parte del tiempo de operación y que los periodos a bajo régimen se limitan a maniobras cuya importancia en el tiempo total de servicio es relativamente baja.

Esto hace que los fabricantes se centren en facilitar parámetros, curvas y cualquier variable que pueda definir una máquina para los rangos de potencia a régimen nominal o muy próximo a éste, ya que por otro lado es lo que los compradores van a requerir, fundamentalmente.

1. METODOLOGÍA APLICADA EN PUERTO. CÁLCULO DE EMISIONES DE NO_x EN UN BUQUE MODELO

En primer lugar se detallarán los pormenores de consumo de los buques en puerto en sus distintas fases operativas.

El consumo de combustible de un buque en puerto se debe fundamentalmente a las siguientes operaciones:

- Propulsión para la navegación durante las maniobras de atraque y desatraque
- Suministro eléctrico para los sistemas de apoyo a la maniobra, operaciones de carga y descarga, servicios de hotel del buque.

A continuación se muestra el desarrollo pormenorizado del método aplicado para el cálculo de emisiones NO_x en puerto en buques modelo.

Se desarrollará el método para dos buques modelo con configuración de máquina principal y planta generadora muy diferente en tipología de máquina y potencia, el desarrollo de la metodología para el resto de buques se llevará a cabo por medio del uso de la base de datos y la hoja de cálculo, cuyos resultados principales se pueden encontrar en el apartado 5.2. del presente volumen 1 y en el Anexo I del volumen 2.

1.1. Buque modelo 1

1.1.1. Definición del buque modelo 1

Sea-web: Ship Overview

Page 1 of 4

SHIP OVERVIEW

Ship Name	CHUANHE	Shiptype	Container Ship (Fully cellular)
Year of Build	1997	LR/IMO Ship No.	9120798
Gross Tonnage	65,140	Deadweight	69,285
MMSI No.	351622000	Call Sign	3FTE7
Status	In Service/Commission	Flag	Panama
Last Updated	2010-09-20	Data validated	



CONSTRUCTION OVERVIEW

Shiptype	Container Ship (Fully cellular)	Built	1997	GT	65,140	Deadweight	69,285
----------	--	-------	-------------	----	---------------	------------	---------------

SHIP BUILDER

1997-11 Kawasaki Heavy Industries Ltd - Sakaide KG Yard/hull No.: 1464

STATUS

Date	Status
2010-02-27	In Service/Commission
2009-11-30	Laid-Up
1997-11-21	In Service/Commission
1997-08-08	Launched
1997-06-05	Keel Laid
1994-12-00	On Order/Not Commenced

CONSTRUCTION DETAIL

Statcode5:A33A2CC; Ship Type Group:Post Panamax - Containership; Hull Material:Higher tensile steel; Hull Connections:Welded; Decks:1 dk; Bulbous bow; FS Ice Class II

SERVICE CONSTRAINTS

Trading, Commercial; Sea, Unspecified

ALTERATIONS & CONVERSIONS

DIMENSIONS

Length Overall	280.000	Length (BP)	267.000
Length (Reg)	0.000	Bulbous Bow	Yes
Breadth Extreme	39.900	Breadth Moulded	39.800
Draught	14.000	Depth	23.600
Height	0.000		
Displacement	93906	T/CM	91.1

TONNAGES

Tonnage Type	One tonnage, unspecified	Tonnage System	New System (International 1969)
Effective Date	1997-00	Effective Date	1997-00
Gross Tonnage (GT)	65,140	Net Tonnage (NT)	36,668
Deadweight (DWT)	69,285	Compensated Gross Tonnage (CGT)	0
Formula Deadweight	110,723	Light Displacement Tonnage (LDT)	0

MACHINERY OVERVIEW

1 oil engine driving 1 FP propeller at 82 rpm
 Total Power: Mcr 43,100kW (58,599hp)
 Service Speed: 24.50kts

PRIME MOVER DETAIL

Design: B&W, Engine Builder: Kawasaki Heavy Industries Ltd - Japan
 1 x 10L90MC, 2 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)
 10 Cy. 900 x 2916, Mcr: 43,100 kW (58,599 hp) at 82 rpm

AUXILIARY ENGINES

Design: Man, Engine Builder: Mannutz
 1 x D-2866LXE, 4 Stroke 6Cy.
 128 x 155, Mcr: 313 kW

Design: Wartsila, Engine Builder: Wartsila2
 4 x 6R32E, 4 Stroke 6Cy.
 320 x 350, Mcr: 2430 kW

BOILERS

Boilers: 1 x Exhaust gas eEconomiser, 1 x Auxiliary boiler

AUXILIARY GENERATORS

Aux Generator: 4 x 2,280kW 440V 60Iz a.c.

BUNKERS

THRUSTERS

Thrusters: 1 Thwart. FP thruster (f)

PHOTOGRAPHS

Name when taken	Chuanhe
Date of Photo	2007-09-25
Copyright	GW & ASSOCIATES

http://www.sea-web.com/authenticated/authenticated_handler.aspx?reason=timed_out... 07/10/2010

Fuente: IHS-2011

1.1.2. Aproximación a la determinación de la potencia, consumo y emisiones de la instalación propulsora durante la fase de navegación en aguas portuarias. Buque modelo 1

Para llevar a cabo el cálculo, se considera un modelo matemático aceptado universalmente como es la fórmula del Almirantazgo (LUNA-19--):

$$P = \frac{\Delta^{2/3} \cdot v^3}{C_A}$$

P = Potencia en IHP

Δ = Desplazamiento del buque en Long Tons (1 Long Ton= 1,016 t)

v = Velocidad del buque en nudos

C_A = Coeficiente del Almirantazgo. Valores entre 264 – 336

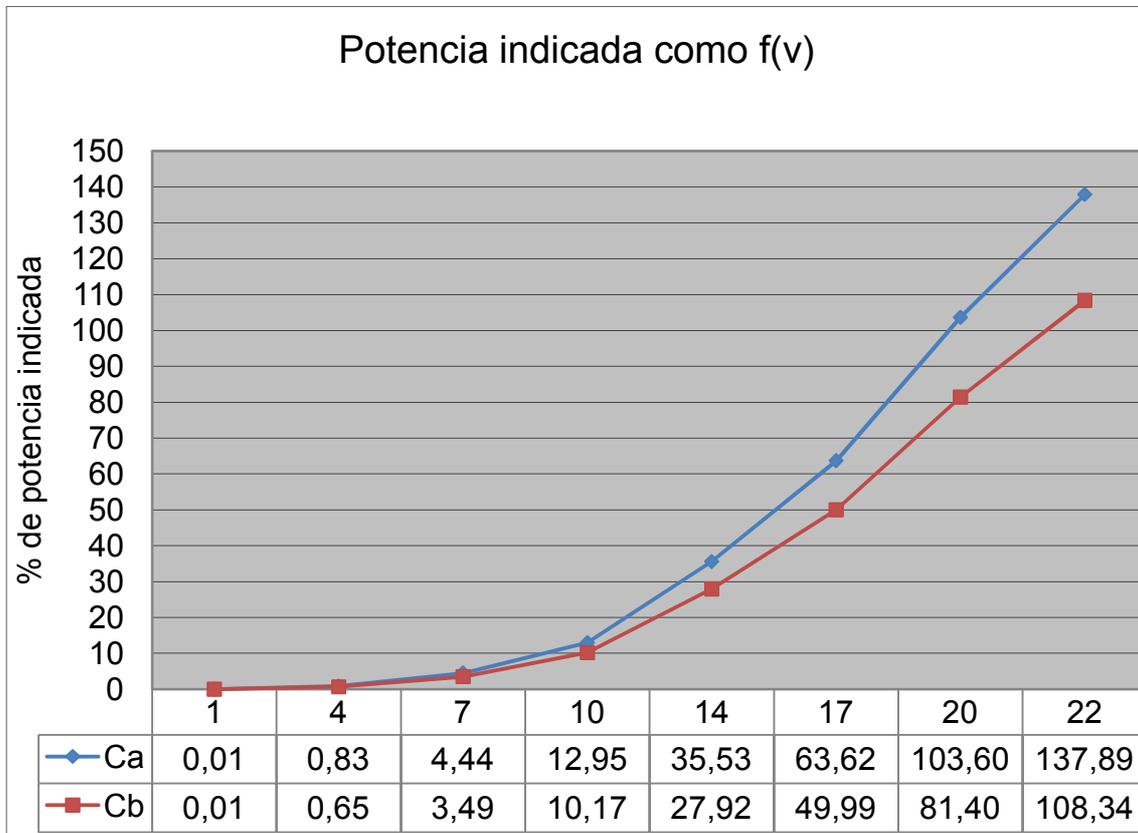
No se ha considerado demanda adicional de potencia por parte de una PTO (Power Take Off), es decir, de un generador de cola, puesto que se ha aplicado la hipótesis de que durante la maniobra, el suministro eléctrico será proporcionado por los grupos electrógenos.

En la aproximación a la potencia propulsora requerida en maniobra se considerará un margen de potencia adicional por funcionamiento pesado ocasionado por el ensuciamiento de hélice y casco, pero se tiene presente que las condiciones de tiempo durante las maniobras en puerto serán favorables.

Visto el buque modelo 1, cuyos datos figuran en el apartado anterior, se aplica la fórmula del Almirantazgo para el cálculo de potencia desarrollada por la máquina principal.

El buque monta un motor principal de 2T con una potencia MCR de 58599 HP y el desplazamiento máximo es de 93906 t. Se ha considerado un rendimiento mecánico de 0.98. La fórmula del Almirantazgo conduce a la siguiente gráfica del abanico de % de potencia disponible utilizada en función de la velocidad del buque. La gráfica para C_a

corresponde a un coeficiente de Almirantazgo de 264 y para C_b de 336, valores que se hallan entre los límites determinados en la referencia LUNA-19--.



Gráfica 1.1: Potencia indicada como función de la velocidad del buque a plena carga

Teniendo en cuenta que la velocidad de navegación de un buque en aguas portuarias en el puerto de Barcelona es de 10 nudos entre puntas y de 6 nudos en el interior del puerto, ésta última debe ser la velocidad a utilizar para el cálculo de la potencia necesaria para la propulsión en maniobra puesto que, aunque en buques de gran tamaño la velocidad mínima de gobierno es algo mayor y puede considerarse como segura por parte del servicio de practicaje, el hecho de que se disponga de una limitación de velocidad impuesta por el puerto, hace que la tesis se ciña a dicho límite para aplicación de un criterio uniforme en su desarrollo.

Se considera que una de las maniobras, por ejemplo la de entrada, se realiza con el buque a plena carga y la de salida con el buque sin carga. Por tanto, la potencia necesaria para la propulsión durante la maniobra de entrada será:

$$P_{ent\ calc} = \frac{92427^{2/3} \cdot 6^3}{330} = 1338 \text{ IHP}$$

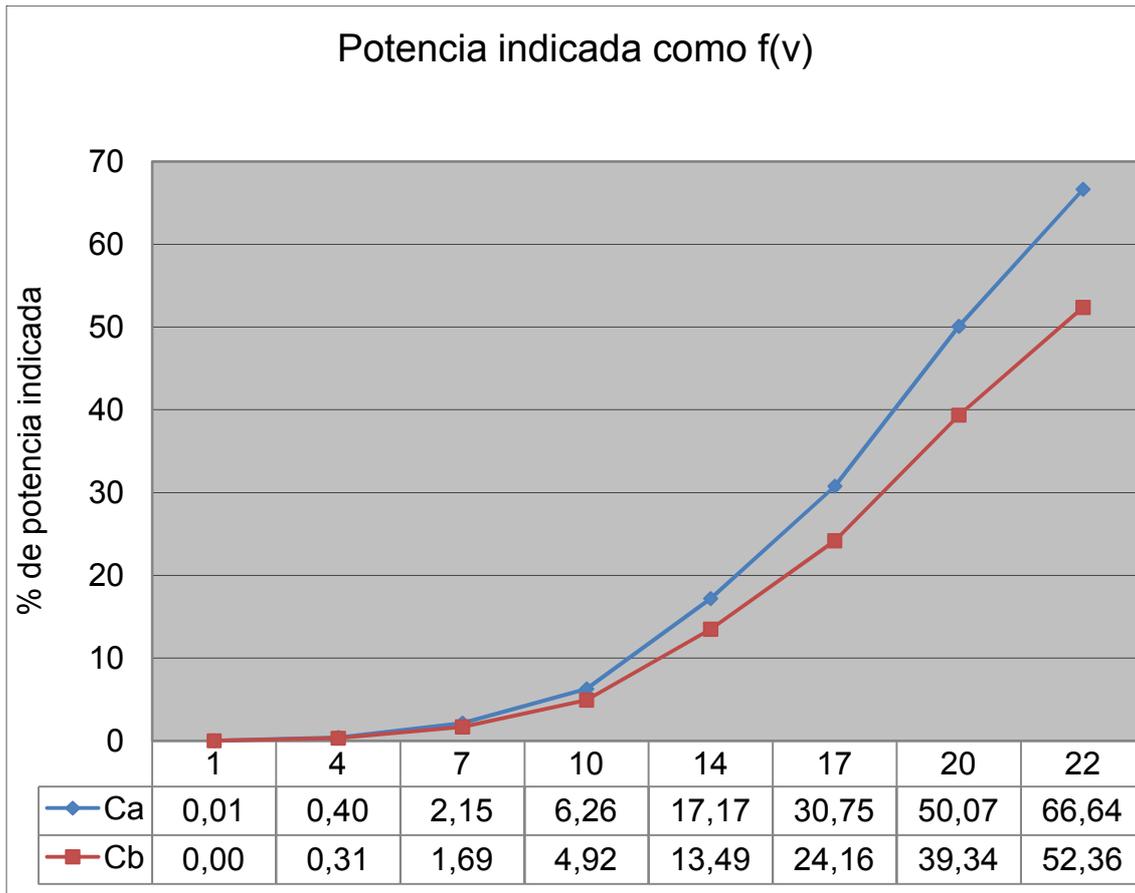
Teniendo en cuenta que los datos de potencia disponibles en la hoja de cálculo elaborada (Anexo I, volumen 2), procedentes de la información facilitada por IHS-2011, son de potencia a máximo régimen continuo (MCR), que corresponde a la potencia al freno en BHP (Brake Horse Power), se debe aplicar el rendimiento mecánico a la misma para conocer el porcentaje de potencia indicada que se requiere durante la navegación en puerto. Así pues, sabiendo que la potencia total MCR del buque es de 58599 HP y aplicando un rendimiento mecánico de 0,98, se obtiene una potencia indicada de:

$$P_i = \frac{P_B}{\eta_m} = \frac{58599}{0,98} = 59795 \text{ IHP}$$

De aquí, la relación de la potencia calculada mediante la fórmula del Almirantazgo con respecto a la indicada para este buque es de 0,0223, por tanto, un 2,23%. Para que quede incluido el periodo transitorio para llevar el buque desde su situación parado a su situación de 6 nudos, se considera una relación de potencia del 4%.

Además de ello, se debe tener en cuenta el margen adicional por funcionamiento pesado y la aplicabilidad de esta fórmula a tan baja velocidad, así como el valor exacto del coeficiente de Almirantazgo, por lo que se considera que, para contemplar estas posibles desviaciones, la relación de potencia del buque en régimen de maniobra a la velocidad de 6 nudos se pueda incrementar hasta un 10% que, en el buque modelo 1 serían 5979,5 IHP (P_{ent}). Dado que se han efectuado diferentes hipótesis de aproximación, se aplica ese porcentaje sobre la potencia MCR del motor y no sobre la indicada por considerar la diferencia despreciable.

Una vez realizado el cálculo para la aproximación de la potencia necesaria en la maniobra de entrada a plena carga, se desarrolla el mismo procedimiento para aproximar la potencia requerida durante la navegación correspondiente a la maniobra de salida sin carga. Se supondrá, en este último caso, el desplazamiento del buque igual al desplazamiento en rosca más el 10% del peso muerto.



Gráfica 1.2: Potencia indicada como función de la velocidad del buque sin carga

De la fórmula del Almirantazgo, se obtiene para la maniobra de salida:

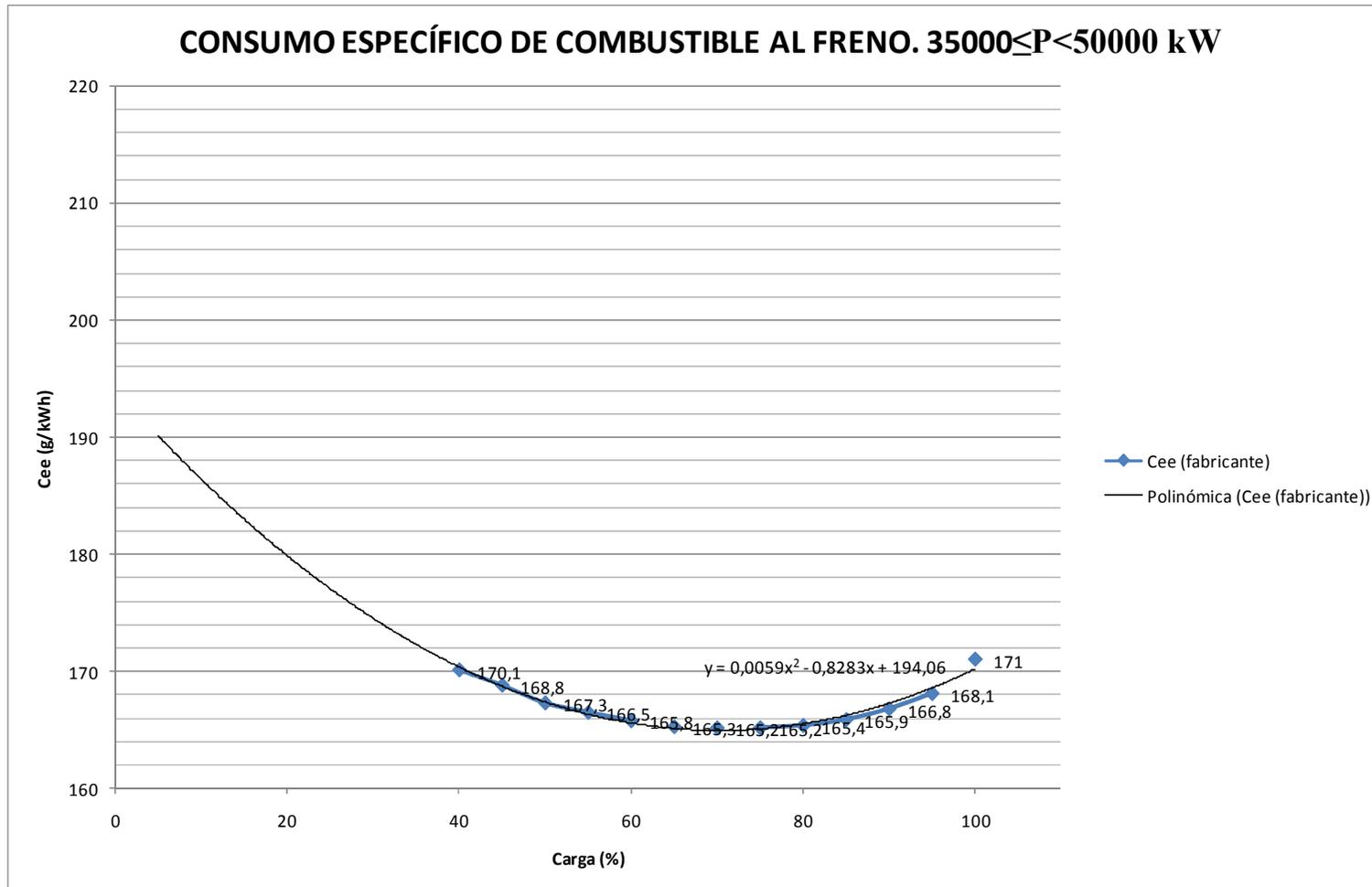
$$P_{sal\ calc} = \frac{31053^{2/3} \cdot 6^3}{330} = 647 \text{ IHP}$$

Que representa una relación respecto de la potencia indicada de 0,0108, que en términos porcentuales resulta en un 1,08% de potencia, y realizando las mismas consideraciones

que para la maniobra de entrada, finalmente se aproximará dicho valor hasta un 8%, por tanto, 4784 IHP (P_{sal}). Como en el caso de P_{ent} , el porcentaje de carga se aplicará directamente sobre la potencia MCR.

En relación al tiempo de duración de la fase de navegación en maniobra en el puerto de Barcelona desde la boya de recalada hasta el punto de atraque y viceversa, considerando una velocidad de 6 nudos, es de 2,5 h en total.

Con los datos obtenidos hasta el momento, a continuación se procede a estimar el consumo de combustible de la máquina propulsora durante la navegación en aguas portuarias. Para hacerlo, es necesaria la curva de consumo específico de combustible del MMPP (motor principal), que a continuación se presenta. En este caso, el buque modelo 1 está equipado con un motor de 2T, con una potencia MCR de 43100 kW a 82 rpm. Esta curva se ha confeccionado tomando como base los datos proporcionados por los fabricantes para los regímenes de carga habituales de máquina (WARTSILA-2010b), y se han tenido que extrapolar los valores para el resto de rangos de carga, teniendo en cuenta que los requeridos para el cálculo que nos ocupa son del orden del 10% de la carga nominal.



Gráfica 1.3: Consumo específico de combustible motor 2T entre 35000 y 50000 kW

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos para un rango limitado de WARTSILA-2010b.

De la potencia estimada en la maniobra de entrada y conocido el consumo específico de combustible de la máquina propulsora correspondiente (ver gráfica 1.2 y 1.3), se obtiene el consumo aproximado de combustible durante la navegación del buque en la maniobra de entrada a puerto. Observando la gráfica de consumos específicos, se desprende que éste a bajas cargas aumenta de manera notable.

Consumo de combustible de la máquina principal en la navegación correspondiente a la maniobra de entrada:

$$C_{ent} = (0,0059 \cdot L^2 - 0,8283 \cdot L + 194,06) \cdot P_{ent} \cdot t_{ent}$$

C_{ent} :Consumo total de combustible de la máquina principal en la maniobra de entrada (g).

L :Carga de MMPP (%).

P_{ent} :Potencia efectiva MMPP navegación en la maniobra de entrada (kW).

t_{ent} :Tiempo empleado en la maniobra de entrada (h).

Datos navegación maniobra de entrada:

$$L = 10\%$$

$$P_{ent} = 4310 \text{ kW}$$

$$t_{ent} = 1,25 \text{ h}$$

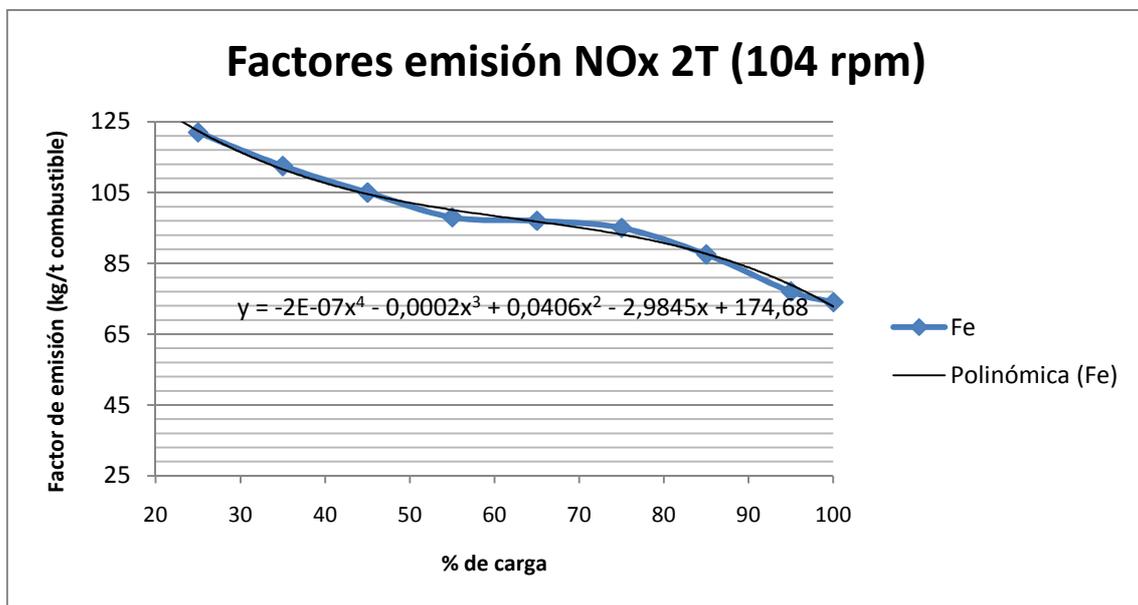
Por tanto:

$$C_{ent} = \frac{(0,0059 \cdot L^2 - 0,8283 \cdot L + 194,06) \cdot P_{ent} \cdot t_{ent}}{1000} = \frac{186,37 \cdot 4310 \cdot 1,25}{1000} = 1004,07 \text{ kg}$$

Una vez hallado el consumo de combustible en dicho periodo y aplicando los factores de emisión correspondientes al motor que monta el buque modelo 1 (ver gráfica 1.4), se

obtiene la cantidad de NO_x producida por el MMPP en la maniobra de entrada, durante navegación en puerto.

Los datos de los factores de emisión que usados como base, se han obtenido del fabricante MAN B&W Diesel (CORBETT-2003) y, como en el caso de las curvas de consumo específico, no cubrían la totalidad del rango de funcionamiento de máquina, por tanto, se han tenido que extrapolar para completar tales curvas, véase la gráfica siguiente.



Gráfica 1.4: Factores de emisión de NO_x motores 2T (hasta 104 rpm)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos para un rango limitado de CORBETT-2003.

De aquí, y aplicando la siguiente fórmula, se obtiene la cantidad de NO_x emitida en la maniobra de entrada por la máquina principal (navegación):

$$E_{NOX-ent} = F_{E-NOX} \cdot C_{ent}$$

$E_{NOX-ent}$: Cantidad de NO_x emitida en la maniobra de entrada por la máquina principal (kg)

F_{E-NOX} : Factor de emisión de NO_x (kg/t combustible)

C_{ent} : Consumo total de combustible de la máquina ppal en la maniobra de entrada (t).

$$E_{NOX-ent} = (-2 \cdot 10^{-7} \cdot L^4 - 0,0002 \cdot L^3 + 0,0406 \cdot L^2 - 2,9845 \cdot L + 174,68) \cdot C_{ent} =$$

$$= 148,69 \cdot 1,004 = 149,30 \text{ kg}$$

Así pues, en la maniobra de entrada la máquina principal emite **149,30 kg de NO_x**.

Se procede ahora a calcular la cantidad de NO_x emitidos por la máquina principal en la navegación durante la maniobra de salida.

Tal y como se ha realizado en el caso de la maniobra de entrada, conocida la potencia estimada en la maniobra de salida y conocido el consumo específico de combustible de la máquina propulsora correspondiente (ver gráfica 1.2 y 1.3), se obtiene el consumo aproximado de combustible durante la navegación del buque en la maniobra de salida de puerto.

El consumo de combustible de la máquina principal en la navegación correspondiente a la maniobra de salida será:

$$C_{sal} = (0,0059 \cdot L^2 - 0,8283 \cdot L + 194,06) \cdot P_{sal} \cdot t_{sal}$$

C_{sal} : Consumo total de combustible de la máquina principal en la maniobra de salida (g).

L : Carga de MMPP (%).

P_{sal} : Potencia efectiva MMPP navegación en la maniobra de salida (kW).

t_{sal} : Tiempo empleado en la maniobra de salida (h).

Datos navegación maniobra de salida:

$$L = 8\%$$

$$P_{sal} = 3448 \text{ kW}$$

$$t_{sal} = 1,25 \text{ h}$$

Por tanto:

$$C_{sal} = \frac{(0,0059 \cdot L^2 - 0,8283 \cdot L + 194,06) \cdot P_{sal} \cdot t_{sal}}{1000} = \frac{187,81 \cdot 3448 \cdot 1,25}{1000} = 809,47 \text{ kg}$$

Se aplican ahora los factores de emisión de la gráfica 1.3, obteniendo así la cantidad de NO_x emitida en la maniobra de salida por la máquina principal:

$$E_{NOX-sal} = F_{E-NOX} \cdot C_{sal}$$

$E_{NOX-sal}$: Cantidad de NO_x emitida en la maniobra de salida por la máquina principal (kg)

F_{E-NOX} : Factor de emisión de NO_x (kg/t combustible)

C_{sal} : Consumo total de combustible de la máquina ppal en la maniobra de entrada (t).

$$E_{NOX-sal} = (-2 \cdot 10^{-7} \cdot L^4 - 0,0002 \cdot L^3 + 0,0406 \cdot L^2 - 2,9845 \cdot L + 174,68) \cdot C_{sal} = 153,30 \cdot 0,810 = 124,09 \text{ kg}$$

Así pues, en la maniobra de salida la máquina principal emite **124,09 kg de NO_x** .

La cantidad total de emisiones de NO_x procedentes de la máquina principal del buque modelo 1 durante la navegación en aguas portuarias es de **273,39 kg**.

Se consideran irrelevantes las emisiones producidas por la máquina principal en la maniobra de atraque y desatraque. En el caso de que se quisieran considerar, podrían calcularse mediante el incremento del tiempo de navegación en aguas portuarias al régimen correspondiente.

Finalmente, se considera que durante la permanencia del buque atracado en puerto, la maquinaria principal está parada.

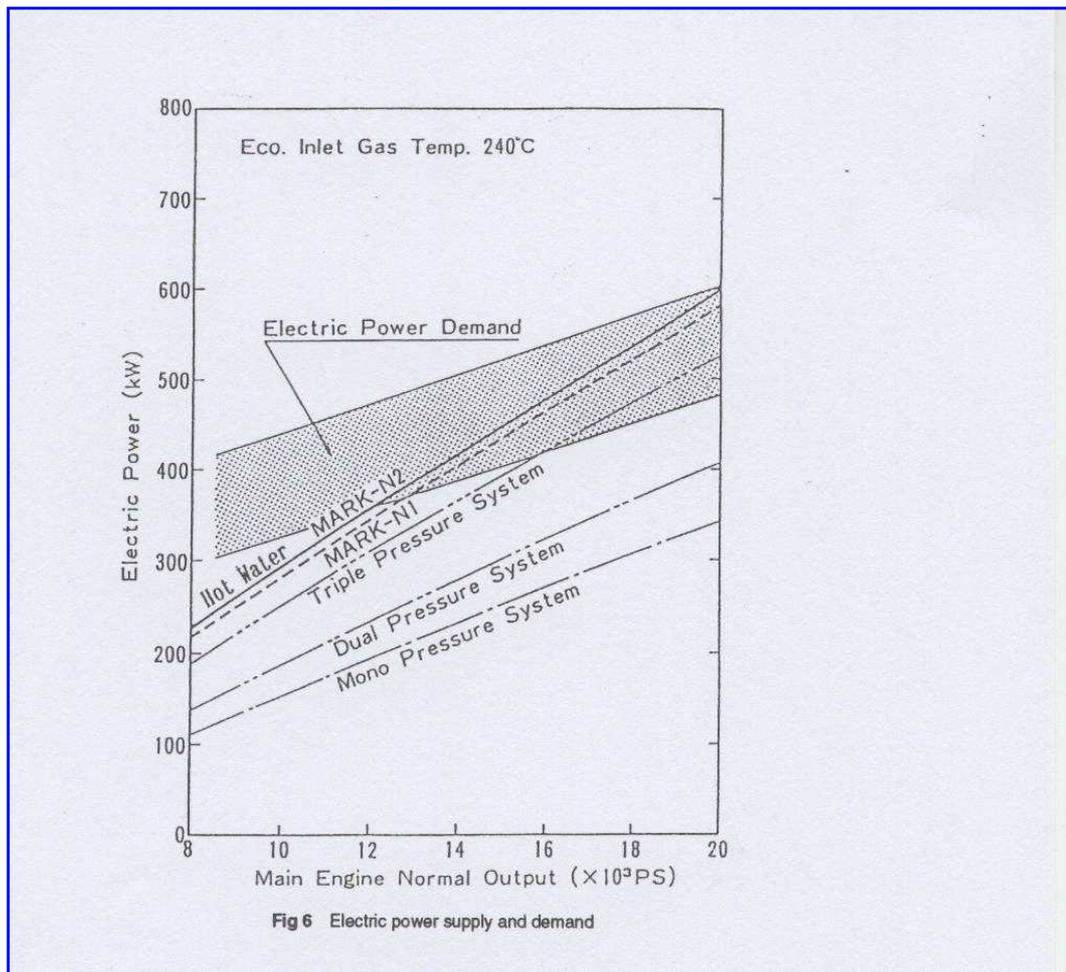
1.1.3. Aproximación a la determinación de la potencia, consumo y emisiones de la planta generadora durante el periodo de navegación en aguas portuarias y atraque/desatraque. Buque modelo 1

En general, es práctica habitual que durante la maniobra de los buques en puerto estén en funcionamiento como mínimo 2 generadores de corriente eléctrica por razones de seguridad.

En este trabajo no se ha considerado la posibilidad de instalación y funcionamiento de un generador de cola. La justificación fundamental radica en el hecho de que, por norma general, los buques que disponen de este equipo durante las maniobras en puerto prescinden de él por seguridad.

Se considera que la potencia desarrollada por los generadores de corriente eléctrica será la correspondiente a la de navegación exterior, véase la relación habitual de potencias entre planta propulsora y generadora en diagrama 1.1, incrementada entre un 20 y un 30% como consecuencia de la puesta en funcionamiento de los servicios necesarios para la maniobra (servomotores, soplantes auxiliares, hélice de proa, maquinaria de cubierta, etc.)

Diagrama 1.1: Suministro y demanda de potencia eléctrica en función de la potencia propulsora



Fuente: FUKUGAKI-1994

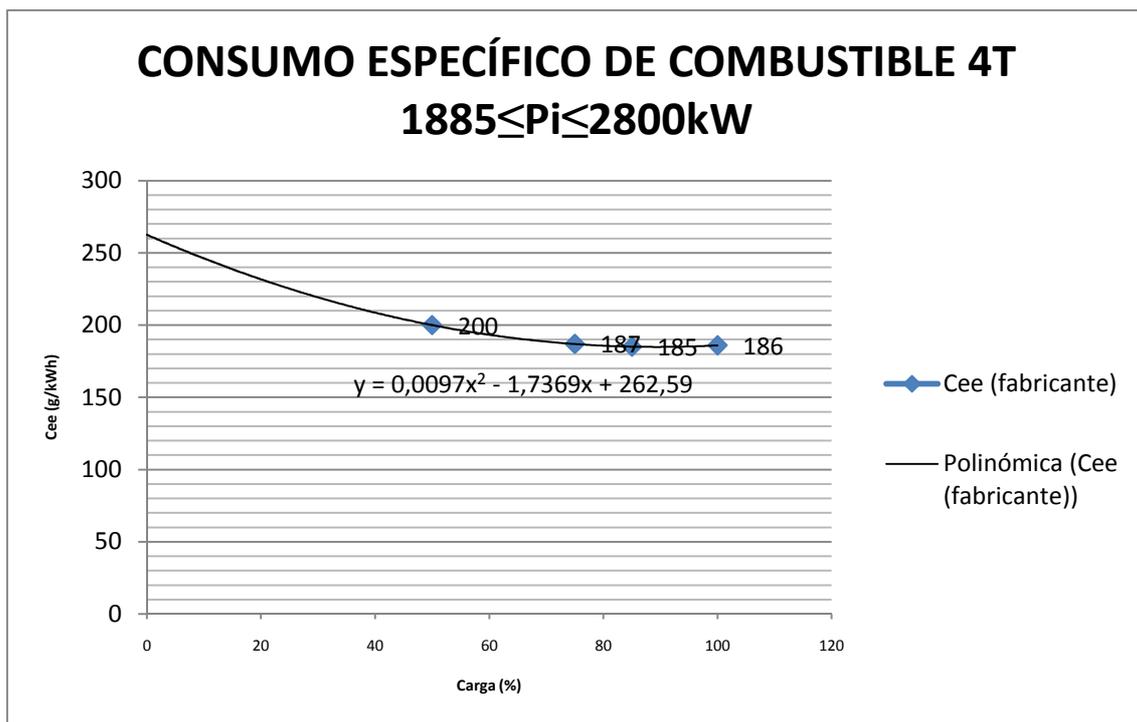
La planta generadora principal del buque modelo 1 está constituida por cuatro motores auxiliares de 4T que entregan una potencia MCR de 2430 kW cada uno.

La potencia de los generadores acoplados a estos MMAA's es de 2280 kW cada uno a 440 V y 60 Hz.

Considerando que, durante la fase de navegación, como se ha indicado anteriormente, estarán operativos dos de los generadores principales, y teniendo en cuenta que cada uno de ellos funciona al 50% de su capacidad, se tiene que la potencia entregada por cada generador será de 1140 kW.

Como a continuación se verá, las gráficas de consumo específico están expresadas en función de la potencia indicada, por ello, y aplicando un rendimiento mecánico de 0,95, los MMAA's instalados en este buque entregan 2558 kW cada uno, con ello, la potencia solicitada durante la maniobra por cada generador representa, suprimidas las pérdidas, aproximadamente el 47% de la potencia indicada de cada motor, valor que será aplicado en el cálculo de consumos específicos de la curva que se muestra más abajo.

Cabe indicar que, todas las curvas modelo de consumo específico para motores de 4T de las plantas generadoras, que son necesarias en los cálculos de esta tesis, han sido seleccionadas considerando que accionan generadores de 440V y 60 Hz por ser este tipo de generador el que más abunda a bordo de los buques mercantes. Por tanto, el régimen de funcionamiento de tales MMAA's de referencia es el adecuado para el accionamiento de esos generadores.



Gráfica 1.5: Consumo específico MMAA 4T - 1885 kW a 2800 kW - 900rpm

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos para un rango limitado de WARTSILA-2010b.

En relación al tiempo de duración de la fase de navegación en maniobra en el puerto de Barcelona desde la boya sierra hasta el punto de atraque y viceversa, ya se ha indicado en el apartado anterior que es de 2,5 h.

Así pues, se procede a continuación a estimar el consumo de combustible de la planta generadora durante la navegación en aguas portuarias. Igual que en el caso de la máquina propulsora, esta curva se ha obtenido de los datos proporcionados por los fabricantes, para los regímenes de funcionamiento habituales de máquina, así que se han extrapolado los valores para el resto de rangos de carga.

$$C_{MMAA-Ng} = (0,0097 \cdot L^2 - 1,7369 \cdot L + 262,59) \cdot P_{MMAA-Ng} \cdot n \cdot t_{maniob}$$

$C_{MMAA-Ng}$: Consumo total de combustible de la planta generadora durante la navegación en aguas portuarias (g).

L : Carga de cada MMAA (%).

$P_{MMAA-Ng}$: Potencia indicada de cada MMAA durante la navegación en aguas portuarias (kW).

n : Número de MMAA en funcionamiento.

t_{maniob} : Tiempo empleado en la navegación en aguas portuarias (maniobra de entrada y salida) (h).

Condiciones de la planta generadora durante la maniobra:

$$L = 47\%$$

$$P_{MMAA-Ng} = 1202 \text{ kW}$$

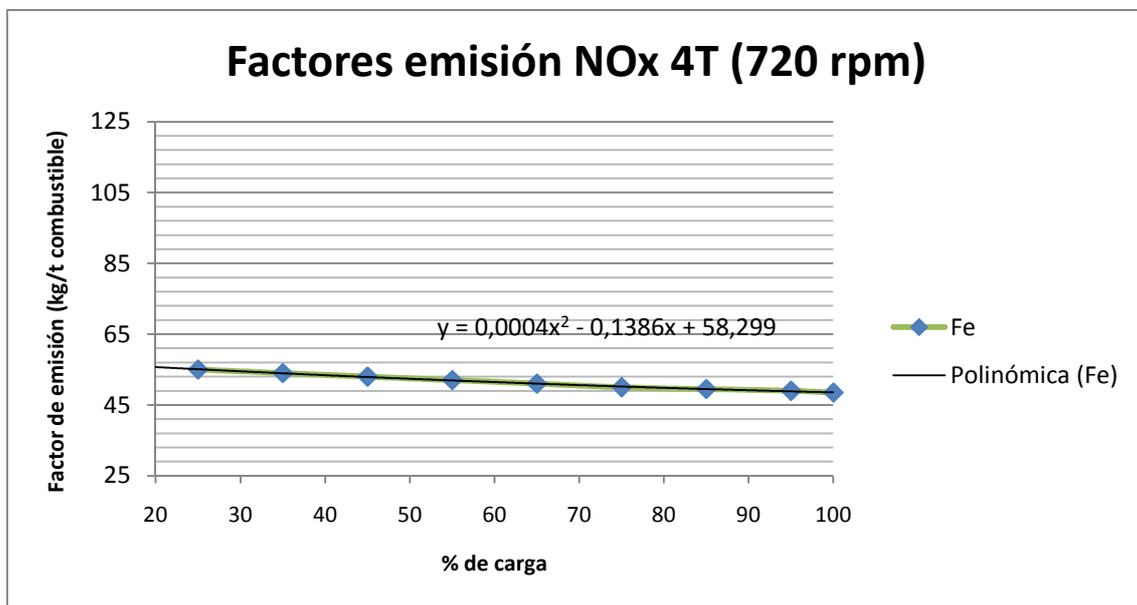
$$n = 2$$

$$t_{maniob} = 2,5 \text{ h}$$

$$C_{MMAA-Ng} = \frac{202,38 \cdot 1202 \cdot 2 \cdot 2,5}{1000} = 1216,57 \text{ kg}$$

Conocido el consumo de combustible de la planta generadora en la navegación en aguas portuarias, se aplican los factores de emisión correspondientes a los MMAA's que monta el buque modelo 1 (ver gráfica 1.6) obteniendo así la cantidad de NO_x producida por los grupos electrógenos en el periodo indicado.

Los datos de los factores de emisión, igual que en el caso de la máquina principal, no cubrían la totalidad del rango de funcionamiento de máquina, por tanto, se han tenido que extrapolar para completar tales curvas.



Gráfica 1.6: Factores de emisión de NO_x motores 4T (720 rpm)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos para un rango limitado de CORBETT-2003.

De aquí, se obtiene la cantidad de NO_x emitida en la navegación en aguas portuarias por la planta generadora:

$$E_{NOX-MMAA-Ng} = F_{E-NOX} \cdot C_{MMAA-Ng}$$

$E_{NOX-MMAA-Ng}$: Cantidad de NO_x emitida en la navegación en aguas portuarias por la planta generadora (kg).

F_{E-NOX} : Factor de emisión de NO_x (kg/t combustible).

$C_{MMAA-Ng}$: Consumo total de combustible de la planta generadora durante la navegación en aguas portuarias (t).

$$E_{NOX-MMAA-Ng} = (0,0004 \cdot L^2 - 0,1386 \cdot L + 58,299) \cdot C_{MMAA-Ng} = 52,67 \cdot 1,217 = 64,07 \text{ kg}$$

La planta generadora emite un total de **64,07 kg de NO_x** durante la navegación en aguas portuarias.

1.1.4. Aproximación a la determinación de la potencia, consumo y emisiones de la planta generadora con el buque atracado. Buque modelo 1

Como planta auxiliar se consideran los generadores de corriente eléctrica y las calderas auxiliares. Como se ha explicado en la introducción, las calderas no son parte del ámbito de aplicación del Anexo VI de MARPOL en lo que se refiere al cumplimiento de emisiones de NO_x .

Para la determinación de la potencia deben distinguirse dos situaciones posibles:

- a) Situación en la que la carga requiere de maquinaria auxiliar para su manipulación o mantenimiento en condición.
- b) Situación de hotel: Situación en que la generación de energía eléctrica es sólo y exclusivamente para el mantenimiento de los servicios de fonda, habitación y seguridad del buque.

En este caso, los buques objeto de la presente tesis pueden contar a bordo con contenedores refrigerados, lo que implica que se puedan dar las situaciones descritas en los apartados a) y b) anteriores.

En estas condiciones, se realiza la consideración general de que durante la estancia en puerto, se mantiene operativo un único generador eléctrico a un 70% de la potencia indicada del MMAA.

El buque modelo 1 realizó durante el año 2009 un total de seis escalas en el puerto de Barcelona, con un tiempo medio por escala de 16h 36 min incluidos los tiempos de las maniobras de entrada y salida, datos que serán imprescindibles para realizar el cálculo de emisiones.

Se calcula ahora el consumo de combustible de la planta generadora durante la estancia del buque en puerto:

$$C_{MMAA-Pto} = (0,0097 \cdot L^2 - 1,7369 \cdot L + 262,59) \cdot P_{MMAA-Pto} \cdot n \cdot t_{Pto}$$

$C_{MMAA-Pto}$: Consumo total de combustible de la planta generadora durante la estancia en puerto (g).

L : Carga de cada MMAA (%).

$P_{MMAA-Pto}$: Potencia indicada de cada MMAA durante la estancia en puerto (kW).

n : Número de MMAA en funcionamiento.

t_{Pto} : Tiempo de estancia del buque amarrado (h).

Las condiciones de la planta generadora durante la estancia en puerto son:

$$L = 70\%$$

$$P_{MMAA-Pto} = 1791 \text{ kW}$$

$$n = 1$$

$$t_{Pto} = 14,1 \text{ h}$$

$$C_{MMAA-Pto} = \frac{188,54 \cdot 1791 \cdot 14,1}{1000} = 4761,22 \text{ kg}$$

Conocido el consumo de combustible de la planta generadora durante la estancia en puerto, se aplican los factores de emisión correspondientes (ver gráfica 1.6). Se obtiene así la cantidad de NO_x producida por la planta generadora en el periodo indicado.

Se calcula a continuación la cantidad de NO_x emitida durante la estancia en puerto por la planta generadora:

$$E_{NOx-MMAA-Pto} = F_{E-NOx} \cdot C_{MMAA-Pto}$$

$E_{NOx-MMAA-Pto}$: Cantidad de NO_x emitida durante la estancia en puerto por la planta generadora (kg).

F_{E-NOX} : Factor de emisión de NO_x (kg/t combustible).

$C_{MMAA-Pto}$: Consumo total de combustible de la planta generadora durante la estancia en puerto (t).

$$E_{NOX-MMAA-Pto} = (0,0004 \cdot L^2 - 0,1386 \cdot L + 58,299) \cdot C_{MMAA-Pto} = 50,56 \cdot 4,761 = 240,71 \text{ kg}$$

La planta generadora emite un total de **240,71 kg de NO_x** durante la estancia del buque en puerto.

En este punto, ya se ha realizado el cálculo de emisiones de todas las etapas que se dan en una escala de un buque portacontenedores en puerto. Se puede proceder a continuación a calcular las emisiones totales por escala y, posteriormente, a estimar cuánto NO_x ha emitido el buque modelo 1 durante el año 2009 en el puerto de Barcelona.

$$\begin{aligned} E_{NOX-Total-esc} &= E_{NOX-ent} + E_{NOX-sal} + E_{NOX-MMAA-Ng} + E_{NOX-MMAA-Pto} = \\ &= 149,30 + 124,09 + 64,07 + 240,71 = 578,17 \text{ kg} \end{aligned}$$

Conociendo que este buque efectuó seis escalas en el puerto de Barcelona durante el año 2009, se obtiene un total de emisiones de NO_x :

$$E_{NOX-Total} = E_{NOX-Total-esc} \cdot n_{escalas} = 578,17 \cdot 6 = 3469,02 \text{ kg}$$

1.2. Buque modelo 2

1.2.1. Definición del buque modelo 2

Sea-web: Ship Overview

Page 1 of 4

SHIP OVERVIEW

Ship Name	ENERGIZER	Shiptype	Container Ship (Fully cellular)
Year of Build	2004	LR/IMO Ship No.	9299501
Gross Tonnage	7,642	Deadweight	9,500
MMSI No.	245088000	Call Sign	PHAS
Status	In Service/Commission	Flag	Netherlands



CONSTRUCTION OVERVIEW

Shiptype	Container Ship (Fully cellular)	Built	2004	GT	7,642	Deadweight	9,500
----------	--	-------	-------------	----	--------------	------------	--------------

SHIP BUILDER

2004-07 Daewoo-Mangalia Heavy Industries S.A. - Mangalia (Hull) Yard/hull No.: 4041
 2004-07 Bodewes Scheepswerf "Volharding" Foxhol B.V. - Foxhol Yard/hull No.: 553

STATUS

Date	Status
2007-07-07	In Service/Commission
2007-06-15	In Casualty Or Repairing
2005-03-15	In Service/Commission
2005-03-05	In Casualty Or Repairing
2004-07-29	In Service/Commission
2004-03-28	Launched
2004-01-31	Keel Laid
2001-10-00	On Order/Not Commenced

CONSTRUCTION DETAIL

Statcode5:A33A2CC; Ship Type Group:Feeder - Containership; Hull Material:Steel; Hull Connections:Welded; Decks:1 dk; Bulbous bow

SERVICE CONSTRAINTS

ALTERATIONS & CONVERSIONS

DIMENSIONS

Length Overall	134.650	Length (BP)	125.600
Length (Reg)	125.670	Bulbous Bow	Yes
Breadth Extreme	0.000	Breadth Moulded	21.500
Draught	7.000	Depth	9.300
Height	0.000		
Displacement	0	T/CM	0.0

TONNAGES

Tonnage Type	One tonnage, unspecified	Tonnage System	New System (International 1969)
Effective Date	2004-07	Effective Date	2004-07
Gross Tonnage (GT)	7,642	Net Tonnage (NT)	3,838
Deadweight (DWT)	9,500	Compensated Gross Tonnage (CGT)	0
Formula Deadweight	11,087	Light Displacement Tonnage (LDT)	0

ARRANGEMENT

Structure	Sequence (Bow to Stern)	Position	Type	Material	Length	Breadth
Compartment	01	Centre Or Only	Cellular Hold	Steel (Unspecified)		
Compartment	02	Centre Or Only	Cellular Hold	Steel (Unspecified)		
Compartment	03	Centre Or Only	Cellular Hold	Steel (Unspecified)		
Hatch	01	Centre Or Only	Normal Hatch	N/A		
Hatch	02	Centre Or Only	Normal Hatch	N/A		
Hatch	03	Centre Or Only	Normal Hatch	N/A		
Hatch	04	Centre Or Only	Engine Room	N/A		

SISTER SHIPS

At most, the first fifty sister ships are returned. [Click here to return all sister ships into Search Results.](#)

LRNO	Ship Name	Status	Deadweight	GT	Built	Type	Yard No	Main Engine
9255751	BELUGA SEDUCTION	IN SERVICE/COMMISSION	9137	7660	2003-11	Container Ship (Fully cellular)	4034	8M43
9255775	ENCOUNTER	IN SERVICE/COMMISSION	9335	7642	2004-04	Container Ship (Fully cellular)	4036	8M43
9312195	ENDEAVOR	IN SERVICE/COMMISSION	9168	7642	2005-04	Container Ship (Fully cellular)	4048	8M43
9299501	ENERGIZER	IN SERVICE/COMMISSION	9500	7642	2004-07	Container Ship (Fully cellular)	4041	8M43
		IN			2003-	Container Ship		

9255749	GERD	SERVICE/COMMISSION	9500	7660	10	(Fully cellular)	4033	8M43
9255763	HAL SENTOSA	IN SERVICE/COMMISSION	9163	7660	2004-01	Container Ship (Fully cellular)	4035	8M43
9299513	HAL SINGAPORE	IN SERVICE/COMMISSION	9500	7660	2004-07	Container Ship (Fully cellular)	4046	8M43
9255787	HERM	IN SERVICE/COMMISSION	9368	7660	2004-10	Container Ship (Fully cellular)	4037	8M43
9255737	X-PRESS MATTERHORN	IN SERVICE/COMMISSION	9450	7642	2004-01	Container Ship (Fully cellular)	4032	8M43

MACHINERY OVERVIEW

1 oil engine reduction geared to screw shafts driving 1 CP propeller at 140 rpm
 Total Power: Mcr 7,300kW (9,925hp)
 Service Speed: 18.00kts

PRIME MOVER DETAIL

Design: MaK, Engine Builder: Caterpillar Motoren GmbH & Co. KG - Germany
 1 x 8M43, 4 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)
 8 Cy. 430 x 610, Mcr: 7,300 kW (9,925 hp) at 500 rpm

AUXILIARY ENGINES

Design: Scania, Engine Builder: Scania
 3 x Unknown, Mcr: 371 kW

BOILERS

AUXILIARY GENERATORS

Aux Generator: 1 x 1,000kW 450/230V 60Hz a.c., 2 x 350kW 450/230V 60Hz a.c.

BUNKERS

Fuel: Consumption (total): 34.00 tonnes per day

THRUSTERS

Thrusters: 1 Thwart. CP thruster (f) 750kW(1,020bhp)

© 2010 IHS Global Limited. IHS Global Limited assumes no responsibility and shall not be liable to any person for any loss, damage or expense caused by reliance on the information or advice in this document or howsoever

1.2.2. Aproximación a la determinación de la potencia, consumo y emisiones de la instalación propulsora durante la fase de navegación en aguas portuarias. Buque modelo 2

Igual que en el caso del buque modelo 1, para llevar a cabo el cálculo de potencia de la máquina principal, se considera la fórmula del Almirantazgo:

$$P = \frac{\Delta^{2/3} \cdot v^3}{C_A}$$

P = Potencia en IHP

Δ = Desplazamiento del buque en Long Tons (1 Long Ton= 1,016 t)

v = Velocidad del buque en nudos

C_A = Coeficiente del Almirantazgo. Valores entre 264 – 336

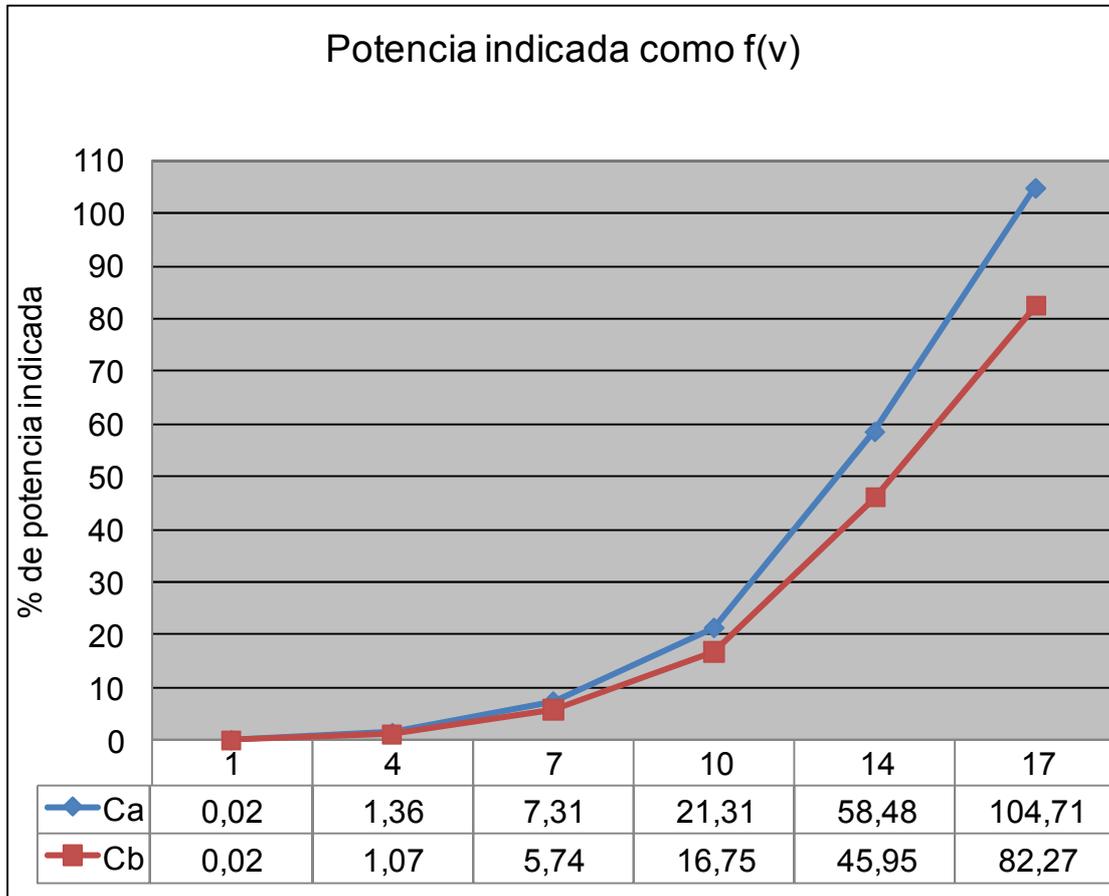
No se ha considerado demanda adicional de potencia por parte de una PTO (Power Take Off), es decir, de un generador de cola, puesto que se ha aplicado la hipótesis de que durante la maniobra, el suministro eléctrico será proporcionado por los grupos electrógenos.

En la aproximación a la potencia propulsora requerida en maniobra, se considerará un margen de potencia adicional por funcionamiento pesado ocasionado por el ensuciamiento de hélice y casco, pero se tiene presente que las condiciones de tiempo durante las maniobras en puerto serán favorables.

Visto el buque modelo 2, cuyos datos figuran en el apartado anterior, se aplica la fórmula del Almirantazgo para el cálculo de potencia desarrollada por la máquina principal.

El buque monta un motor principal de 4T con una potencia MCR de 9925 HP y el desplazamiento máximo es de 13603 t. Se ha considerado un rendimiento mecánico de 0.98. La fórmula del Almirantazgo conduce a la siguiente gráfica del abanico de % de

potencia disponible utilizada en función de la velocidad del buque. La gráfica para C_a corresponde a un coeficiente de Almirantazgo de 264 y para C_b de 336.



Gráfica 1.7: Potencia indicada como función de la velocidad del buque a plena carga

Teniendo en cuenta que la velocidad de navegación de un buque en aguas portuarias en el puerto de Barcelona es de 10 nudos entre puntas y de 6 nudos en el interior del puerto, ésta última debe ser la velocidad a utilizar para el cálculo de la potencia necesaria para la propulsión en maniobra puesto que, el hecho de que se disponga de una limitación de velocidad impuesta por el puerto, hace que la tesis se ciña a dicho límite para aplicación de un criterio uniforme en su desarrollo.

Se considera que una de las maniobras, por ejemplo la de entrada, se realiza con el buque a plena carga y la de salida con el buque sin carga. Por tanto, la potencia necesaria para la propulsión durante la maniobra de entrada será:

$$P_{ent\ calc} = \frac{13603^{2/3} \cdot 6^3}{275} = 448\ IHP$$

Teniendo en cuenta que los datos de potencia disponibles en la hoja de cálculo elaborada (Anexo I, volumen 2) son de potencia a máximo régimen continuo (MCR), que corresponde a la potencia al freno en BHP (Brake Horse Power), se debe aplicar el rendimiento mecánico a la misma para conocer el porcentaje de potencia indicada que se requiere durante la navegación en puerto. Así pues, sabiendo que la potencia total MCR del buque es de 9925 HP y aplicando un rendimiento mecánico de 0,98, se obtiene una potencia indicada de:

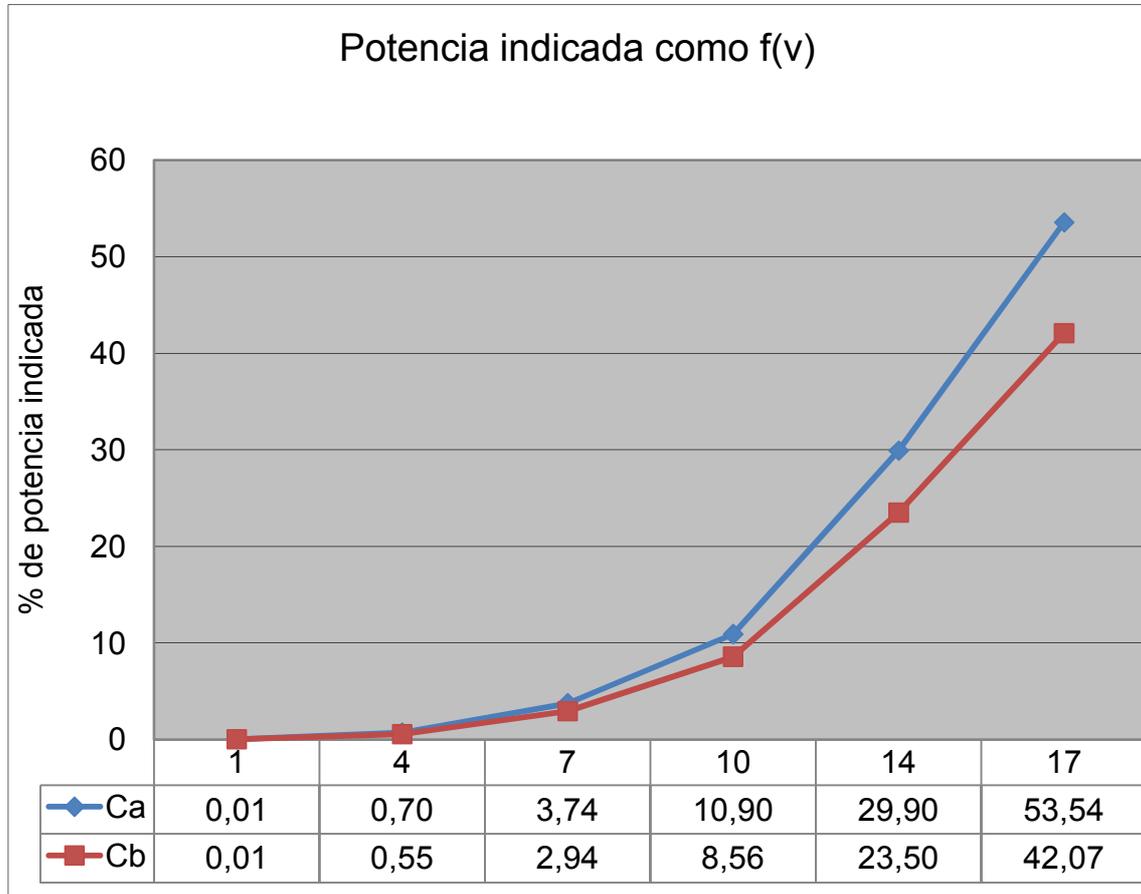
$$P_i = \frac{P_B}{\eta_m} = \frac{9925}{0,98} = 10128\ IHP$$

De aquí, la relación de la potencia calculada mediante la fórmula del Almirantazgo con respecto a la indicada para este buque es de 0,0442, por tanto, un 4,42%. Para que quede incluido el periodo transitorio para llevar el buque desde su situación parado a su situación de 6 nudos, se considera una relación de potencia del 6%.

Además de ello, se debe tener en cuenta el margen adicional por funcionamiento pesado y la aplicabilidad de esta fórmula a tan baja velocidad, así como el valor exacto del coeficiente de Almirantazgo, por lo que se considera que, para contemplar estas posibles desviaciones, la relación de potencia del buque en régimen de maniobra a la velocidad de 6 nudos se pueda incrementar hasta un 10% que, en el buque modelo 2 serían 1012,8 IHP (P_{ent}). Dado que se han efectuado diferentes hipótesis de aproximación, se aplicará ese porcentaje sobre la potencia MCR del motor y no sobre la potencia indicada por considerar despreciable la diferencia.

Una vez realizado el cálculo para la aproximación de la potencia necesaria en la maniobra de entrada a plena carga, se desarrolla el mismo procedimiento para aproximar la potencia requerida durante la navegación correspondiente a la maniobra de

salida sin carga. Se supondrá, en este último caso, el desplazamiento del buque igual al desplazamiento en rosca más el 10% del peso muerto.



Gráfica 1.8: Potencia indicada como función de la velocidad del buque sin carga

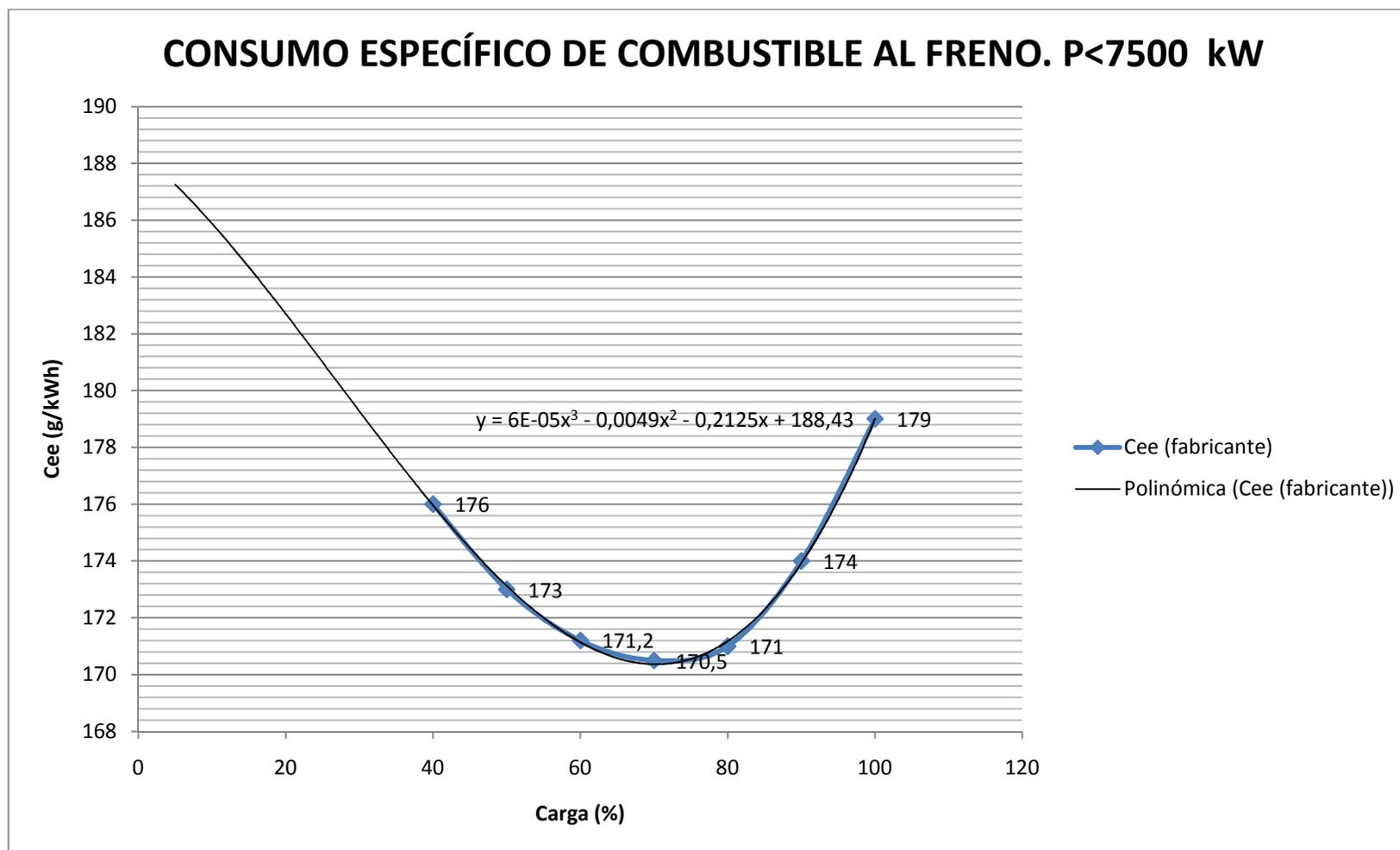
De la fórmula del Almirantazgo, se obtiene para la maniobra de salida:

$$P_{sal\ calc} = \frac{4973^{2/3} \cdot 6^3}{275} = 229 \text{ IHP}$$

Que representa una relación respecto de la potencia MCR de 0,0226, que en términos porcentuales resulta en un 2,26% de potencia, y realizando las mismas consideraciones que para la maniobra de entrada, finalmente se aproximará dicho valor hasta un 8%, por tanto, 810 IHP (P_{sal}). Como en el caso de P_{ent} , el porcentaje de carga se aplicará directamente sobre la potencia MCR.

En relación al tiempo de duración de la fase de navegación en maniobra en el puerto de Barcelona desde la boya de recalada hasta el punto de atraque y viceversa, considerando una velocidad de 6 nudos, es de 2,5 h en total.

Con estos datos, a continuación se procede a estimar el consumo de combustible de la máquina propulsora durante la navegación en aguas portuarias. Para hacerlo, es necesaria la curva de consumo específico de combustible del MMPP (motor principal), que a continuación se presenta. En este caso, el buque modelo 2 está equipado con un motor de 4T, con una potencia MCR de 7300 kW a 500 rpm. Los valores base de la curva se obtienen de los datos proporcionados por los fabricantes para los regímenes de carga habituales de máquina, y se han tenido que extrapolar los valores para el resto de rangos de carga, teniendo en cuenta que los requeridos para el cálculo que nos ocupa son del orden del 10% de la carga nominal.



Gráfica 1.9: Consumo específico de combustible motor 4T con potencia inferior a 7500 kW

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos para un rango limitado de WARTSILA-2010b.

De la potencia estimada en la maniobra de entrada y conocido el consumo específico de combustible de la máquina propulsora correspondiente (ver gráficas 1.8 y 1.9), se obtiene el consumo aproximado de combustible durante la navegación del buque en la maniobra de entrada a puerto. Observando la gráfica de consumos específicos, se deduce que éste a bajas cargas aumenta de manera notable.

Consumo de combustible de la máquina principal en la navegación correspondiente a la maniobra de entrada:

$$C_{ent} = (6 \cdot 10^{-5} \cdot L^3 - 0,0049 \cdot L^2 - 0,2125 \cdot L + 188,43) \cdot P_{ent} \cdot t_{ent}$$

C_{ent} : Consumo total de combustible de la máquina principal en la maniobra de entrada (g).

L : Carga de MMPP (%).

P_{ent} : Potencia efectiva MMPP navegación en la maniobra de entrada (kW).

t_{ent} : Tiempo empleado en la maniobra de entrada (h).

Datos navegación maniobra de entrada:

$$L = 10\%$$

$$P_{ent} = 730 \text{ kW}$$

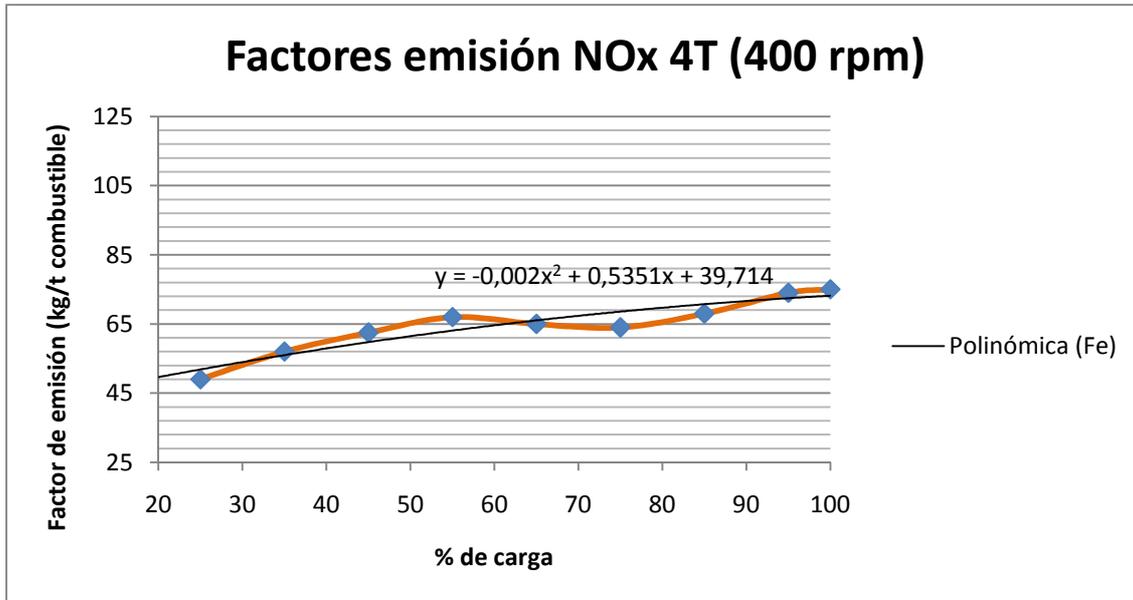
$$t_{ent} = 1,25 \text{ h}$$

Por tanto:

$$C_{ent} = \frac{(6 \cdot 10^{-5} \cdot L^3 - 0,0049 \cdot L^2 - 0,2125 \cdot L + 188,43) \cdot P_{ent} \cdot t_{ent}}{1000} = \frac{185,88 \cdot 730 \cdot 1,25}{1000} = 169,61 \text{ kg}$$

Una vez hallado el consumo de combustible en dicho periodo y aplicando los factores de emisión correspondientes al motor que monta el buque modelo 2 (ver gráfica 1.10), se obtiene la cantidad de NO_x producida por el MMPP en la maniobra de entrada, durante navegación en puerto.

Los datos de los factores de emisión utilizados como base se han obtenido del fabricante MAN B&W Diesel y, como en el caso de las curvas de consumo específico, no cubrían la totalidad del rango de funcionamiento de máquina, por tanto, se han tenido que extrapolar para completar tales curvas, véase la gráfica siguiente.



Gráfica 1.10: Factores de emisión de NO_x motores 4T (400 rpm)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos para un rango limitado de CORBETT-2003.

De aquí, y aplicando la siguiente fórmula, se obtiene la cantidad de NO_x emitida en la maniobra de entrada por la máquina principal (navegación):

$$E_{NOX-ent} = F_{E-NOX} \cdot C_{ent}$$

$E_{NOX-ent}$: Cantidad de NO_x emitida en la maniobra de entrada por la máquina principal (kg)

F_{E-NOX} : Factor de emisión de NO_x (kg/t combustible)

C_{ent} : Consumo total de combustible de la máquina principal en la maniobra de entrada (t).

$$E_{NOX-ent} = (-0,002 \cdot L^2 + 0,5351 \cdot L + 39,714) \cdot C_{ent} = 44,87 \cdot 0,170 = 7,63 \text{ kg}$$

Así pues, en la maniobra de entrada la máquina principal emite **7,63 kg de NO_x**.

Se procede ahora a calcular la cantidad de NO_x emitidos por la máquina principal en la navegación durante la maniobra de salida.

Tal y como se ha realizado en el caso de la maniobra de entrada, conocida la potencia estimada en la maniobra de salida y conocido el consumo específico de combustible de la máquina propulsora correspondiente (ver gráficas 1.8 y 1.9), se obtiene el consumo aproximado de combustible durante la navegación del buque en la maniobra de salida de puerto.

El consumo de combustible de la máquina principal en la navegación correspondiente a la maniobra de salida será:

$$C_{sal} = (6 \cdot 10^{-5} \cdot L^3 - 0,0049 \cdot L^2 - 0,2125 \cdot L + 188,43) \cdot P_{sal} \cdot t_{sal}$$

C_{sal} : Consumo total de combustible de la máquina principal en la maniobra de salida (g).

L : Carga de MMPP (%).

P_{sal} : Potencia efectiva MMPP navegación en la maniobra de salida (kW).

t_{sal} : Tiempo empleado en la maniobra de salida (h).

Datos navegación maniobra de salida:

$$L = 8\%$$

$$P_{sal} = 584 \text{ kW}$$

$$t_{sal} = 1,25 \text{ h}$$

Por tanto:

$$C_{sal} = \frac{(6 \cdot 10^{-5} \cdot L^3 - 0,0049 \cdot L^2 - 0,2125 \cdot L + 188,43) \cdot P_{sal} \cdot t_{sal}}{1000} = \frac{186,45 \cdot 584 \cdot 1,25}{1000} = 136,11 \text{ kg}$$

Se aplican ahora los factores de emisión de la gráfica 1.10, obteniendo así la cantidad de NO_x emitida en la maniobra de salida por la máquina principal:

$$E_{NOx-sal} = F_{E-NOx} \cdot C_{sal}$$

$E_{NOx-sal}$: Cantidad de NO_x emitida en la maniobra de salida por la máquina principal (kg)

F_{E-NOx} : Factor de emisión de NO_x (kg/t combustible)

C_{sal} : Consumo total de combustible de la máquina ppal en la maniobra de entrada (t).

$$E_{NOx-sal} = (-0,002 \cdot L^2 + 0,5351 \cdot L + 39,714) \cdot C_{sal} = 43,87 \cdot 0,136 = 5,97 \text{ kg}$$

Así pues, en la maniobra de salida la máquina principal emite **5,97 kg de NO_x** .

La cantidad total de emisiones de NO_x procedentes de la máquina principal del buque modelo 2 durante la navegación en aguas portuarias es de **13,6 kg**.

Se consideran irrelevantes las emisiones producidas por la máquina principal en la maniobra de atraque y desatraque. En el caso de que se quisieran considerar, podrían calcularse mediante el incremento del tiempo de navegación en aguas portuarias al régimen correspondiente.

Finalmente, se considera que durante la permanencia del buque atracado en puerto, la maquinaria principal está parada.

1.2.3. Aproximación a la determinación de la potencia, consumo y emisiones de la planta generadora durante el periodo de navegación en aguas portuarias y atraque/desatraque. Buque modelo 2

En general, como se explicaba en el buque modelo 1, es práctica habitual que durante la maniobra de los buques en puerto estén en funcionamiento como mínimo 2 generadores de corriente eléctrica por razones de seguridad.

Así pues, no se ha considerado el funcionamiento de un generador de cola. La justificación fundamental radica en el hecho de que, por norma general, los buques que disponen de este equipo durante las maniobras en puerto prescinden de él por seguridad.

Se considera que la potencia desarrollada por los generadores de corriente eléctrica será la correspondiente a la de navegación exterior, incrementada entre un 20 y un 30% como consecuencia de la puesta en funcionamiento de los servicios necesarios para la maniobra (servomotores, soplantes auxiliares, hélice de proa, maquinaria de cubierta, etc.)

La planta generadora principal del buque modelo 2 está constituida por tres motores auxiliares de 4T que entregan una potencia MCR de 371 kW cada uno y un generador de cola de 1000 kW

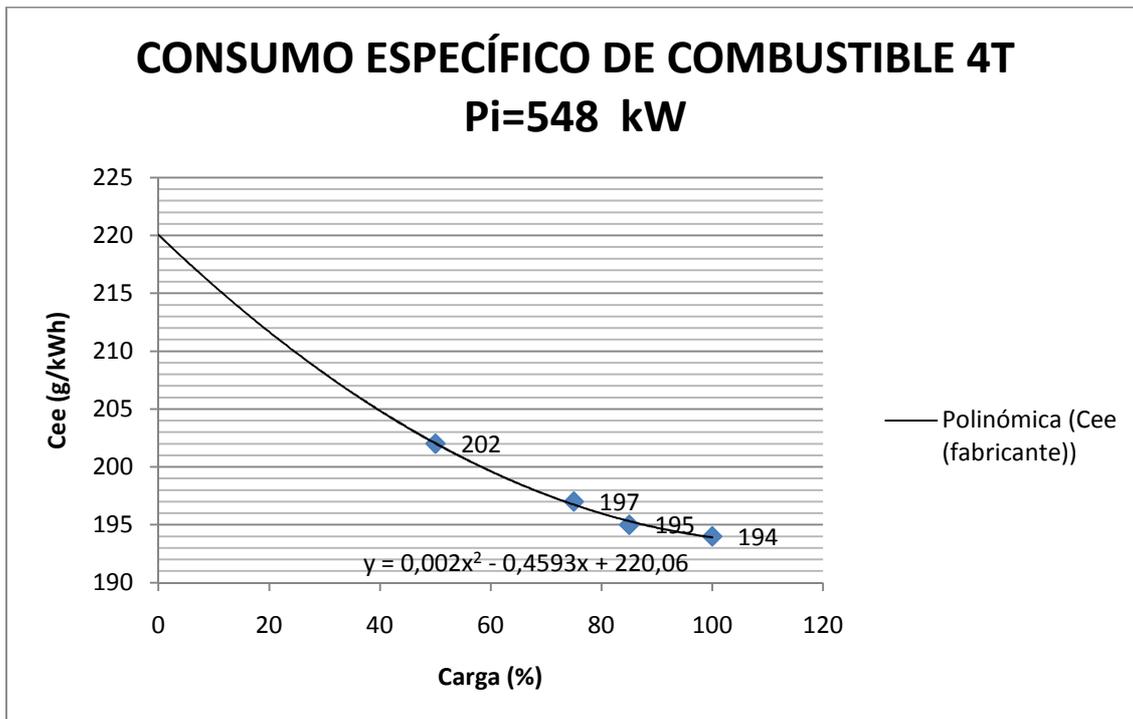
La potencia de los generadores acoplados a los MMAA's es de 350 kW cada uno a 440 V y 60 Hz.

Considerando que, durante la fase de navegación, como se ha indicado anteriormente, estarán operativos dos de los generadores principales, y teniendo en cuenta que cada uno de ellos funciona al 50% de su capacidad, se tiene que la potencia entregada por cada generador será de 175 kW.

Como a continuación se verá, las gráficas de consumo específico están expresadas en función de la potencia indicada, por ello, y aplicando un rendimiento mecánico de 0,95,

los MMAA's instalados en este buque entregan 391 kW cada uno, con ello, la potencia solicitada durante la maniobra por cada generador representa, suprimidas las pérdidas, aproximadamente el 47% de la potencia indicada de cada motor, valor que será aplicado en el cálculo de consumos específicos de la curva que se muestra más abajo.

Cabe indicar que, todas las curvas modelo de consumo específico para motores de 4T de las plantas generadoras, que son necesarias en los cálculos de esta tesis, han sido seleccionadas considerando que accionan generadores de 440V y 60 Hz por ser este tipo de generador el que más abunda a bordo de los buques mercantes. Por tanto, el régimen de funcionamiento de tales MMAA's de referencia se ha seleccionado teniendo en cuenta este hecho.



Gráfica 1.11: Consumo específico MMAA 4T – 548 kW - 900rpm

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos para un rango limitado de WARTSILA-2010b.

En relación al tiempo de duración de la fase de navegación en maniobra en el puerto de Barcelona desde la boya sierra hasta el punto de atraque y viceversa, ya se ha indicado en apartados anteriores que es de 2,5 h.

Se procede a continuación a estimar el consumo de combustible de la planta generadora durante la navegación en aguas portuarias. Igual que en el caso de la máquina propulsora, esta curva se ha obtenido de los datos proporcionados por los fabricantes, para los regímenes de funcionamiento habituales de máquina, así que se han extrapolado los valores para el resto de rangos de carga.

$$C_{MMAA-Ng} = (0,002 \cdot L^2 - 0,4593 \cdot L + 220,06) \cdot P_{MMAA-Ng} \cdot n \cdot t_{maniob}$$

$C_{MMAA-Ng}$: Consumo total de combustible de la planta generadora durante la navegación en aguas portuarias (g).

L : Carga de cada MMAA (%).

$P_{MMAA-Ng}$: Potencia indicada de cada MMAA durante la navegación en aguas portuarias (kW).

n : Número de MMAA en funcionamiento.

t_{maniob} : Tiempo empleado en la navegación en aguas portuarias (maniobra de entrada y salida) (h).

Condiciones de la planta generadora durante la maniobra:

$$L = 47\%$$

$$P_{MMAA-Ng} = 184 \text{ kW}$$

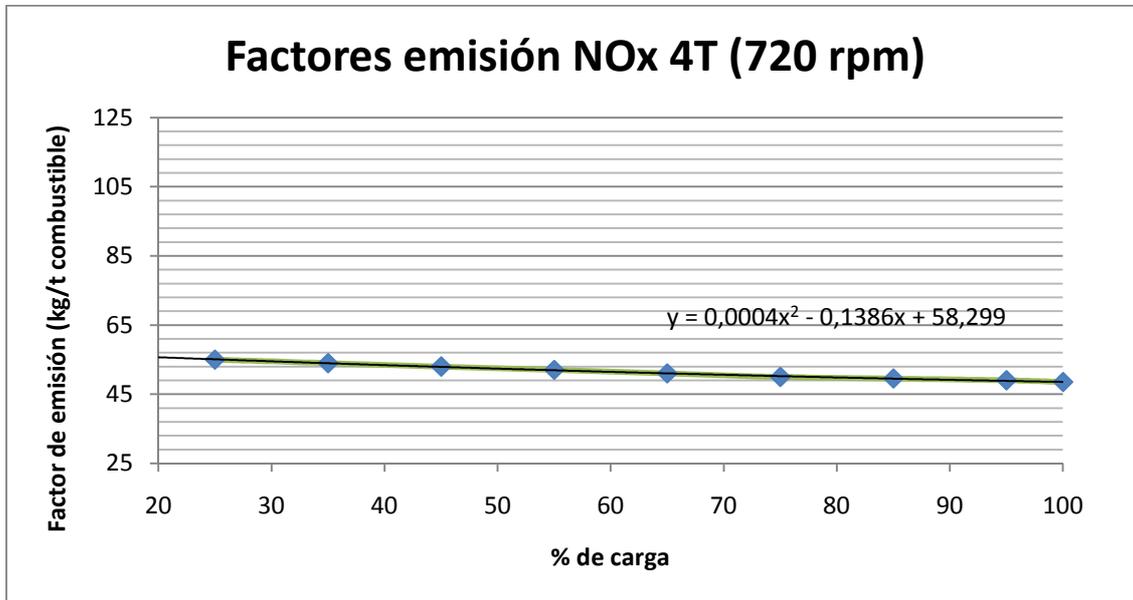
$$n = 2$$

$$t_{maniob} = 2,5 \text{ h}$$

$$C_{MMAA-Ng} = \frac{202,89 \cdot 184 \cdot 2 \cdot 2,5}{1000} = 186,66 \text{ kg}$$

Conocido el consumo de combustible de la planta generadora en la navegación en aguas portuarias, se aplican los factores de emisión correspondientes a los MMAA's que monta el buque modelo 2 (ver gráfica 1.12) obteniendo así la cantidad de NO_x producida por los grupos electrógenos en el periodo indicado.

Los datos de los factores de emisión, igual que en el caso de la máquina principal, no cubrían la totalidad del rango de funcionamiento de máquina, por tanto, se han tenido que extrapolar para completar tales curvas.



Gráfica 1.12: Factores de emisión de NO_x motores 4T (1870 rpm)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos para un rango limitado de CORBETT-2003.

De aquí, se obtiene la cantidad de NO_x emitida en la navegación en aguas portuarias por la planta generadora:

$$E_{NOX-MMAA-Ng} = F_{E-NOX} \cdot C_{MMAA-Ng}$$

$E_{NOX-MMAA-Ng}$: Cantidad de NO_x emitida en la navegación en aguas portuarias por la planta generadora (kg).

F_{E-NOX} : Factor de emisión de NO_x (kg/t combustible).

$C_{MMAA-Ng}$: Consumo total de combustible de la planta generadora durante la navegación en aguas portuarias (t).

$$E_{NOX-MMAA-Ng} = (0,0004 \cdot L^2 - 0,1386 \cdot L + 58,299) \cdot C_{MMAA-Ng} = 52,67 \cdot 0,187 = 9,85 \text{ kg}$$

La planta generadora emite un total de **9,85 kg de NO_x** durante la navegación en aguas portuarias.

1.2.4. Aproximación a la determinación de la potencia, consumo y emisiones de la planta generadora con el buque atracado. Buque modelo 2

Como planta auxiliar se consideran los generadores de corriente eléctrica y las calderas auxiliares. Como se ha indicado anteriormente, las calderas no son objeto de aplicación del Anexo Vi de MARPOL en lo referido a emisiones de NO_x.

Para la determinación de la potencia deben distinguirse dos situaciones posibles:

- a) Situación en la que la carga requiere de maquinaria auxiliar para su manipulación o mantenimiento en condición.
- b) Situación de hotel: Situación en que la generación de energía eléctrica es sólo y exclusivamente para el mantenimiento de los servicios de fonda, habitación y seguridad del buque.

En este caso, los buques de la presente tesis pueden contar a bordo con contenedores refrigerados, lo que implica que se puedan dar las situaciones descritas en los apartados a) y b) anteriores.

En estas condiciones, se realiza la consideración general de que durante la estancia en puerto, se mantiene operativo un único generador eléctrico a un 70% de la potencia indicada del MMAA.

El buque modelo 2 realizó durante el año 2009 un total de dieciséis escalas en el puerto de Barcelona, con un tiempo medio por escala de 17h 03 min incluidos los tiempos de las maniobras de entrada y salida, datos que serán imprescindibles para realizar el cálculo de emisiones.

Se calcula ahora el consumo de combustible de la planta generadora durante la estancia del buque en puerto:

$$C_{MMAA-Pto} = (0,002 \cdot L^2 - 0,4593 \cdot L + 220,06) \cdot P_{MMAA-Pto} \cdot n \cdot t_{Pto}$$

$C_{MMAA-Pto}$: Consumo total de combustible de la planta generadora durante la estancia en puerto (g).

L : Carga de cada MMAA (%).

$P_{MMAA-Pto}$: Potencia indicada de cada MMAA durante la estancia en puerto (kW).

n : Número de MMAA en funcionamiento.

t_{Pto} : Tiempo de estancia del buque amarrado (h).

Las condiciones de la planta generadora durante la estancia en puerto son:

$$L = 70\%$$

$$P_{MMAA-Pto} = 274 \text{ kW}$$

$$n = 1$$

$$t_{Pto} = 14,54 \text{ h}$$

$$C_{MMAA-Pto} = \frac{197,71 \cdot 274 \cdot 14,54}{1000} = 787,67 \text{ kg}$$

Conocido el consumo de combustible de la planta generadora durante la estancia en puerto, se aplican los factores de emisión correspondientes (ver gráfica 1.12). Se obtiene así la cantidad de NO_x producida por la planta generadora en el periodo indicado.

Se calcula a continuación la cantidad de NO_x emitida durante la estancia en puerto por la planta generadora:

$$E_{NOx-MMAA-Pto} = F_{E-NOx} \cdot C_{MMAA-Pto}$$

$E_{NOx-MMAA-Pto}$: Cantidad de NO_x emitida durante la estancia en puerto por la planta generadora (kg).

F_{E-NOX} : Factor de emisión de NO_x (kg/t combustible).

$C_{MMAA-Pto}$: Consumo total de combustible de la planta generadora durante la estancia en puerto (t).

$$E_{NOX-MMAA-Pto} = (0,0004 \cdot L^2 - 0,1386 \cdot L + 58,299) \cdot C_{MMAA-Pto} = 50,56 \cdot 0,788 = 39,84 \text{ kg}$$

La planta generadora emite un total de **39,84 kg de NO_x** durante la estancia del buque en puerto.

En este punto, ya se ha realizado el cálculo de emisiones de todas las etapas que se dan en una escala de un buque portacontenedores en puerto. Se puede proceder a continuación a calcular las emisiones totales por escala y, posteriormente, a estimar cuánto NO_x ha emitido el buque modelo 2 durante el año 2009 en el puerto de Barcelona.

$$\begin{aligned} E_{NOX-Total-esc} &= E_{NOX-ent} + E_{NOX-sal} + E_{NOX-MMAA-Ng} + E_{NOX-MMAA-Pto} = \\ &= 7,63 + 5,97 + 9,85 + 39,84 = 63,29 \text{ kg} \end{aligned}$$

Conociendo que este buque efectuó seis escalas en el puerto de Barcelona durante el año 2009, se obtiene un total de emisiones de NO_x :

$$E_{NOX-Total} = E_{NOX-Total-esc} \cdot n_{escalas} = 63,29 \cdot 16 = 1012,64 \text{ kg}$$

2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA HOJA DE CÁLCULO PARA LA APLICACIÓN DEL MÉTODO PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE NO_x EN PUERTO

Por la importancia en el presente trabajo de la hoja de cálculo adjunta en el Anexo I (volumen 2), debido a que desarrolla el método aplicado en buque modelo al total de buques portacontenedores que hicieron escala en el puerto de Barcelona durante el año 2009, y permite obtener valores parciales y totales de emisiones de NO_x para llevar a cabo el pertinente análisis y determinación de conclusiones, el presente apartado describe de forma detallada la elaboración y funcionamiento de la misma en todo lo referido a la obtención de datos y desarrollo del método en los buques objeto de aplicación.

Así pues, los resultados que presenta la hoja de cálculo son múltiples y todos ellos pueden ser objeto de análisis, en cualquier caso, el valor principal al que conduce el desarrollo de la hoja es el de emisiones totales de NO_x en toneladas producidas por todos los buques portacontenedores considerados en esta tesis.

Para alcanzar ese valor de emisiones totales de NO_x se ha procedido a la aplicación del cálculo del apartado 1 de este volumen 1 a cada una de las escalas de los 462 buques portacontenedores que desarrollaron su actividad en Barcelona en el año de referencia, lo que representa un total de 2363 escalas efectuadas y consideradas a efectos de cálculo.

Los datos de los buques del párrafo anterior necesarios para el desarrollo y manejo en la hoja de cálculo han sido los siguientes (IHS-2011, DGMM-2010, CAT-2008, PTO BCN-2009, MAN DIESEL-2010, MAN B&W-2010, WARTSILA-2010a, WARTSILA-2010b):

- Tonelaje del buque.
- Desplazamiento.
- Peso muerto.
- Potencia propulsora MCR de la máquina principal de los buques.

- Tipo de motor principal.
- Revoluciones por minuto de motor principal.
- Número de motores principales.
- Potencia total MCR de motores auxiliares.
- Potencia total indicada de los motores auxiliares.
- Potencia por generador eléctrico.
- Tipo de motor auxiliar.
- Número de motores auxiliares.
- Potencia total generadora.
- Número de escalas en el puerto de Barcelona en el año 2009.
- Tiempo medio por escala.
- Tiempo de las maniobras de entrada y salida de puerto.
- Consumo específico de combustible del motor principal en navegación durante la maniobra de entrada.
- Porcentaje de carga del motor principal en navegación durante la maniobra de entrada.
- Consumo total de combustible del motor principal en la maniobra de entrada.
- Emisiones de NO_x del motor principal durante la maniobra de entrada.
- Consumo específico de combustible del motor principal en navegación durante la maniobra de salida.
- Porcentaje de carga del motor principal en navegación durante la maniobra de salida.
- Consumo total de combustible del motor principal en la maniobra de salida.
- Emisiones de NO_x del motor principal durante la maniobra de salida.
- Porcentaje de carga de los motores auxiliares durante la navegación en las maniobras.
- Consumo específico de combustible de los motores auxiliares durante la navegación en maniobra.
- Número de motores auxiliares operativos durante la navegación en maniobra.
- Consumo total de combustible de los motores auxiliares durante la navegación en maniobra.
- Emisiones de NO_x de los motores auxiliares durante la navegación en maniobra.
- Porcentaje de carga de los motores auxiliares en puerto.

- Consumo específico de combustible de los motores auxiliares durante la estancia en puerto.
- Número de motores auxiliares operativos en puerto.
- Consumo medio total por escala de motores auxiliares durante la estancia en puerto.
- Emisiones de NO_x de los motores auxiliares durante la estancia en puerto.
- Emisiones de NO_x por buque y por escala.
- Emisiones de NO_x por buque durante el año 2009.
- Emisiones totales de NO_x de todos los buques que hicieron escala en Barcelona durante el año 2009.

En cuanto a la adquisición y cálculo de los diferentes parámetros y variables es necesario detallar de qué forma se ha elaborado la hoja de cálculo.

Por tanto, en lo referido a las escalas, los datos de éstas han sido facilitados directamente por el departamento de operaciones del puerto de Barcelona, así como los tiempos de cada una de las escalas de los buques de la base de datos (PTO BCN-2009). En cuanto a los tiempos de maniobra, se ha estimado un total de 2,5 horas en las maniobras de entrada y salida de puerto.

La hoja de cálculo, con el fin de facilitar la obtención de resultados, determina el tiempo medio por escala y lo aplica al total de escalas que ha realizado el buque.

En cuanto a los consumos específicos de combustible de la máquina principal, tanto en la maniobra de entrada como en la de salida, la fórmula de la celda correspondiente selecciona la curva adecuada de consumos específicos en función de los datos de potencia del motor principal, esta curva se selecciona de entre todas aquellas curvas diseñadas para los diferentes tipos de motores. Las mismas se encuentran en las hojas que se incluyen en el mismo libro (ver Anexo III, volumen 2).

Las curvas de consumo específico de combustible de la máquina principal han tenido que calcularse y definirse partiendo de los datos facilitados por los fabricantes en el rango de potencia habitual de funcionamiento de máquina por lo que, tomando como

base esos datos, se han completado las curvas extrapolando para el rango de potencias restante con el fin de cubrir la gama necesaria para desarrollar los cálculos de esta tesis. Paralelamente, se han aproximado las curvas con líneas de tendencia correspondientes a funciones polinómicas de distinto grado para facilitar la obtención de resultados numéricos en cualquier punto de funcionamiento de máquina.

En lo referente a la estimación de emisiones de NO_x de la máquina principal, la fórmula de la celda correspondiente distingue, primeramente, si el buque en el que se está efectuando el cálculo monta como máquina principal un motor de dos o de cuatro tiempos. En caso de ser un motor diésel de dos tiempos, la fórmula selecciona la curva de factores de emisión correspondiente a ese tipo de máquina. Si la máquina es de cuatro tiempos, de entre todas las curvas posibles para ese tipo de motor, la fórmula selecciona la que corresponde en función del rango de régimen nominal del motor en cuestión. Todo ello, se realiza en la hoja “Fe (NO_x)” (ver Anexo II, volumen 2).

En relación con los consumos específicos de los motores auxiliares, tanto en maniobra, como en puerto, la fórmula de la celda correspondiente determina de entre todas las curvas de consumo específico elaboradas en la hoja “Cee MMAA” (ver Anexo IV, volumen 2), la que corresponde aplicar en función de la potencia indicada del motor en cuestión. En este caso, para determinar las curvas de motores auxiliares se ha considerado que todos los buques montan para la planta generadora motores de cuatro tiempos.

Igual que para las curvas de consumo específico de combustible de la máquina principal, partiendo de los datos facilitados por los fabricantes en el rango de potencia habitual de máquina, se han extrapolado el resto de valores para abarcar todo el rango de potencias de los motores auxiliares. Igualmente, se han aproximado las curvas con líneas de tendencia correspondientes a funciones polinómicas de distinto grado para facilitar la obtención de resultados numéricos en cualquier punto de funcionamiento de máquina.

Para efectuar la estimación de emisiones de NO_x de la planta generadora, la fórmula de la celda correspondiente selecciona directamente la función polinómica que define los factores de emisión de un motor de cuatro tiempos con un régimen nominal de 720 rpm.

Posteriormente, la hoja de cálculo dispone de una columna en la que se dan las cantidades de gases emitidas por buque y por escala, de otra columna en la que se calcula el total de emisiones durante el año 2009 por buque y, finalmente, un sumatorio de emisiones de todos los buques portacontenedores que hicieron escala en el puerto de Barcelona durante el año 2009.

3. CÁLCULO DE EMISIONES PONDERADAS EN LOS BUQUES MODELO DE ACUERDO CON LOS CICLOS DE ENSAYO DEL CÓDIGO TÉCNICO SOBRE LOS NO_x. Método desarrollado en la tesis

Para cada motor particular o motor de referencia de una familia de motores o de un grupo de motores, se aplican los ciclos de ensayo pertinentes especificados en el capítulo 3 del Código Técnico sobre los NO_x 2008 (OMI-2008b)-, a fin de verificar que el motor se ajusta al límite aplicable de emisión de NO_x recogido en la regla 13 del Anexo VI de MARPOL enmendado 2008 (OMI-2008a).

Tanto en este apartado como en el siguiente se han desarrollado los ciclos de ensayo ponderados que corresponderían al procedimiento simplificado de ensayo y medición aplicable para los ensayos de confirmación a bordo y para los reconocimientos intermedios, anuales y de renovación correspondientes al certificado IAPP del buque (Certificado Internacional de Prevención de la Contaminación Atmosférica). En cualquier caso, todo ensayo inicial de un motor en un banco de pruebas debe realizarse de conformidad con el procedimiento especificado en el capítulo 5 del Código sobre los NO_x.

En el presente apartado se han obtenido los valores de emisiones mediante la aplicación del mismo método que se ha utilizado en la aproximación al cálculo de emisiones del puerto de Barcelona y en el siguiente apartado, la obtención de las cantidades emitidas se ha obtenido por medio del uso de un simulador desarrollado por la Dirección General de la Marina Mercante en colaboración con la Universidad de Vigo.

Los factores de ponderación y las modalidades utilizadas en los cálculos se determinan según lo indicado en 3.2 del Código (OMI-2008b).

En la aplicación del método de medición simplificado, se deberían medir el par y el régimen del motor.

Asimismo debe medirse el consumo de combustible. En la práctica, resulta a menudo imposible medir el consumo de fueloil una vez que el motor ha sido instalado a bordo

de un buque. Por ello, para simplificar el procedimiento a bordo, se podrán aceptar los resultados de la medición del consumo de fueloil realizada para la certificación previa en el banco de pruebas. En tales casos, particularmente por cuanto respecta al funcionamiento con fueloil residual (fueloil de tipo RM con arreglo a la norma ISO 8217:2005), se efectuará un cálculo teniendo en cuenta el error estimado correspondiente. Dado que el caudal del fueloil utilizado para el cálculo debe estar relacionado con la composición del fueloil determinada a partir de las muestras de combustible tomadas durante el ensayo, la medición de caudal en el banco de pruebas se corrige para compensar cualquier diferencia entre los valores caloríficos netos del fueloil utilizado en el banco de pruebas y los del fueloil utilizado en el ensayo. Las consecuencias de tal error sobre las emisiones finales se calculan y se consignan con los resultados de la medición de las emisiones (OMI-2008b).

Lo que interesa para obtener la información requerida durante las pruebas de NO_x a bordo es la potencia al freno. Si bien en el capítulo 5 del Código se examinan las cajas de engranaje con acoplamiento directo, en numerosos tipos de utilización, los motores, tal como se presentan a bordo, pueden estar dispuestos de tal manera que la medición del par (obtenida mediante un extensímetro especialmente instalado) resulte imposible al faltar un eje libre. Tal es el caso, en particular, del grupo de los generadores, pero los motores también se acoplan a bombas, unidades hidráulicas, compresores, etc.

Por regla general, los motores se habrán sometido a ensayo con un freno hidráulico en la fase de fabricación, antes de conectarlos permanentemente a la unidad de consumo de potencia al instalarlos a bordo. En el caso de los generadores, el uso de mediciones de tensión e intensidad junto con el rendimiento del generador declarado por el fabricante no debería presentar ningún problema. En el caso de equipo adaptado a la demanda de la hélice, podrá utilizarse una curva dada de régimen-potencia, al mismo tiempo que se garantiza la posibilidad de medir el régimen del motor, bien desde el extremo libre o en relación, por ejemplo, con el régimen del árbol de levas.

Posteriormente, se debe determinar el flujo de los gases de escape. Uno de los métodos es el método de equilibrado del carbono, que entraña calcular el caudal másico de los

gases de escape a partir del consumo de combustible, de la composición del combustible y de las concentraciones de gases de escape.

Por no ser el objeto de esta tesis el análisis y desarrollo de este método, no se detallarán sus pormenores.

3.1. Buque modelo 1

Para los motores principales adaptados a la demanda de la hélice, como es el caso del buque modelo 1, se aplica el ciclo de ensayo E3, de conformidad con la tabla 3.1, conforme al Capítulo 3 del Código sobre los NO_x.

Tabla 3.1: Ciclo de ensayo para "motores principales y auxiliares adaptados a la demanda de la hélice"

Tipo de ciclo de ensayo E3	Velocidad	100%	91%	80%	63%
	Potencia	100%	75%	50%	25%
	Factor de ponderación	0,2	0,5	0,15	0,15

Fuente: OMI-2008b

El buque modelo 1 dispone de motores auxiliares de régimen constante, en cuyo caso, conforme al Código sobre los NO_x se aplicará el ciclo de ensayo D2, de conformidad con la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Ciclo de ensayo para "motores auxiliares de régimen constante"

Tipo de ciclo de ensayo D2	Velocidad	100%	100%	100%	100%	100%
	Potencia	100%	75%	50%	25%	10%
	Factor de ponderación	0,05	0,25	0,3	0,3	0,1

Fuente: OMI-2008b

3.1.1. Cálculo de emisiones ponderadas del motor principal del buque modelo 1 – Man B&W 10L90MC

El primer paso para obtener los resultados correspondientes a este apartado será obtener las curvas de consumo específico de combustible para la máquina principal teniendo en cuenta que el buque está propulsado por una hélice de paso fijo.

Teniendo en cuenta que el modelo equivalente a la máquina principal del buque modelo 1 es el motor Man B&W 10K90MC, cuyos datos han sido facilitados por el fabricante, serán estos datos los que utilizaremos en el cálculo de la curva de consumo específico de combustible del motor (MAN B&W-2010).

Las gráficas velocidad – potencia que se muestran a continuación y que sirven de base para la obtención de la curva SFOC (Specific Fuel Oil Consumption) se presentan en escala logarítmica.

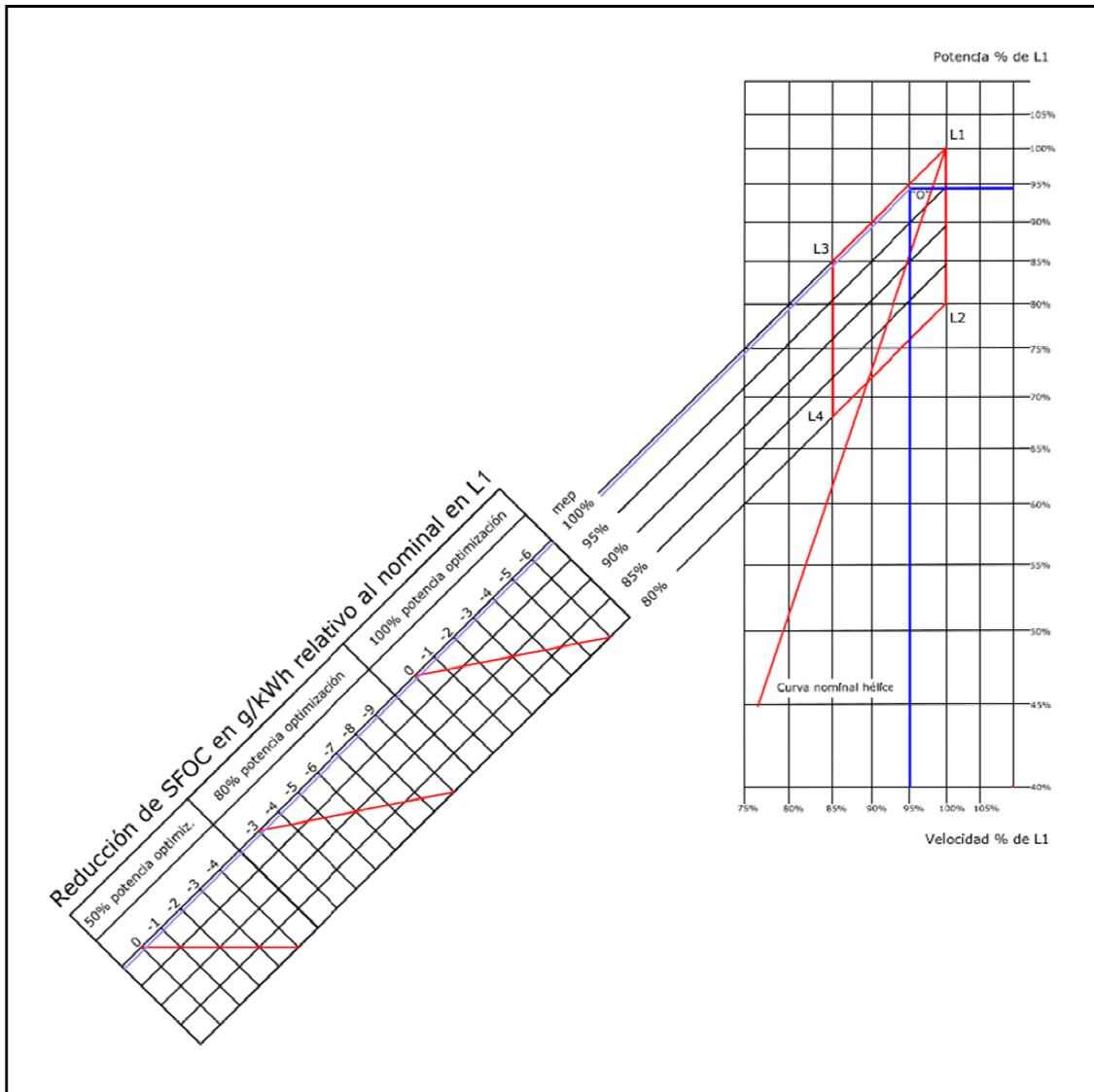
Por ello, las funciones de potencia representadas, que son exponenciales, se presentan como rectas de diferentes pendientes.

Se considera que la hélice ha sido dimensionada de acuerdo con el calado de diseño y para las formas y velocidad del buque, y que el motor ha sido optimizado en el punto “O” para una potencia de 43100 kW y para un régimen de 98,8 rpm, correspondiente a un 95% de las revoluciones máximas. El valor de régimen que se utiliza ha sido incrementado un 20% respecto de los datos disponibles del buque para poder posicionar el punto de optimización “O” dentro del diagrama de diseño de presiones efectivas constantes y de revoluciones constantes para este motor. La función que corresponde a la hélice seleccionada para el buque debe pasar por ese punto de funcionamiento.

De la gráfica, se obtiene:

1. La curva de consumo específico del motor optimizado en “O”, que se utilizará en los cálculos del ciclo de ensayo E3.

2. Las diferentes relaciones de potencia – velocidad del MMPP en relación con el ciclo de ensayo E3.



Gráfica 3.1: Cálculo para el Consumo Específico de Combustible del Motor Man B&W 10K90MC optimizado en el punto “O”

Fuente: Elaboración propia a partir del diagrama de diseño facilitado en MAN B&W-2010.

En la gráfica anterior se tiene que el diagrama de diseño del motor está limitado por dos líneas de presión media específica constante correspondientes a L1-L3 y a L2-L4, y por dos líneas de revoluciones constantes constituidas por L1-L2 y L3-L4.

La relación entre potencia y velocidad para la hélice de paso fijo que monta el buque modelo 1 se representa por la función de una recta de pendiente 3.

La selección del punto de optimización “O” ha sido explicada anteriormente.

Datos a potencia nominal MCR (L₁)			SFOC nominal MCR (L₁)
Motor	kW	rpm	g/kWh
10K90MC	45700	104	177

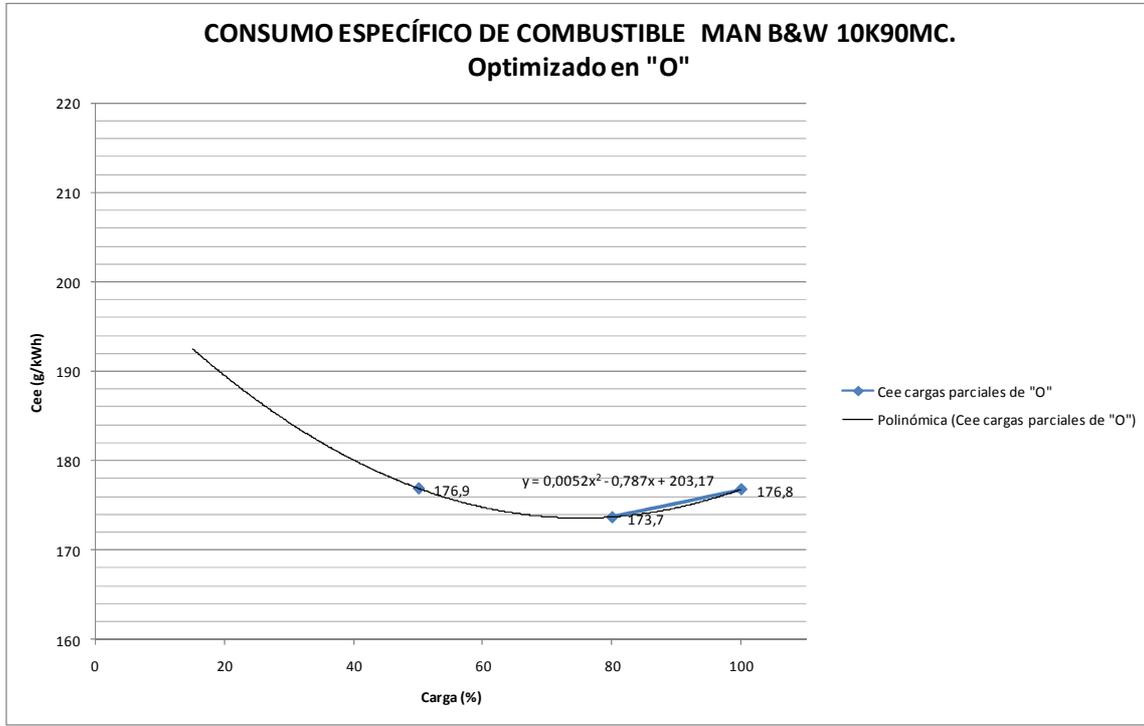
Datos en el punto de optimización (O):

10K90MC	
Potencia: 100% de (O)	43100 kW
Velocidad: 100% de (O)	98,8 rpm
SFOC encontrado	176,8 g/kWh

Los consumos a potencias parciales del punto “O”, obtenidos de la gráfica 3.1, serán:

Puntos de carga Parcial respecto de O		Reducción SFOC g/kWh	SFOC g/kWh
1	100%	-0,2	176,8
2	80%	-3,3	173,7
3	50%	-0,15	176,9

Por tanto, la curva de consumo específico obtenida para la máquina principal optimizada en el punto “O” es:



Gráfica 3.2: Consumo específico MMPP MAN B&W 10K90MC

Fuente: Elaboración propia de la gráfica 3.1.

Se debe aplicar, a continuación, el ciclo de ensayo E3 correspondiente a la instalación de este buque.

Las relaciones de velocidad – potencia del buque en el ciclo de ensayo son tales que se adecúan a la curva de la hélice.

Tabla 3.1: Ciclo de ensayo para "motores principales y auxiliares adaptados a la demanda de la hélice"

Tipo de ciclo de ensayo E3	Velocidad	100%	91%	80%	63%
	Potencia	100%	75%	50%	25%
	Factor de ponderación	0,2	0,5	0,15	0,15

Fuente: OMI-2008b

Para la obtención de resultados, se desarrolla el cálculo para la primera condición de potencia – régimen del ensayo y posteriormente se presentan los valores obtenidos directamente para el resto.

Por tanto, para la primera condición, es decir, velocidad 100%, potencia 100%, factor de ponderación 0,2, de la curva de consumo específico se obtiene el valor de consumo para una potencia del 100%:

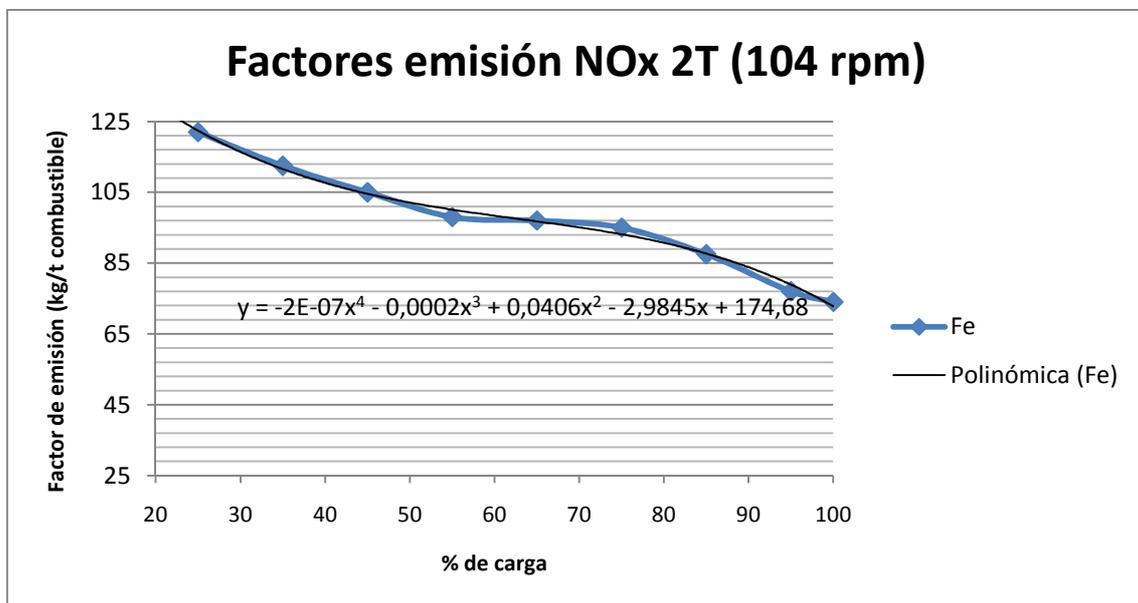
$$C_{ee\ MMPP\ "O"} = 0,0052 \cdot L^2 - 0,0787 \cdot L + 203,17 =$$

$$= 0,0052 \cdot 100^2 - 0,787 \cdot 100 + 203,17 = 176,47\ g/kWh$$

$C_{ee\ MMPP\ "O"}$: Consumo específico del MMPP optimizado en "O" (g/kWh).

L : Carga de cada MMPP (%).

Aplicando los factores de emisión correspondientes a la máquina principal:



Gráfica 3.3: Factores de emisión de NO_x motores 2T (hasta 104 rpm)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos para un rango limitado de CORBETT-2003.

$$F_{eMMPP} = (-2 \cdot 10^{-7} \cdot L^4 - 0,0002 \cdot L^3 + 0,0406 \cdot L^2 - 2,9845 \cdot L + 174,68) \cdot 10^{-3} = 0,062 \text{ g}_{NOx} / \text{g}_{combustible}$$

F_{eMMPP} : Factor de emisión de la máquina principal ($\text{g}_{NOx} / \text{g}_{combustible}$)

L : Carga de cada MMPP (%).

Con estos datos se pueden obtener las emisiones específicas de NO_x de la máquina principal a una potencia del 100% de la siguiente forma:

$$E_{eeMMPP} = C_{eeMMPP} \cdot F_{eMMPP} = 176,47 \cdot 0,062 = 10,98 \text{ g}_{NOx} / kWh$$

Obtenido el resultado de la primera condición del ciclo de ensayo, para el cálculo del resto de condiciones del ciclo de ensayo se procede de la misma forma y, una vez obtenidas todas las emisiones específicas a las diferentes potencias y regímenes, se lleva a cabo el cálculo de las emisiones específicas ponderadas. A continuación se presenta un cuadro resumen de los datos que se obtienen en este ciclo:

Tabla 3.3: Ciclo de ensayo para "motores principales y auxiliares adaptados a la demanda de la hélice". MMPP buque modelo 1

Potencia (%)	C_{ee} (g/kWh)	Factor de emisión ($\text{g}_{NOx} / \text{g}_{FO}$)	Emisiones específicas ($\text{g}_{NOx} / \text{kWh}$)	Factor de ponderación	Emisión específica ponderada ($\text{g}_{NOx} / \text{kWh}$)
100	176,47	0,062	10,98	0,2	16,0
75	173,40	0,089	15,35	0,5	
50	176,82	0,101	17,81	0,15	
25	186,75	0,122	22,83	0,15	

Desde el punto de vista de la aplicación normativa, es decir, para comprobar el cumplimiento de las disposiciones del Anexo VI de MARPOL revisado 2008, el motor objeto de cálculo se puede encuadrar en el apartado de motores diésel marinos instalados en buques construidos antes del 1 de enero de 2000, concretamente, se trata de un motor diésel marino con una potencia de salida superior a 5000 kW y una cilindrada superior a 90 litros instalado en un buque construido después del 1 de enero de 1990, pero antes del 1 de enero de 2000, y que, por tanto, deberá cumplir los límites

de emisión que se establecen en el apartado 7.4 de la regla 13 del Anexo VI, que para este motor son 17 g/kWh

Se puede ver que, mediante la aplicación del método que se desarrolla en este trabajo, el motor cumpliría con los límites de emisiones que establece el Convenio.

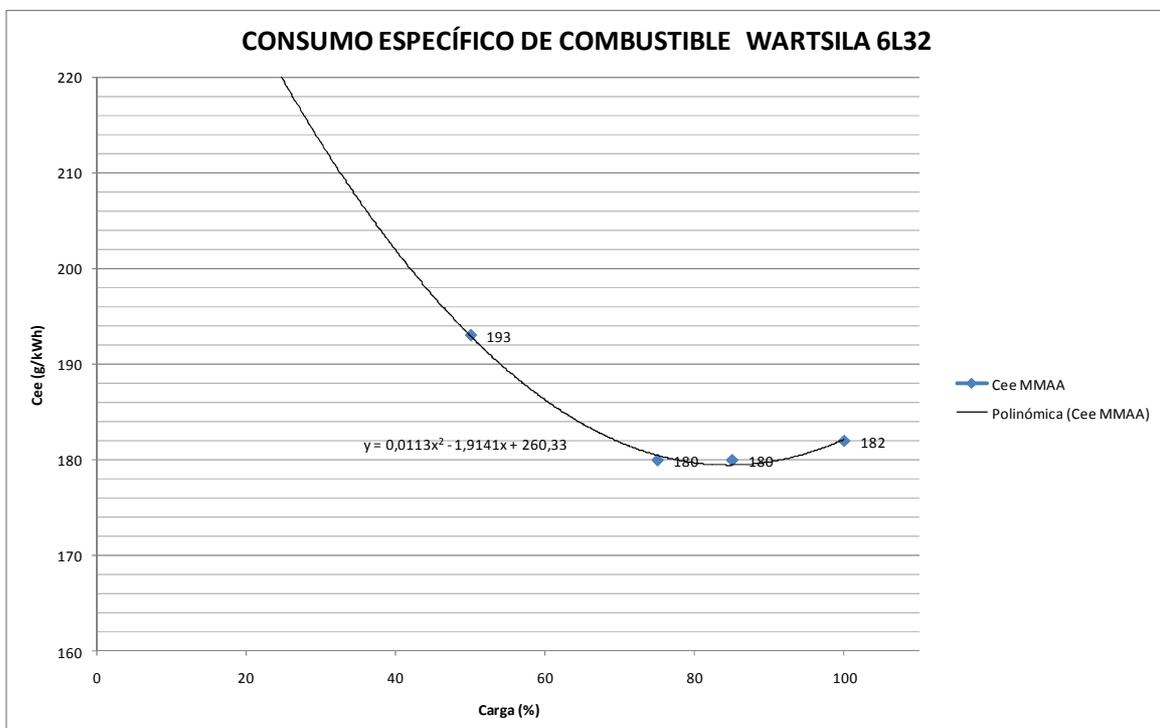
Por otro lado, la regla 13 determina que se prohíbe el funcionamiento de todo motor diésel marino encuadrado en la el tipo descrito más arriba, a menos que la cantidad de óxidos de nitrógeno (calculada en forma de emisión total ponderada) emitidos por el motor se encuentre dentro de los límites indicados.

3.1.2. Cálculo de emisiones ponderadas de los motores auxiliares del buque modelo 1 – Wartsila 6R32E

Los motores auxiliares de este buque no están sujetos al cumplimiento de las disposiciones del Anexo VI de MARPOL revisado 2008, en cualquier caso, en este apartado se calcularán sus emisiones ponderadas y se comprobará si se encuentran dentro del límite establecido para un motor de las mismas características que estuviese dentro del ámbito de aplicación del Convenio.

Para realizar el cálculo de este apartado, igual que en el caso de la máquina principal, se debe obtener la curva de consumo específico de combustible de los motores objeto del análisis.

En este caso, se han utilizado los datos que Wartsila, fabricante de los motores auxiliares del buque modelo 1, facilita para un motor actual equivalente al que monta el buque, así a continuación se presenta la curva del motor 6L32, de 2880 kW y 720 rpm. (WARTSILA-2010a).



Gráfica 3.4: Consumo específico MMAA WARTSILA 6L32

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos para un rango limitado de WARTSILA-2010a.

Con estos datos, se aplicará el ciclo de ensayo D2 correspondiente a la instalación de la planta generadora del buque de acuerdo con el Cap 3 del Código sobre los NO_x.

Tabla 3.2: Ciclo de ensayo para "motores auxiliares de régimen constante"

Tipo de ciclo de ensayo D2	Velocidad	100%	100%	100%	100%	100%
	Potencia	100%	75%	50%	25%	10%
	Factor de ponderación	0,05	0,25	0,3	0,3	0,1

Fuente: OMI-2008b

Para la obtención de resultados, se desarrolla el cálculo para la primera condición potencia – régimen del ensayo y posteriormente se presentan los valores obtenidos directamente para el resto de condiciones.

Por tanto, para la primera condición, es decir, velocidad 100%, potencia 100%, factor de ponderación 0,05, de la curva de consumo específico se obtiene el valor de consumo para una potencia del 100%:

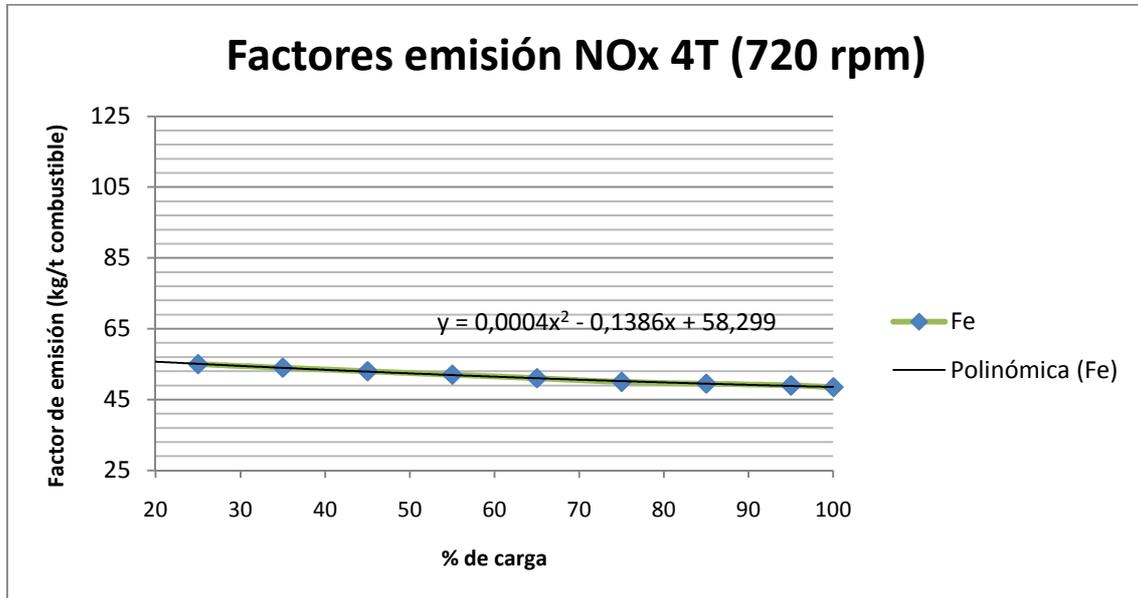
$$C_{ee\text{ MMAA}} = 0,0113 \cdot L^2 - 1,9141 \cdot L + 260,33 =$$

$$= 0,0113 \cdot 100^2 - 1,9141 \cdot 100 + 260,33 = 181,92 \text{ g/kWh}$$

$C_{ee\text{ MMAA}}$: Consumo específico de MMAA (g/kWh).

L :Carga de cada MMAA (%).

Así, para el cálculo de los factores de emisión correspondientes al tipo de motor auxiliar del buque modelo:



Gráfica 3.5: Factores de emisión de NO_x motores 4T (720 rpm)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos para un rango limitado de CORBETT-2003.

$$F_{eMMAA} = (0,0004 \cdot L^2 - 0,1386 \cdot L + 58,299) \cdot 10^{-3} = 0,048 \text{ g}_{NO_x} / \text{g}_{combustible}$$

F_{eMMAA} : Factor de emisión de motor auxiliar ($\text{g}_{NO_x}/\text{g}_{combustible}$)

L :Carga de cada MMAA (%).

Con estos datos se pueden obtener las emisiones específicas de NO_x de la máquina auxiliar a una potencia del 100% de la siguiente forma:

$$E_{eeMMAA} = C_{eeMMAA} \cdot F_{eMMAA} = 181,92 \cdot 0,048 = 8,81 \text{ g}_{NO_x} / kWh$$

Calculada la primera condición del ciclo de ensayo, para el cálculo del resto de condiciones del ciclo de ensayo se procede de la misma forma y, una vez obtenidas todas las emisiones específicas a las diferentes potencias, se desarrolla el cálculo de las emisiones específicas ponderadas. A continuación se presenta un cuadro resumen de los resultados que se obtienen en este ciclo:

Tabla 3.4: Ciclo de ensayo para "motores auxiliares de régimen constante".
MMAA buque modelo 1

Potencia (%)	C _{ee} (g/kWh)	Factor de emisión (gNO _x /gFO)	Emisiones específicas (gNO _x /kWh)	Factor de ponderación	Emisión específica ponderada (gNO _x /kWh)
100	181,92	0,048	8,81	0,05	10,7
75	180,34	0,050	9,04	0,25	
50	192,88	0,052	10,10	0,3	
25	219,54	0,055	12,09	0,3	
10	242,32	0,057	13,80	0,1	

Aunque, como se ha indicado anteriormente, los motores auxiliares del buque modelo 1 no están obligados a cumplir con las disposiciones del Anexo VI de MARPOL revisado 2008, por el año de construcción del buque y por el tipo de motor de que se trata, aún así, en caso de serles de aplicación, estos mismos motores tendrían unos límites de emisiones, en Nivel I (Regla 13 Anexo VI MARPOL) que se obtendrían a partir de la siguiente fórmula:

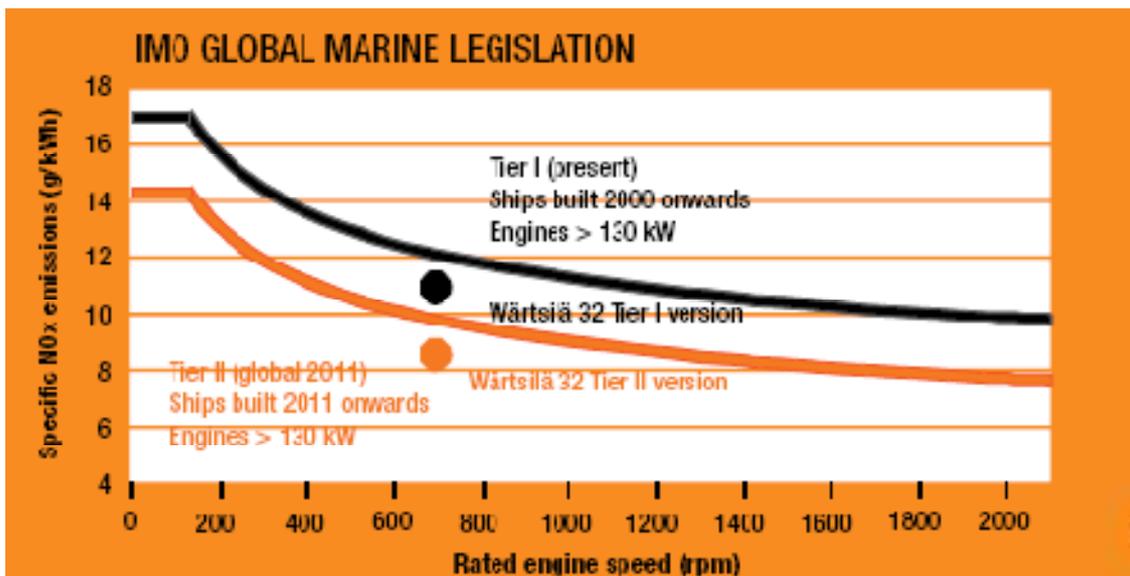
$$E_{ee\text{MMAA}} = 45 \cdot n^{(-0,2)} = 45 \cdot 720^{(-0,2)} = 12,1 \text{ g/kWh}$$

n : Revoluciones por minuto a régimen nominal (rpm)

En cualquier caso, se comprueba que los motores auxiliares del buque modelo 1 cumplen con los límites de emisión que establece la regla 13 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

A continuación se adjuntan las emisiones declaradas por Wartsila para la serie 32 (WARTSILA-2009).

Se puede comprobar que los resultados obtenidos mediante el método desarrollado en la tesis son del mismo orden que los que presenta el fabricante del motor que se estudia en este apartado.



Fuente: WARTSILA-2009

3.2. Buque modelo 2

Para los motores principales de velocidad constante, como es el caso del buque modelo 2, se aplica el ciclo de ensayo E2 según el Cap. 3 del Código sobre los NO_x, de conformidad con la tabla 3.5.

Tabla 3.5: Ciclo de ensayo para sistemas de "propulsión principal de régimen constante" (incluidas la propulsión diésel-eléctrica y todas las instalaciones de hélice de paso regulable)

Tipo de ciclo de ensayo E2	Velocidad	100%	100%	100%	100%
	Potencia	100%	75%	50%	25%
	Factor de ponderación	0,2	0,5	0,15	0,15

Fuente: OMI-2008b

En relación con la planta generadora, el buque modelo 2 dispone de motores auxiliares de régimen constante, en cuyo caso, conforme al Código sobre los NO_x se aplicará el ciclo de ensayo D2, de conformidad con la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Ciclo de ensayo para "motores auxiliares de régimen constante"

Tipo de ciclo de ensayo D2	Velocidad	100%	100%	100%	100%	100%
	Potencia	100%	75%	50%	25%	10%
	Factor de ponderación	0,05	0,25	0,3	0,3	0,1

Fuente: OMI-2008b

3.2.1. Cálculo de emisiones ponderadas del motor principal del buque modelo 2 – MaK Caterpillar 8M43

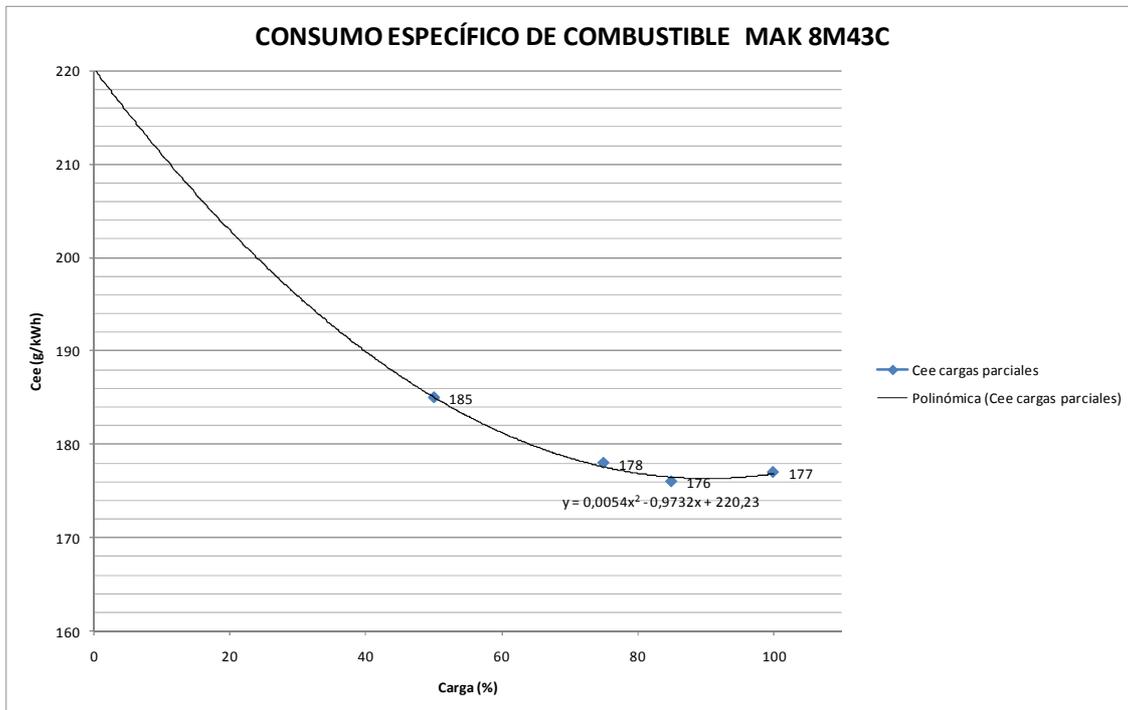
Los datos técnicos que proporciona el fabricante de este motor han sido determinados para una potencia MCR de 7200 kW y para 500 rpm, igualmente los consumos específicos se presentan para funcionamiento a régimen constante, por tanto, para una instalación de hélice de paso variable, coincidente con la que monta el buque modelo 2 (CAT-2008).

Obtenidos los datos facilitados por el fabricante, se calcula la curva de consumo específico de combustible del motor.

Datos del fabricante para el motor MaK Caterpillar 8M43C:

Datos del motor para optimización en potencia nominal MCR (L_1)			SFOC
Motor	% Potencia MCR	rpm	g/kWh
8M43C	100	500	176
	85	500	175
	75	500	178
	50	500	185

De aquí y extrapolando para el resto de rango de carga se obtiene:



Gráfica 3.6: Consumo específico MMPP MaK Caterpillar 8M43C

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos para un rango limitado de CAT-2008.

Se aplica, a continuación, el ciclo de ensayo E2 correspondiente a la instalación de este buque.

Tabla 3.5: Ciclo de ensayo para sistemas de "propulsión principal de régimen constante" (incluidas la propulsión diésel-eléctrica y todas las instalaciones de hélice de paso regulable)

Tipo de ciclo de ensayo E2	Velocidad	100%	100%	100%	100%
	Potencia	100%	75%	50%	25%
	Factor de ponderación	0,2	0,5	0,15	0,15

Fuente: OMI-2008b.

Para la obtención de resultados, se desarrolla el cálculo para la primera condición de potencia – régimen del ensayo y posteriormente se presentan los valores obtenidos directamente para el resto.

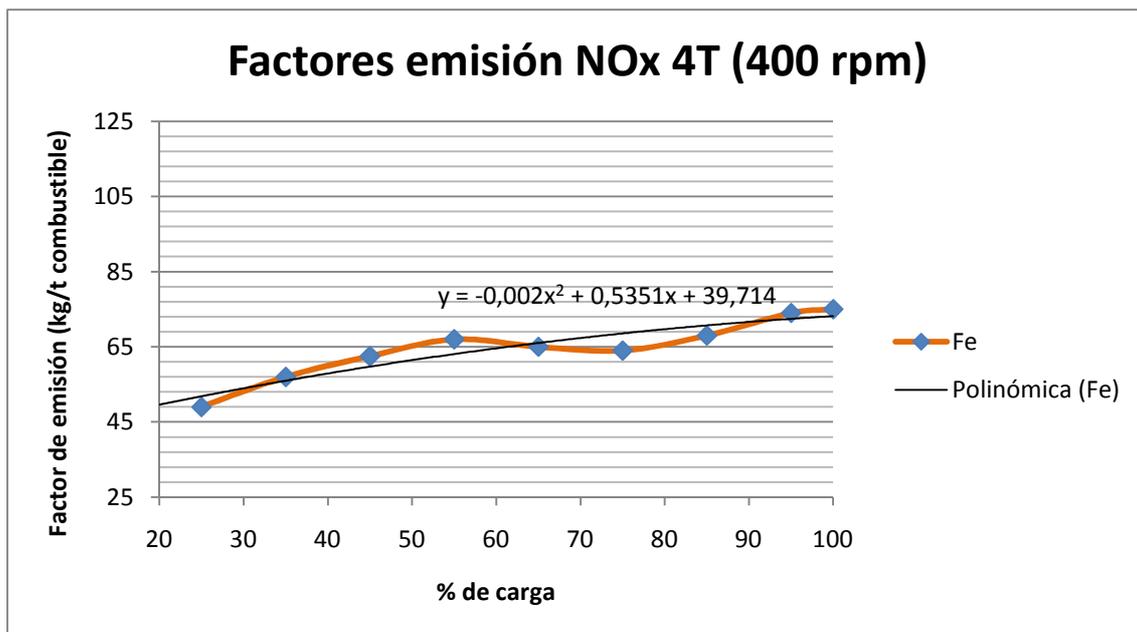
Por tanto, para la primera condición, es decir, velocidad 100%, potencia 100%, factor de ponderación 0,2, de la curva de consumo específico se obtiene el valor de consumo para una potencia del 100%:

$$C_{ee\ MMPP} = 0,0054 \cdot L^2 - 0,9732 \cdot L + 220,23 = 0,0054 \cdot 100^2 - 0,9732 \cdot 100 + 220,23 = 176,91\text{ g/kWh}$$

$C_{ee\ MMPP}$: Consumo específico del MMPP optimizado en MCR (g/kWh).

L :Carga de cada MMPP (%).

Aplicando los factores de emisión correspondientes a la máquina principal:



Gráfica 3.7: Factores de emisión de NO_x motores 4T (400 rpm)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos para un rango limitado de CORBETT-2003.

$$F_{e\ MMPP} = (-0,002 \cdot L^2 + 0,5351 \cdot L + 39,714) \cdot 10^{-3} = 0,073\text{ g}_{NOx} / \text{g}_{combustible}$$

$F_{e\ MMPP}$: Factor de emisión de la máquina principal (g_{NO_x}/g_{combustible})

L :Carga de cada MMPP (%).

Con estos datos se pueden obtener las emisiones específicas de NO_x de la máquina principal a una potencia del 100% de la siguiente forma:

$$E_{ee\ MMPP} = C_{ee\ MMPP} \cdot F_{e\ MMPP} = 176,91 \cdot 0,073 = 12,95\ g_{NOx} / kWh$$

Obtenido el resultado de la primera condición del ciclo de ensayo, para el cálculo del resto de condiciones del ciclo de ensayo se procede de la misma forma y, una vez obtenidas todas las emisiones específicas a las diferentes potencias y regímenes, se lleva a cabo el cálculo de las emisiones específicas ponderadas. A continuación se presenta un cuadro resumen de los resultados que se obtienen en este ciclo:

Tabla 3.6: Ciclo de ensayo para sistemas de "propulsión principal de régimen constante". MMPP buque modelo 2

Potencia (%)	C _{ee} (g/kWh)	Factor de emisión (gNO _x /gFO)	Emisiones específicas (gNO _x /kWh)	Factor de ponderación	Emisión específica ponderada (gNO _x /kWh)
100	176,91	0,073	12,95	0,2	11,9
75	177,62	0,069	12,18	0,5	
50	185,07	0,061	11,38	0,15	
25	199,28	0,052	10,33	0,15	

En lo referente al cumplimiento normativo, de acuerdo con el año de construcción del buque y el tipo de motor instalado, se debe aplicar lo dispuesto en el Nivel I de la regla 13 del Anexo VI de MARPOL revisado 2008, es decir, que la cantidad de óxidos de nitrógeno (calculada en forma de emisión total ponderada de NO₂) emitidos por el motor debe estar dentro de los límites que figuran a continuación, siendo n el régimen nominal del motor (revoluciones por minuto del cigüeñal):

$$E_{ee\ MMPP} = 45 \cdot n^{(-0,2)} = 45 \cdot 500^{(-0,2)} = 13\ g/kWh$$

Se puede ver que, mediante la aplicación del método que se desarrolla en este trabajo, el motor cumpliría con los límites de emisiones que establece el Convenio.

A continuación se adjuntan los datos facilitados por el propio fabricante en relación con las emisiones ponderadas de este motor para el ciclo de ensayo E2 (CAT-2010).

Como se puede comprobar, los resultados obtenidos en el cálculo desarrollado en la tesis y los que presenta el fabricante del motor principal del buque modelo 2 son prácticamente coincidentes, lo que le da un alto nivel de fiabilidad al método aplicado.

MAK

2. General data and outputs

Soot and emissions (NO_x -values)

NO_x -limit values according IMO-regulations: 12.98 g/kWh (n = 500 rpm)

Main engine: CP propeller, according to cycle E2: 11.78 g/kWh

In combination with Flex Cam Technology (FCT) (optional) the soot emission will be lower than 0.3 FSN in the operation range between 10 and 100 % load.

Emergency operation without turbocharger

Emergency operation is permissible only with MDO and up to approx. 15 % of the MCR.

Rotor dismantled: Constant speed 500 rpm, Combinator operation 360 rpm

Rotor blocked: Constant speed 500 rpm, Combinator operation 350 rpm

General installation aspect:

Indication angles of ships at which engine running must be possible:

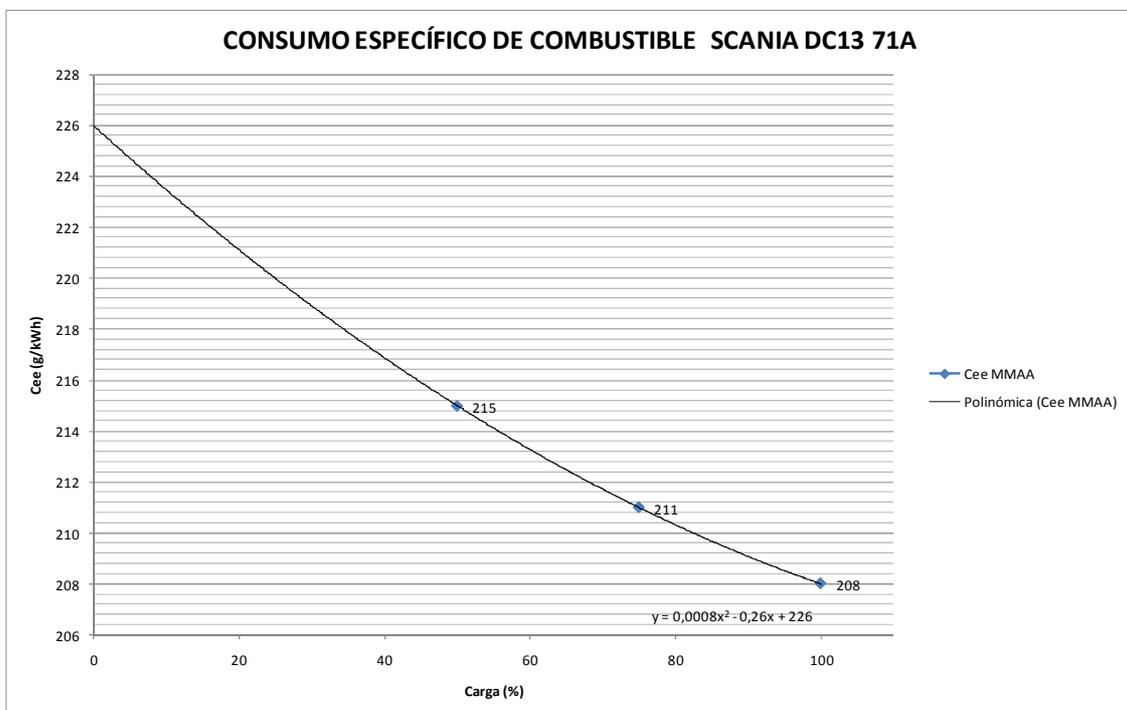
Heel to each side:	15°
Rolling to each side:	± 22.5°
Trim by head and stern:	5°
Pitching:	± 7.5°

3.2.2. Cálculo de emisiones ponderadas de los motores auxiliares del buque modelo 2 – Scania DC13 71A

Los motores auxiliares de este buque están sujetos al cumplimiento de las disposiciones del Anexo VI de MARPOL revisado 2008, en particular debe cumplir lo establecido en el párrafo 3 de la regla 13 (Nivel I), así pues, en este apartado se calcularán sus emisiones ponderadas y se comprobará si se encuentran dentro del límite recogido en la norma indicada.

Para realizar el cálculo de este apartado, igual que en el caso de la máquina principal, se debe obtener la curva de consumo específico de combustible de los motores objeto de análisis.

En este caso, se han utilizado los datos facilitados por Scania, fabricante de los motores auxiliares del buque modelo 2. Así a continuación se presenta la curva del motor DC13 71A, de 371 kW y 1800 rpm (SCANIA).



Gráfica 3.8: Consumo específico MMAA Scania DC13 71A

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos para un rango limitado de SCANIA.

Con estos datos, se aplicará el ciclo de ensayo D2 conforme al Código, correspondiente a la instalación de la planta generadora del buque.

Tabla 3.2: Ciclo de ensayo para "motores auxiliares de régimen constante"

Tipo de ciclo de ensayo D2	Velocidad	100%	100%	100%	100%	100%
	Potencia	100%	75%	50%	25%	10%
	Factor de ponderación	0,05	0,25	0,3	0,3	0,1

Fuente: IMO-2008b

Para la obtención de resultados, se desarrolla el cálculo para la primera condición potencia – régimen del ensayo y posteriormente se presentan directamente los valores obtenidos para el resto de condiciones.

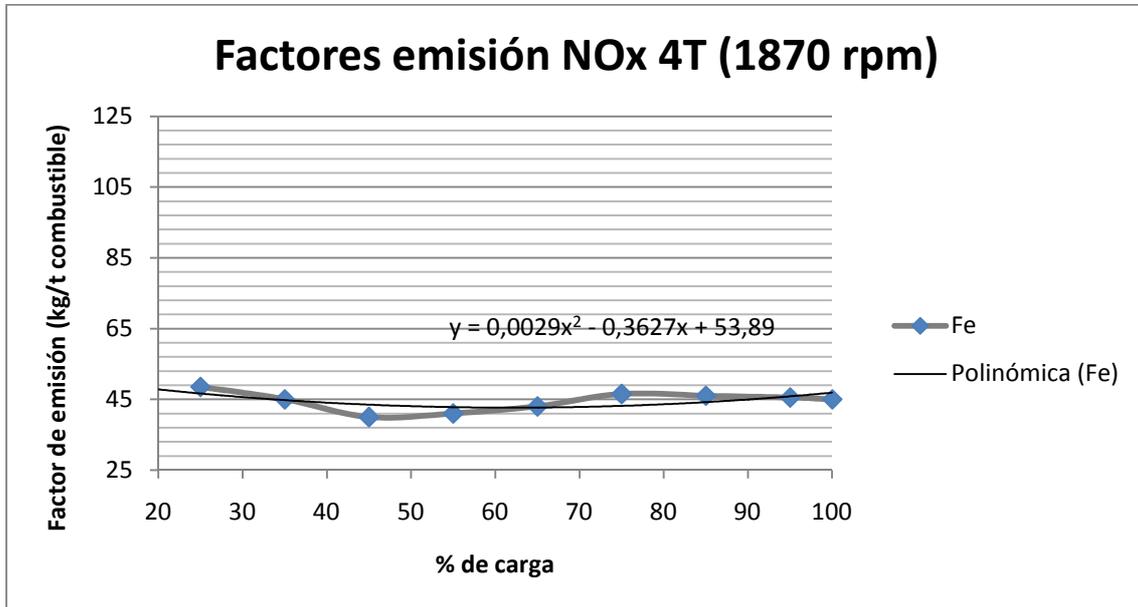
Por tanto, para la primera condición, es decir, velocidad 100%, potencia 100%, factor de ponderación 0,05, de la curva de consumo específico se obtiene el valor de consumo para una potencia del 100%:

$$C_{ee\ MMAA} = 0,0008 \cdot L^2 - 0,26 \cdot L + 226 = 0,0008 \cdot 100^2 - 0,26 \cdot 100 + 226 = 208 \text{ g/kWh}$$

$C_{ee\ MMAA}$: Consumo específico de MMAA (g/kWh).

L :Carga de cada MMAA (%).

Seguidamente, se efectúa el cálculo de los factores de emisión correspondientes al tipo de motor auxiliar del buque modelo:



Gráfica 3.9: Factores de emisión de NO_x motores 4T (1870 rpm)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos para un rango limitado de CORBETT-2003.

$$F_{e_{MMAA}} = (0,0029 \cdot L^2 - 0,3627 \cdot L + 53,89) \cdot 10^{-3} = 0,047 \text{ g}_{NOx} / \text{g}_{combustible}$$

$F_{e_{MMAA}}$: Factor de emisión de motor auxiliar (g_{NOx}/g_{combustible})

L :Carga de cada MMAA (%).

Con estos datos se pueden obtener las emisiones específicas de NO_x de la máquina auxiliar a una potencia del 100% de la siguiente forma:

$$E_{ee_{MMAA}} = C_{ee_{MMAA}} \cdot F_{e_{MMAA}} = 208 \cdot 0,047 = 9,70 \text{ g}_{NOx} / kWh$$

Obtenido el resultado de la primera condición, para el cálculo del resto de condiciones del ciclo de ensayo se procede de la misma forma y, una vez obtenidas todas las emisiones específicas a las diferentes potencias, se desarrolla el cálculo de las emisiones

específicas ponderadas. A continuación se presenta un cuadro resumen de los datos que se obtienen en este ciclo:

Tabla 3.7: Ciclo de ensayo para "motores auxiliares de régimen constante".
MMAA buque modelo 2

Potencia (%)	Cee (g/kWh)	Factor de emisión (gNOx/gFO)	Emisiones específicas (gNOx/kWh)	Factor de ponderación	Emisión específica ponderada (gNOx/kWh)
100	208,00	0,047	9,70	0,05	9,7
75	211,00	0,043	9,07	0,25	
50	215,00	0,043	9,25	0,3	
25	220,00	0,047	10,26	0,3	
10	223,48	0,051	11,30	0,1	

Finalmente, se procede a la comprobación del cumplimiento de los límites establecidos conforme a lo indicado en el primer párrafo de este apartado. La cantidad máxima de óxidos de nitrógeno viene dada por la siguiente fórmula:

$$E_{ee\ MMAA} = 45 \cdot n^{(-0,2)} = 45 \cdot 1800^{(-0,2)} = 10,0\ g/kWh$$

n : Revoluciones por minuto a régimen nominal (rpm)

Se comprueba, por tanto, que los motores auxiliares del buque modelo 2 cumplen con los límites de emisión que establece la regla 13 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

4. CÁLCULO DE EMISIONES PONDERADAS EN LOS BUQUES MODELO DE ACUERDO CON LOS CICLOS DE ENSAYO DEL CÓDIGO TÉCNICO SOBRE LOS NO_x. Software de simulación para el cálculo de emisiones

El programa de cálculo que se va a utilizar en este apartado ha sido elaborado por la DGMM (Dirección General de la Marina Mercante), junto con la Universidad de Vigo, en cuyo diseño han colaborado este doctorando y el director de la presente tesis.

Este programa permite la simulación de la realización de un ensayo de emisiones, de acuerdo con uno de los cuatro ciclos de ensayo especificados en el Código Técnico sobre los NO_x de MARPOL 73/78, para el cálculo de las emisiones específicas ponderadas de óxidos de nitrógeno (NO_x).

Además de ello, el equipo compatible con ese simulador ha sido fabricado por una empresa alemana de reconocido prestigio (TESTO AG) y se prevé que sea el primer equipo que obtenga la homologación en España por parte del único organismo competente en la emisión de homologaciones para la autorización y reconocimiento de su utilización en buques de bandera Española, la Dirección General de la Marina Mercante.

- Como parte de la validación del equipo y del software que se emplea en la tesis, se han realizado pruebas en diversos buques y puertos españoles en los que este doctorando ha participado: petroleros, remolcadores y pesqueros, tanto en navegación como en puerto. Se adjuntan pruebas realizadas en Vigo en el Anexo VIII del volumen 2.

- Asimismo, se han llevado a cabo desplazamientos a la sede de la empresa fabricante en Alemania organizados y coordinados conjuntamente por la Dirección General de la Marina Mercante y la UPC a través del director de la tesis y del doctorando de la misma, con el fin de evaluar el proceso de fabricación del equipo.

Por tanto, en este apartado se va a llevar a cabo el cálculo desarrollado en el apartado 3, pero mediante el uso del software mencionado. Así pues, se simulará la medición/cálculo de emisiones ponderadas de la máquina principal y seguidamente se

hará lo mismo con la instalación generadora, siempre aplicando el ciclo de ensayo correspondiente a la planta objeto de análisis.

A continuación se describe cómo realizar la simulación de un ensayo de emisiones mediante el programa “CÁLCULO EMISIONES NO_x MARPOL”. (U.VIGO-2006).

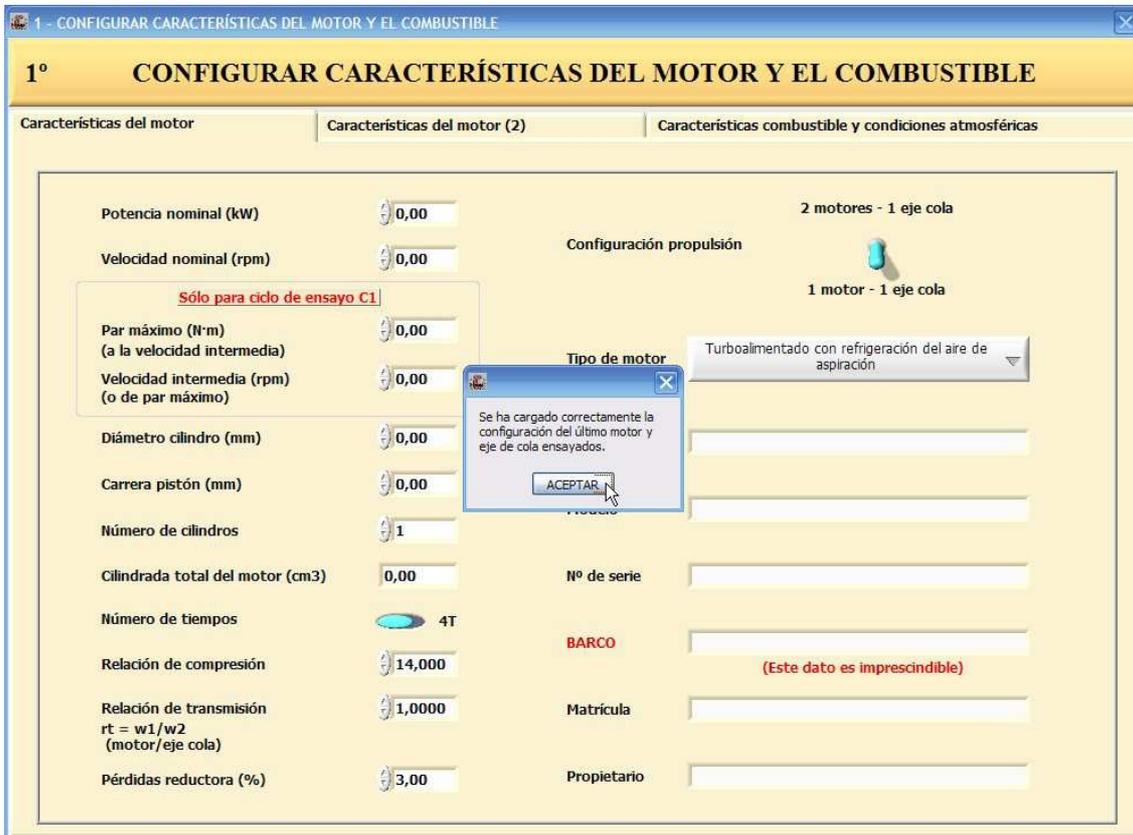
4.1. Aplicación del software “CÁLCULO DE EMISIONES NO_x MARPOL”

Esta primera etapa permite introducir las características relativas al motor y al combustible con el que se va a realizar el ensayo. Para ello hay que efectuar las siguientes acciones.

Una vez ejecutado el programa, aparecerá la siguiente pantalla:



A continuación aparecen la pantalla “CONFIGURAR CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR Y EL COMBUSTIBLE”, y una ventana de diálogo informando de que se ha cargado correctamente la configuración del último motor y eje de cola ensayados.



En primer plano aparece activa la pestaña “Características del motor”, en la que se pueden introducir parámetros referentes al motor. La siguiente pestaña es “Características del motor (2)”, que contiene diversos campos para introducir datos relativos a distintos componentes del motor objeto de ensayo, y que se utilizarán en la hoja de informe simplificado. La última pestaña es “Características combustible y condiciones atmosféricas”, en la que se puede seleccionar el combustible utilizado en el ensayo (y especificar su composición y densidad) además de introducir las condiciones atmosféricas del lugar de ensayo.

1º CONFIGURAR CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR Y EL COMBUSTIBLE

Características del motor | **Características del motor (2)** | Características combustible y condiciones atmosféricas

Potencia nominal (kW) <input type="text" value="167,00"/> Velocidad nominal (rpm) <input type="text" value="3300,00"/> Sólo para ciclo de ensayo C1 Par máximo (N·m) (a la velocidad intermedia) <input type="text" value="576,50"/> Velocidad intermedia (rpm) (o de par máximo) <input type="text" value="2200,00"/> Diámetro cilindro (mm) <input type="text" value="94,00"/> Carrera pistón (mm) <input type="text" value="100,00"/> Número de cilindros <input type="text" value="6"/> Cilindrada total del motor (cm3) <input type="text" value="4163,87"/> Número de tiempos <input type="text" value="41"/> Relación de compresión <input type="text" value="15,300"/> Relación de transmisión $r_t = w_1/w_2$ (motor/eje cola) <input type="text" value="1,0000"/> Pérdidas reductorra (%) <input type="text" value="0,1000"/>	Configuración propulsión 2 motores - 1 eje cola <input checked="" type="radio"/> 1 motor - 1 eje cola Tipo de motor <input type="text" value="Turboalimentado con refrigeración del aire de aspiración"/> Marca <input type="text" value="YAMAHA"/> Modelo <input type="text" value="ME4215T1 P2"/> Nº de serie <input type="text" value="Nº de serie"/> BARCO <input type="text" value="CFG_DEFECTO"/> (Este dato es imprescindible) Matrícula <input type="text" value="Matrícula"/> Propietario <input type="text" value="Propietario"/>
--	---

1 - CONFIGURAR CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR Y EL COMBUSTIBLE

1º CONFIGURAR CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR Y EL COMBUSTIBLE

Características del motor | **Características del motor (2)** | Características combustible y condiciones atmosféricas

BOMBA DE INYECCIÓN

Marca:

Modelo:

Nº de serie:

INTERFERIADOR

Marca:

Modelo:

Nº de serie:

REGULADOR

Marca:

Modelo:

Nº de serie:

TURBO

Marca:

Modelo:

Nº de serie:

INYECTOR

Marca:

Modelo:

1 - CONFIGURAR CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR Y EL COMBUSTIBLE

1º CONFIGURAR CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR Y EL COMBUSTIBLE

Características del motor | **Características del motor (2)** | Características combustible y condiciones atmosféricas

Temperatura ambiente (°C)

Presión atmosférica

Presión atm. normal 101,325 kPa

Humedad relativa (%)

Denominación comercial

Combustible

Denominación ISO <-> Comercial

Según ISO 8217:1996

Densidad relativa combustible (kg/dm³)

Composición del combustible elegido (según Resolución MEPC.103(49))

Hidrógeno (%) <input style="width: 50px;" type="text" value="13,60"/>	Nitrógeno (%) <input style="width: 50px;" type="text" value="0,00"/>
Carbono (%) <input style="width: 50px;" type="text" value="86,20"/>	Oxígeno (%) <input style="width: 50px;" type="text" value="0,00"/>
Azufre (%) <input style="width: 50px;" type="text" value="0,17"/>	

Observaciones

A continuación se debe proceder a simular la búsqueda y configuración de los dispositivos de medición conectados al concentrador de señales.



Una vez el sistema localice dispositivos (simulación) aparecerá la pantalla "CONFIGURACIÓN TORSIÓMETRO", que se describe a continuación.

Esta pantalla se compone de dos pestañas en las que se pueden introducir parámetros referentes al eje de cola, así como hacer el reset (ajuste de cero) del torsiómetro y el ajuste tanto del torsiómetro como del tacómetro.

La pestaña "Parámetros del eje de cola" contiene varios controles para introducir diversos parámetros referentes al eje de cola y a la banda (galga) extensométrica.

- Diámetro exterior eje (mm): diámetro exterior del eje en milímetros.
 - Diámetro interior eje (mm): diámetro interior del eje en milímetros.
- Cuando se trate de un eje macizo hay que poner este valor a cero.

- Módulo torsión eje (N/mm²): módulo de torsión del material del eje. En caso de no disponer de este dato, éste se puede calcular en función del módulo de elasticidad del material del eje (N/mm²) y del coeficiente de Poisson del material del eje, de la siguiente manera:

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

G : Módulo de torsión del material del eje (N/mm²)

E : Módulo de elasticidad del material del eje (N/mm²)

ν : Coeficiente de Poisson del material del eje.

- Factor de galga: introducir valor “Gage factor” que figura en la hoja de características del proveedor de la galga (este valor suele estar entre 2,00 y 2,10).

CONFIGURACIÓN TORSIÓMETRO

CONFIGURACIÓN TORSIÓMETRO

Parámetros del eje de cola Reset torsiómetro y ajuste torsiómetro y tacómetro

TORSIÓMETRO DETECTADO

Diámetro exterior eje (mm)

Diámetro interior eje (mm)

En caso de no disponer del módulo de torsión del eje, éste se puede calcular en función del módulo de elasticidad y del coeficiente de Poisson del eje.

Cálculo del módulo de torsión del eje (G):

$$G = E / 2(1 + \nu)$$

E => Módulo de elasticidad del eje (N / mm²)
 ν => Coeficiente de Poisson del eje

Módulo torsión eje (N / mm²)

Factor de galga Introducir valor "Gage factor" que figura en la hoja de características del proveedor de la galga

CONFIGURACIÓN TORSIÓMETRO

CONFIGURACIÓN TORSIÓMETRO

Parámetros del eje de cola Reset torsiómetro y ajuste torsiómetro y tacómetro

Con la máquina parada pulsar " Reset torsiómetro " y después " Continuar >> "

Par (kp·m) 0,24 Reset torsiómetro Borrar reset torsiómetro

Cambiar signo par OFF

Tacómetro (rpm) 0,00

Potencia (kW)
EN EJE DE COLA 0,00

Batería (V) 8,06 **Temperatura (°C)** 52,7

MANIPULAR SÓLO POR PERSONAL ESPECIALIZADO

Ajuste torsiómetro 1,0000

Ajuste tacómetro 1,0000

Error de lectura SI SE ENCIENDE EN ROJO "Error de lectura"
COMPROBAR QUE EL TORSIÓMETRO ESTÉ ENCENDIDO

Después de hacer el reset debe arrancar la máquina

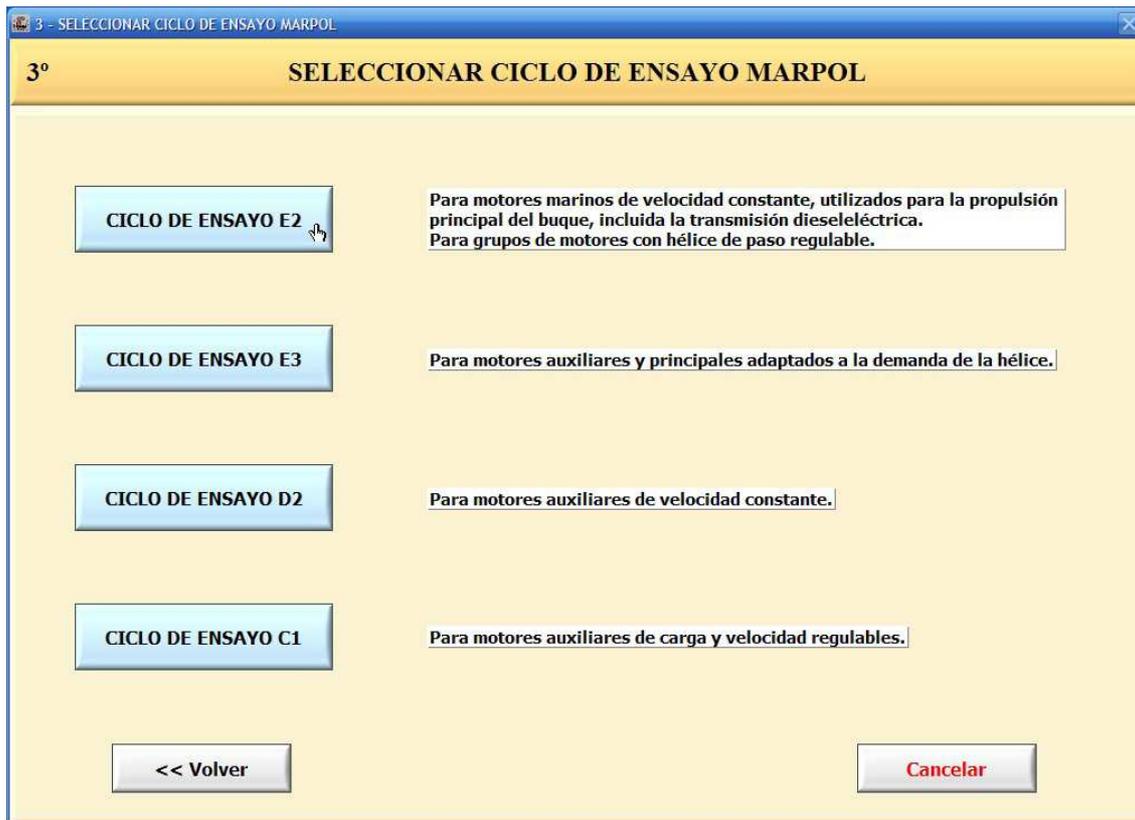
Continuar >>

El siguiente paso es la simulación de la búsqueda del caudalímetro de combustible y después la del analizador de gases.

El sistema realiza el cálculo del caudal másico de gases mediante el método de equilibrado del carbono, que entraña calcular dicho caudal másico a partir del consumo de combustible, de la composición del combustible y de las concentraciones de gases de escape, tal como se especifica en el apéndice 6 del Código sobre los NO_x.



En este punto aparece la pantalla “SELECCIONAR CICLO DE ENSAYO MARPOL”, que permite seleccionar cualquiera de los cuatro ciclos de ensayo especificados en el apartado 3.2 del Código Técnico sobre los NO_x de MARPOL 73/78.



Una vez seleccionado el ciclo de ensayo, esta fase permite la memorización de los datos necesarios para el cálculo de las emisiones específicas ponderadas de óxidos de nitrógeno (NO_x). La funcionalidad de esta pantalla es la misma para los cuatro ciclos de ensayo.

La pantalla “CICLO DE ENSAYO MARPOL” se compone de tres pestañas, que se describen a continuación:

- Pestaña “1. TEST PREVIO / MODOS CICLO”. Está dividida en dos partes:

“TEST PREVIO” y “SELECCIÓN DE MODOS DE CICLO DE ENSAYO”.

En la primera parte se puede comprobar el correcto funcionamiento del torsiómetro, tacómetro y caudalímetro. La segunda parte permite seleccionar el nº de modos (punto de funcionamiento del motor caracterizado por una potencia (o el par) y un régimen) que se van a realizar, en función de aquéllos que el motor pueda alcanzar.

En caso de que el motor no pueda alcanzar alguno de los estados de régimen y carga cabe la posibilidad de realizar un número de modos inferior a los especificados en la opción A, según lo dispuesto en la Res. MEPC.103(49). Guidelines for on-board NO_x verification procedure – Direct measurement and monitoring method”. Pero la aplicación de esta posibilidad queda sujeta a la aprobación por parte de las Administraciones.

CICLO DE ENSAYO MARPOL E2

CICLO DE ENSAYO MARPOL E2

1. TEST PREVIO / MODOS CICLO

2. ENSAYO EMISIONES

3. RESUMEN

TORSIÓMETRO

Lectura correcta ■

Timeout correcto ■

Batería torsiómetro (V)

TACÓMETRO

Régimen motor (rpm)

Régimen eje (rpm)

Relación de transmisión

CAUDALÍMETRO

Lectura correcta ■

1. Comprobar que " **Error lectura** " y " **Error timeout** " están verdes. En caso contrario, compruebe que el torsiómetro esté encendido.

2. Comprobar que " **Batería torsiómetro (V)** " es superior a 7 voltios.

Si no funciona el tacómetro, en la pantalla "2. ENSAYO EMISIONES" está situado en la esquina inferior izquierda el control " **Selección tacómetro** ". Póngalo en " **Manual** " y aparecerá al lado un marco " **Régimen (rpm)** " donde podrá introducir revoluciones manualmente.

Si el caudalímetro no mide caudales, verifique que esté correctamente conectado y pulse " **Volver a configuración** " para establecer de nuevo la conexión, o seleccione " **INT. MANUAL** " y aparecerá en la pantalla "2. ENSAYO EMISIONES" un minutímetro en el que podrá introducir el consumo específico.

Si ha corregido algún error de conexión pulse " **Volver a configuración** " para repetir la búsqueda. Si es todo correcto pase a **SELECCIÓN DE MODOS DE CICLO DE ENSAYO**.

Volver a configuración

SELECCIÓN DE MODOS DE CICLO DE ENSAYO

1º En primer lugar verifique con los indicadores de potencia y régimen si el motor puede alcanzar los distintos estados de carga y régimen de la opción A.

2º Seleccione, de acuerdo con su criterio, una de las opciones que se pueda alcanzar y, a continuación, pulse la pestaña " **ENSAYO EMISIONES** ".

OPCIÓN

		A	B	C	D	E	F	G
100%	100%							
75%	100%							
50%	100%							
25%	100%							

POTENCIA
RÉGIMEN

Pot. nominal (kW)

Potencia (kW)

Potencia (%)

Rég. nominal (rpm)

Régimen (rpm)

Régimen (%)

- Pestaña “2. ENSAYO EMISIONES”. Aquí es donde se realiza la adquisición de datos propiamente dicha y también el cálculo de las emisiones específicas ponderadas de NO_x. Consta de numerosos indicadores en los que se pueden visualizar parámetros del motor (par, potencia, régimen,...), datos proporcionados por el analizador de gases (concentraciones de gases y temperatura de escape) y emisiones específicas. Además hay varios controles para introducir datos adicionales (condiciones atmosféricas del entorno, condiciones del aire de admisión,...) y otros que permiten controlar la adquisición de datos.

CICLO DE ENSAYO MARPOL E2

1. TEST PREVIO / MODOS CICLO **2. ENSAYO EMISIONES** **3. RESUMEN**

PAR N·m **439,7**

REGIMEN (rpm) **3000**

POTENCIA kW **138,15**

Potencia (%) 77,6

Régimen (%) 90,9

Consumo esp. g/kWh **203,3**

GFUEL kg/h **28,1**

Cremallera combustible (mm) 0

Presión rel. turbo (bar) 0

Tª aire interenfriado (°C) 45

Tª ref. aire interenfriado (°C) 45

Presión escape (kPa) 101,325

Tª ambiente (°C) 25

Presión atm. (kPa) 100

Humedad relativa (%) 60

Selección tacómetro Régimen (rpm)
Automático 0

Intervalo (s) 2

ADQUISICIÓN DATOS
MODOS CICLO E2

POTENCIA 100% REGIMEN 100% M1

POTENCIA 75% REGIMEN 100% M2

POTENCIA 50% REGIMEN 100% M3

POTENCIA 25% REGIMEN 100% M1

DATOS ANALIZADOR

O2 (%) **8,76**

CO2 (%) **9,04**

CO (ppm) **363,5**

NOx (ppm) **825,8**

Tª escape (°C) **284,9**

EMISIO. ESPECÍF. (g/kWh)

O2 **438,09**

CO2 **621,35**

CO **1,59**

NOx **6,032**

GEXHW (kg/h) 695,1 EAFCD0 1,627

INICIAR

Duración lectura (s) 60

CALC. EMIS. POND.

GUARDAR DATOS

CARGAR ARCHIVO

BORRAR DATOS

CO (g/kWh) x100 1000

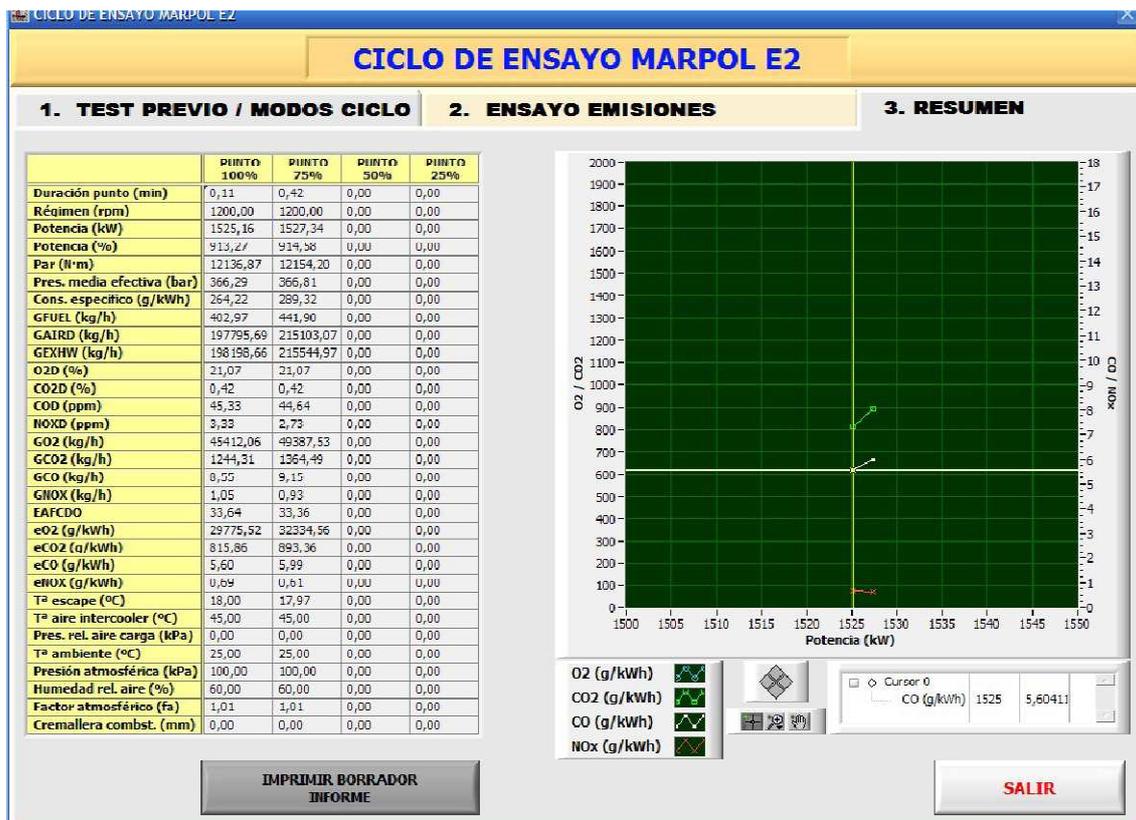
NOx (g/kWh) x100

Reset gráfica

SALIR

1. Seleccione el modo que se va a realizar con uno de los pulsadores "Mx" y espere a que se establezcan los valores de emisiones. En el indicador "Potencia (%)" se muestra el porcentaje actual de carga del motor con respecto a la potencia nominal.
2. Pulsar "INICIAR" para comenzar la adquisición de datos de emisiones.
3. Se puede finalizar la adquisición de datos de emisiones de dos maneras:
- Pulsando "PARO"
- Cuando haya transcurrido el tiempo especificado en "Duración lectura (s)".
Para realizar el siguiente modo repetir el proceso descrito desde el punto nº 1.
4. Cuando se hallan completado todos los modos pulse "CALC. EMIS. POND." para calcular las emisiones específicas ponderadas.
5. Pulse "GUARDAR DATOS" para guardar los datos de emisiones en un archivo.

- Pestaña “3. RESUMEN”. Consta de una tabla en la que aparece, para cada punto del ensayo, una parte de los datos adquiridos y calculados, una gráfica en la que se representan las emisiones específicas de óxidos de nitrógeno (NOx), oxígeno (O2), dióxido de carbono (CO2) y monóxido de carbono (CO) para cada punto, y un botón “IMPRIMIR BORRADOR INFORME”, que permite sacar por impresora un informe simplificado del ciclo de ensayo realizado.



Una vez explicada de forma simplificada el funcionamiento del programa diseñado para el cálculo de emisiones, a continuación se procede a efectuar la simulación para los buques modelo.

4.2. Cálculo de emisiones ponderadas en el buque modelo 1

4.2.1. Emisiones ponderadas del motor principal del buque modelo 1 – Man B&W 10K90MC

En este apartado se aplicará el software descrito en el apartado anterior para el cálculo de emisiones ponderadas de la máquina principal. Se utilizarán los mismos datos de máquina utilizados en el cálculo del apartado 3 para poder efectuar una comparativa en los resultados obtenidos.

El ciclo de ensayo es el ciclo E3 de acuerdo con el Cap. 3 del Código sobre los NO_x.

Tabla 4.1: Ciclo de ensayo para "motores principales y auxiliares adaptados a la demanda de la hélice"

Tipo de ciclo de ensayo E3	Velocidad	100%	91%	80%	63%
	Potencia	100%	75%	50%	25%
	Factor de ponderación	0,2	0,5	0,15	0,15

Fuente: OMI-2008b.

Tras efectuar la simulación con el programa de cálculo se obtienen los siguientes resultados relativos a las emisiones del MMPP del buque modelo 1.

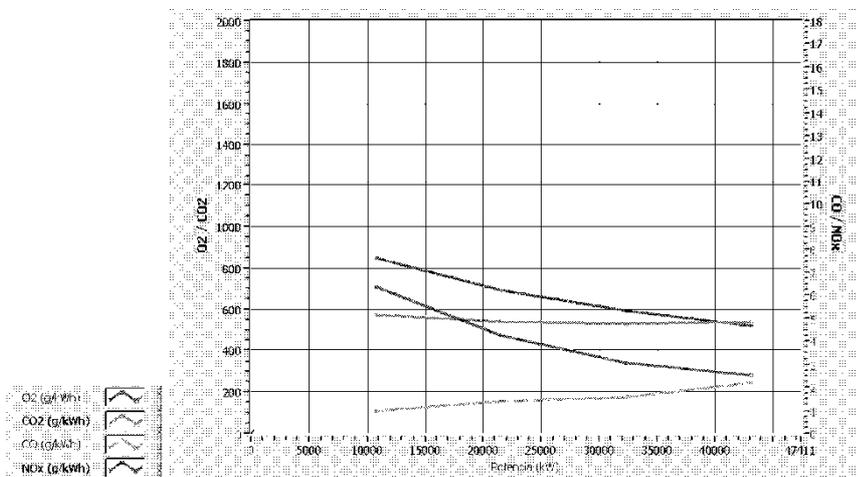
INFORME ENSAYO MARPOL - Ciclo de ensayo E2
UNIVERSIDAD DE VIGO - D. G. MARINA MERCANTE
(ESPAÑA)

Entidad:		Lugar del ensayo:		Emplazamiento:		Banco de pruebas nº:	
Marca / Modelo: MAN B&W / 16L90MC		Barco: CHUANHE - 9120798		Fecha ensayo: 16/12/2010			
Nº de serie:		Matrícula:		Hora ensayo: 12:28			
Potencia nominal: 43100,00 kW		Propietario:		Pres. atmosférica: 101,33 kPa			
Velocidad nominal: 99 1/min				Tª ambiente: 25,0 °C			
BOMBA INYECCIÓN		REGULADOR		INYECTOR / TOBERA		Humedad relativa: 80,0 %	
Marca:		Marca:		Marca:		Tª combustible: 25,0 °C	
Modelo:		Modelo:		Modelo:		Combustible: RME25 / IFO180	
Nº:		Nº:		Nº:		Factor atmosf. (Fa): 1,00	
INTERENFRIADOR		FURBO					
Marca:		Marca:					
Modelo:		Modelo:					
Nº:		Nº:					

VALORES DE EMISIONES ESPECIFICAS

	Duración modo (min.)	Potencia (kW)	Régimen (rpm)	Consumo (g/kW·h)	O2 (%)	O2 (g/kW·h)	CO2 (%)	CO2 (g/kW·h)	CO (ppm)	CO (g/kW·h)	NOx (ppm)	NOx (g/kW·h)	Tª escape (°C)
Potencia 100%	1,00	43100,00	98,80	176,47	7,30	282,46	10,11	537,64	649,62	2,20	788,08	4,68	320,38
Potencia 75%	1,00	32325,00	89,90	173,40	8,29	339,94	9,38	528,63	438,96	1,57	846,81	5,33	296,48
Potencia 50%	1,00	21550,00	79,04	176,82	9,89	473,52	8,20	539,59	332,73	1,39	844,69	6,20	241,52
Potencia 25%	1,00	10775,00	62,20	186,75	11,71	708,64	6,86	570,56	183,23	0,97	821,65	7,63	167,40

EMISIONES ESPECIFICAS PONDERADAS (g/kW·h)	357,90	534,73	1,70	5,36
VALORES MAXIMOS LEGALES (g/kW·h)				17,00



Observaciones:	
Fecha del informe: jueves, 16 de diciembre de 2010	Lugar del informe:
Por:	La Entidad Inspectora:
Nombre:	El Inspector:
Firma:	Firma:

Se comprueba, por tanto, con el cálculo efectuado mediante el programa de simulación que la máquina principal del buque modelo 1 cumple con las disposiciones del apartado 7.1 de la regla 13 del Anexo VI de MARPOL revisado 2008, es decir, con los límites de

emisión que se establecen en el apartado 7.4 de la misma regla, que para este motor son 17 g/kWh.

4.2.2. Emisiones ponderadas de los motores auxiliares del buque modelo 1 – Wartsila 6R32E

Como en el caso de la máquina principal se efectúa en este apartado el cálculo simulado de emisiones ponderadas de NO_x mediante el uso del programa “CÁLCULO DE EMISIONES NO_x MARPOL”.

Para el cálculo de emisiones ponderadas, como ya es sabido, se debe aplicar el ciclo de ensayo correspondiente a los MMAA's del buque modelo 1, por tanto, el ciclo D2 (Cap. 3 Código NO_x)

Tabla 4.2: Ciclo de ensayo para "motores auxiliares de régimen constante"

Tipo de ciclo de ensayo D2	Velocidad	100%	100%	100%	100%	100%
	Potencia	100%	75%	50%	25%	10%
	Factor de ponderación	0,05	0,25	0,3	0,3	0,1

Fuente: OMI-2008b.

Realizada la simulación se obtienen los siguientes resultados.

INFORME ENSAYO MARPOL - Ciclo de ensayo D2
UNIVERSIDAD DE VIGO - D. G. MARINA MERCANTE
(ESPAÑA)

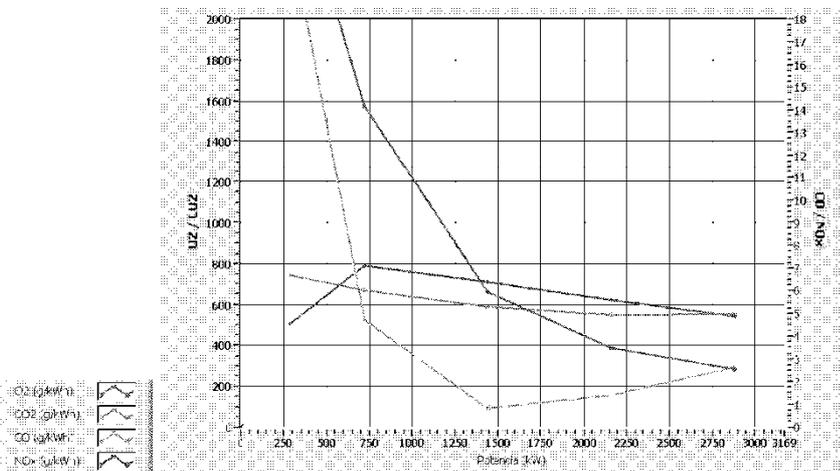
Entidad:		Lugar del ensayo:		Emplazamiento:		Banco de pruebas n°:	
Marca / Modelo: WARTSILA / 6L32		Barco: CHUANHE - 9120798		Fecha ensayo: 16/12/2010			
Nº de serie:		Matrícula:		Hora ensayo: 13:52			
Potencia nominal: 2880,00 kW		Propietario:		Pres. atmosférica: 101,33 kPa			
Velocidad nominal: 720 1/min				Tª ambiente: 25,0 °C			
BOMBA INYECCIÓN		REGULADOR		INYECTOR / TOBÉRA		Humedad relativa: 80,0 %	
Marca:		Marca:		Marca:		Tª combustible: 25,0 °C	
Modelo:		Modelo:		Modelo:		Combustible: RME25 / IFO180	
Nº:		Nº:		Nº:		Factor atmosf. (fa): 1,00	
INTERENFRIADOR		TURBO					
Marca:		Marca:					
Modelo:		Modelo:					
Nº:		Nº:					

VALORES DE EMISIONES ESPECIFICAS

	Duración modo (min.)	Potencia (kW)	Régimen (rpm)	Consumo (g/kW·h)	O ₂ (%)	O ₂ (g/kW·h)	CO ₂ (%)	CO ₂ (g/kW·h)	CO (ppm)	CO (g/kW·h)	NOx (ppm)	NOx (g/kW·h)	Tª escape (°C)
Potencia 100%	1,00	2880,00	720,00	181,92	7,17	283,14	10,21	554,15	762,62	2,63	806,19	4,88	304,16
Potencia 75%	1,00	2160,00	720,00	180,34	8,76	387,76	9,04	549,96	363,50	1,41	825,77	5,61	284,87
Potencia 50%	1,00	1440,00	720,00	192,88	11,18	661,04	7,25	589,16	161,85	0,84	702,63	6,37	230,46
Potencia 25%	1,00	720,00	720,00	219,54	14,78	1574,36	4,59	671,97	505,74	4,71	434,07	7,09	157,94
Potencia 10%	1,00	288,00	720,00	242,32	16,60	2792,55	3,21	742,18	1481,00	21,79	176,00	4,54	115,80

EMISIONES ESPECIFICAS PONDERADAS (g/kW·h): 702,69 586,28 2,31 5,99

VALORES MAXIMOS LEGALES (g/kW·h): 12,07



Observaciones:		Lugar del informe:	
Fecha del informe: jueves, 16 de diciembre de 2010		La Entidad Inspectora:	
Por:		El Inspector:	
Nombre:		Firma:	
Firma:			

Así pues, los motores auxiliares de este buque, aunque no están obligados a cumplir con las disposiciones del Anexo VI de MARPOL revisado 2008, por el año de construcción

del buque y por el tipo de motor de que se trata, cumplirían con los límites de emisión que establece la regla 13 del Anexo VI del Convenio MARPOL:

$$E_{ee\text{MMAA}} = 45 \cdot n^{(-0,2)} = 45 \cdot 720^{(-0,2)} = 12,1 \text{ g/kWh}$$

n : Revoluciones por minuto a régimen nominal (rpm)

4.3. Cálculo de emisiones ponderadas en el buque modelo 2

4.3.1. Emisiones ponderadas del motor principal del buque modelo 2 – MaK Caterpillar 8M43

Como para el buque modelo 1, se aplicará el software para el cálculo de emisiones ponderadas en la máquina principal, asimismo se utilizarán los mismos datos de máquina utilizados en el cálculo del apartado 3 para poder efectuar una comparativa en los resultados obtenidos.

El ciclo de ensayo a aplicar es el ciclo E2 (Cap. 3 Código NO_x).

Tabla 4.3: Ciclo de ensayo para sistemas de "propulsión principal de régimen constante" (incluidas la propulsión diésel-eléctrica y todas las instalaciones de hélice de paso regulable)

Tipo de ciclo de ensayo E2	Velocidad	100%	100%	100%	100%
	Potencia	100%	75%	50%	25%
	Factor de ponderación	0,2	0,5	0,15	0,15

Fuente: OMI-2008b.

Tras efectuar la simulación con el programa de cálculo se obtienen los siguientes resultados relativos a las emisiones del MMPP del buque modelo 2.

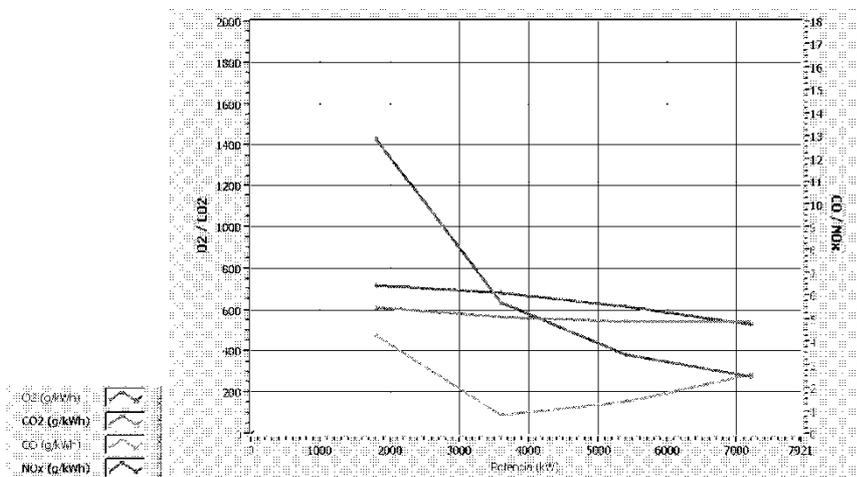
INFORME ENSAYO MARPOL - Ciclo de ensayo E2
UNIVERSIDAD DE VIGO - D. G. MARINA MERCANTE
(ESPAÑA)

Entidad:		Lugar del ensayo:		Emplazamiento:		Banco de pruebas nº:	
Marca / Modelo: MAK CATERPILLAR / 8M 43C		Barco: ENERGIZER - 9299501		Fecha ensayo: 18/01/2011			
Nº de serie:		Matrícula:		Hora ensayo: 19:49			
Potencia nominal: 7200,00 kW		Propietario:		Pres. atmosférica: 101,33 kPa			
Velocidad nominal: 500 1/min				Tª ambiente: 25,0 °C			
BOMBA INYECCIÓN		REGULADOR		INYECTOR / TOBERA		Humedad relativa: 80,0 %	
Marca:		Marca:		Marca:		Tª combustible: 25,0 °C	
Modelo:		Modelo:		Modelo:		Combustible: RME25 / IFO160	
Nº:		Nº:		Nº:		Factor atmosf. (fa): 1,00	
INTERENFRIADOR		TURBO					
Marca:		Marca:					
Modelo:		Modelo:					
Nº:		Nº:					

VALORES DE EMISIONES ESPECIFICAS

	Duración modo (min.)	Potencia (kW)	Régimen (rpm)	Consumo (g/kW·h)	O2 (%)	O2 (g/kW·h)	CO2 (%)	CO2 (g/kW·h)	CO (ppm)	CO (g/kW·h)	NOx (ppm)	NOx (g/kW·h)	Tª escape (°C)
Potencia 100%	1,00	7200,00	499,80	176,91	7,17	275,35	10,21	538,88	762,62	2,56	806,19	4,75	304,16
Potencia 75%	1,00	5400,00	499,80	177,62	8,76	381,91	9,04	541,67	363,50	1,39	825,77	5,52	284,87
Potencia 50%	1,00	3600,00	499,80	185,07	11,18	634,27	7,25	565,30	161,85	0,80	702,63	6,11	230,46
Potencia 25%	1,00	1800,00	499,80	199,28	14,78	1429,07	4,59	609,96	505,74	4,28	434,07	6,44	157,94

EMISIONES ESPECIFICAS PONDERADAS (g/kW·h)	435,56	547,16	1,82	5,41
VALORES MAXIMOS LEGALES (g/kW·h)				12,98



Observaciones:	
Fecha del informe: martes, 18 de enero de 2011	Lugar del informe:
Por:	La Entidad Inspectora:
Nombre:	El Inspector:
Firma:	Firma:

En lo referente al cumplimiento normativo, de acuerdo con el año de construcción del buque y el tipo de motor instalado, se debe aplicar lo dispuesto en el Nivel I de la regla 13 del Anexo VI de MARPOL revisado 2008, es decir, que la cantidad de óxidos de

nitrógeno (calculada en forma de emisión total ponderada de NO₂) emitidos por el motor debe estar dentro de los límites que figuran a continuación, siendo *n* el régimen nominal del motor (revoluciones por minuto del cigüeñal):

$$E_{eeMMPP} = 45 \cdot n^{(-0,2)} = 45 \cdot 500^{(-0,2)} = 13 \text{ g/kWh}$$

Se puede ver que, mediante la aplicación del simulador, el motor cumpliría con los límites de emisiones que establece el Convenio.

4.3.2. Emisiones ponderadas de los motores auxiliares del buque modelo 2 – Scania DC13 71A

Como en apartados anteriores, en este apartado se realiza el cálculo simulado de emisiones ponderadas de NO_x mediante el uso del programa “CÁLCULO DE EMISIONES NO_x MARPOL”.

Para el cálculo de emisiones ponderadas, como ya es sabido, se debe aplicar el ciclo de ensayo correspondiente a los MMAA del buque modelo 2, por tanto, el ciclo D2 (Cap. 3 Código NO_x).

Tabla 4.2: Ciclo de ensayo para "motores auxiliares de régimen constante"

Tipo de ciclo de ensayo D2	Velocidad	100%	100%	100%	100%	100%
	Potencia	100%	75%	50%	25%	10%
	Factor de ponderación	0,05	0,25	0,3	0,3	0,1

Fuente: OMI-2008b.

Realizada la simulación se obtienen los siguientes resultados.

INFORME ENSAYO MARPOL - Ciclo de ensayo D2
UNIVERSIDAD DE VIGO - D. G. MARINA MERCANTE
(ESPAÑA)

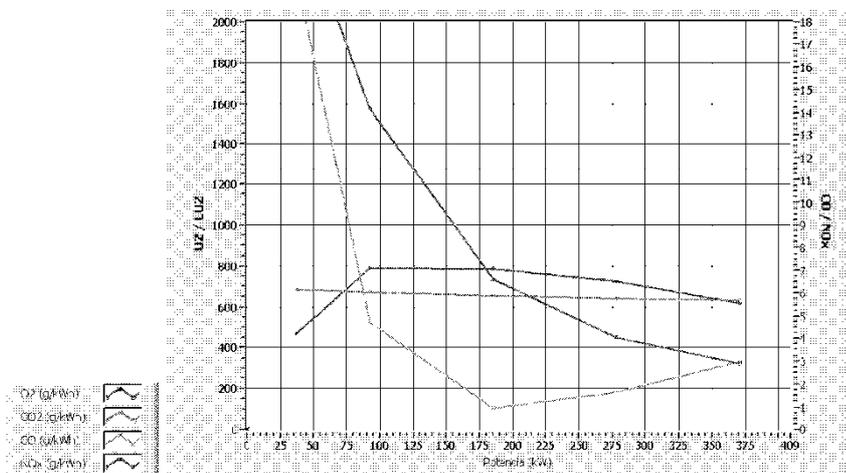
Entidad:		Lugar del ensayo:		Emplazamiento:		Banco de pruebas n.º:	
Marca / Modelo: SCANIA / DC1371A		Barco: ENERGIZER - 9299501		Fecha ensayo: 27/01/2011		Hora ensayo: 17:36	
N.º de serie:		Matrícula:		Pres. atmosférica: 101,33 kPa		Tª ambiente: 25,0 °C	
Potencia nominal: 371,00 kW		Propietario:		Tª combustible: 25,0 °C		Combustible: DMA / MGO	
Velocidad nominal: 1800 1/min				Factor atmosf. (fa): 1,00			
BOMBA INYECCIÓN		REGULADOR		INYECTOR / TOBERA			
Marca:	Modelo:	Marca:	Modelo:	Marca:	Modelo:		
N.º:	N.º:	N.º:	N.º:				
INTERENFRIADOR		TURBO					
Marca:	Modelo:	Marca:	Modelo:				
N.º:	N.º:						

VALORES DE EMISIONES ESPECIFICAS

	Duración modo (min.)	Potencia (kW)	Régimen (rpm)	Consumo (g/kW·h)	CO ₂ (%)	CO ₂ (g/kW·h)	CO ₂ (%)	CO ₂ (g/kW·h)	CO (ppm)	CO (g/kW·h)	NOx (ppm)	NOx (g/kW·h)	Tª escape (°C)
Potencia 100%	1,00	371,00	1800,00	208,00	7,17	322,58	10,21	631,33	762,62	3,00	806,19	5,56	304,16
Potencia 75%	1,00	278,25	1800,00	211,00	8,76	452,30	9,04	641,51	363,50	1,64	825,77	6,54	284,87
Potencia 50%	1,00	185,50	1800,00	215,00	11,18	735,18	7,25	655,24	161,85	0,93	702,63	7,09	230,46
Potencia 25%	1,00	92,75	1800,00	220,00	14,78	1575,83	4,59	672,60	505,74	4,72	434,07	7,10	157,94
Potencia 10%	1,00	37,10	1800,00	223,48	16,60	2573,67	3,21	684,00	1481,00	20,09	176,00	4,19	115,80

EMISIONES ESPECIFICAS PONDERADAS (g/kW·h): 751,61 630,62 2,44 6,65

VALORES MAXIMOS LEGALES (g/kW·h): 10,05



Observaciones:		Lugar del informe:	
Fecha del informe: Jueves, 27 de enero de 2011		La Entidad Inspectora:	
Por:		El Inspector:	
Nombre:		Firma:	
Firma:		Firma:	

De los resultados obtenidos con el simulador, comprobamos que la cantidad de NO_x procedentes de cada MMAA de la planta generadora cumple las disposiciones correspondientes del Anexo VI de MARPOL revisado 2008, por tanto, cumple con los

límites de emisión que establece la regla 13 (Nivel I), los cuáles se determinan por la siguiente fórmula:

$$E_{eeMMAA} = 45 \cdot n^{(-0,2)} = 45 \cdot 1800^{(-0,2)} = 10 \text{ g/kWh}$$

n : Revoluciones por minuto a régimen nominal (rpm)

5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Resultados de emisiones de NO_x obtenidos en los buques modelo en la operación en puerto

Características del Buque				Máquina Principal			Planta Generadora					Datos Escalas				Emisiones MMPP en Navegación Puerto						Emisiones MMAA en Navegación Puerto				Emisiones MMAA Estancia en Puerto			Emisiones de NOx en Puerto			
IMO	Nombre	Desplaz. (t)	DWT (t)	Potencia Propulsora MCR (kW)	Tipo de MMPP	rpm	Nº de MMPP	Potencia Total MCR Motores Aux. (kW)	Potencia Total indicada Motores Aux. (kW)	Potencia por GENERADOR (kW)	Tipo de MMAA	Nº de MMAA	Nº de Escalas en Puerto BCN	Tiempo maniobra entrada (h)	Tiempo maniobra salida (h)	Tiempo medio de escala (h)	Consumo específico combustible maniobra entrada MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal de entrada	Emisiones de NOx maniobra entrada MMPP (kg)	Consumo específico combustible maniobra salida MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal de salida	Emisiones de NOx maniobra salida MMPP (kg)	% Carga MMAA en maniobra	Consumo específico combustible maniobra MMAA (g/kWh)	Nº MMAA operativos en maniobra	Emisiones de NOx maniobra MMAA (kg)	% Carga MMAA en puerto	Consumo específico combustible puerto MMAA (g/kWh)	Nº MMAA operativos en puerto	Emisiones de NOx puerto MMAA (kg) por escala	Emisiones de NOx por escala (kg)	Emisiones de NOx por buque durante el año 2009 (kg)
9120738	CHUANHE	93806	69285	43100	2T	82	1	9720	10231,58	2280	4T	4	6	1,25	1,25	16,60	186,37	10	149,30	187,81	8	124,09	47,00	202,38	2,00	64,07	70	188,54	1	240,65	578,10	3468,63
9299501	ENERGIZER	13603	9500	7300	4T	500	1	1113	1171,58	1*1000, 3*350	4T	3	16	1,25	1,25	17,04	185,88	10	7,61	186,45	8	5,97	47,00	202,89	2,00	9,81	70	197,71	1	39,74	63,13	1010,08

5.2. Resultados de emisiones de NO_x obtenidos en los buques que hicieron escala en 2009 durante la operación en puerto

Se presenta a continuación un resumen de la hoja de cálculo utilizada para la obtención de las emisiones de NO_x procedentes de los portacontenedores que hicieron escala en el puerto de Barcelona durante el año 2009.

Se presentan únicamente los datos principales, puede consultarse la hoja de cálculo con mayor cantidad de información en el Anexo I, volumen 2.

Características del Buque				Máquina principal			Planta Generadora					Datos Escalas				Emisiones MMPP en Navegación Puerto					Emisiones MAA en Navegación Puerto				Emisiones MAA Estancia en Puerto			Emisiones de Nox en Puerto				
IMO	Nombre	Desplaz. (t)	DWT (t)	Potencia Propulsora MCR (kW)	Tipo de MMPP	rpm	Nº de MMPP	Potencia Total MCR Motores Aux. (kW)	Potencia Total indicada Motores Aux. (kW)	Potencia por GENERADOR (kW)	Tipo de MAA	Nº de MAA	Nº de Escalas en Puerto BCN	Tiempo maniobra entrada (h)	Tiempo maniobra salida (h)	Tiempo medio de escala (h)	Consumo específico combustible maniobra entrada MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de entrada	Emisiones de NOx maniobra MMPP (kg)	Consumo específico combustible maniobra salida MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de salida	Emisiones de NOx maniobra MMPP (kg)	% Carga MAA en maniobra	Consumo específico combustible MAA (g/kWh)	Nº MAA operativos en maniobra	Emisiones de NOx maniobra MAA (kg)	% Carga MAA en puerto	Consumo específico combustible MAA (g/kWh)	Nº MAA operativos en puerto	Emisiones de NOx MAA (kg) por escala	Emisiones de NOx por buque durante el año 2009 (kg)	
9401116	MSC FRANCESA	174929	131356	88640	2T	94	1	13330	14031.58	2666	4T	5	1	1.25	1.25	22.20	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	70.30	70	188.54	1	369.87	874.56	874.56
9320257	GEORG MAERSK	156301	115700	88658	2T	100	1	6840	7200.00		4T	3	4	1.25	1.25	22.70	186.37	10	237.83	187.81	8	197.68	47.00	202.38	2.00	60.12	70	188.54	1	323.47	819.09	3276.37
9320245	GERD MAERSK	156301	115700	88658	2T	100	1	6840	7200.00		4T	3	4	1.25	1.25	19.42	186.37	10	237.83	187.81	8	197.68	47.00	202.38	2.00	60.12	70	188.54	1	270.90	766.52	3066.06
9302891	GUINOR MAERSK	156301	115700	68640	2T	102	1	13750	14473.68	12950, 33600, 16000	4T	4	3	1.25	1.25	23.72	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	90.64	70	188.54	1	512.37	1038.40	3115.20
9302889	GRETE MAERSK	156301	115700	68640	2T	102	1	13750	14473.68	12950, 33600, 16000	4T	4	4	1.25	1.25	23.09	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	90.64	70	188.54	1	497.05	1023.07	4992.30
9302877	GUIDRUN MAERSK	156301	115700	68640	2T	102	1	13750	14473.68	12950, 33600, 16000	4T	4	4	1.25	1.25	18.92	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	90.64	70	188.54	1	396.55	922.58	3690.31
9359052	MATHILDE MAERSK	154524	116100	68640	2T	102	1	10800	11368.42	3600	4T	3	1	1.25	1.25	24.68	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	94.92	70	188.54	1	560.90	1091.21	1091.21
9359026	MAREN MAERSK	154382	115983	68640	2T	102	1	10800	11368.42	33600, 16000	4T	3	4	1.25	1.25	19.24	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	94.92	70	188.54	1	423.31	953.62	3814.46
9359014	MARCHEN MAERSK	154382	115983	68640	2T	102	1	10800	11368.42	33600, 16000	4T	3	4	1.25	1.25	20.68	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	94.92	70	188.54	1	459.76	990.07	3960.27
9359002	MARGRETHE MAERSK	154382	115983	68640	2T	102	1	10800	11368.42	33600, 16000	4T	3	4	1.25	1.25	19.02	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	94.92	70	188.54	1	417.72	948.03	3792.13
9359038	METTE MAERSK	154382	115983	68640	2T	102	1	10800	11368.42	3600	4T	3	3	1.25	1.25	19.12	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	94.92	70	188.54	1	420.29	950.60	2351.79
9359040	MARIT MAERSK	154382	115983	67700	2T	102	1	10800	11368.42	3600	4T	3	3	1.25	1.25	20.15	186.37	10	234.51	187.81	8	194.92	47.00	202.38	2.00	94.92	70	188.54	1	446.27	970.62	2311.86
9336046	MSC SINDY	148926	111894	88519	2T	104	1	11800	12421.05	2950	4T	4	1	1.25	1.25	18.20	186.37	10	237.35	187.81	8	197.28	47.00	202.38	2.00	77.78	70	188.54	1	325.29	837.70	837.70
9304447	MSC ROMA	147249	110634	88490	2T	104	1	10800	11368.42	2700	4T	4	1	1.25	1.25	24.68	186.37	10	237.24	187.81	8	197.19	47.00	202.38	2.00	71.19	70	188.54	1	420.67	926.30	926.30
9469960	NORTHERN JASPER	146885	108804	57000	2T	104	1	13440	14147.37	3360	4T	4	2	1.25	1.25	46.24	186.37	10	197.44	187.81	8	164.11	47.00	202.38	2.00	88.69	70	188.54	1	1032.25	1482.40	2964.81
9342516	MAERSK ALFIRK	146939	110401	68640	2T	102	1	11520	12126.32	2750	4T	4	3	1.25	1.25	26.11	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	75.94	70	188.54	1	477.48	988.81	2966.43
9342504	MAERSK ANTARES	146939	110401	68640	2T	102	1	11520	12126.32	2750	4T	4	3	1.25	1.25	23.81	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	75.94	70	188.54	1	430.96	942.29	2826.56
9342499	MAERSK ALTAR	146939	110401	68640	2T	102	1	11520	12126.32	2750	4T	4	4	1.25	1.25	26.24	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	75.94	70	188.54	1	480.15	991.48	3965.92
9314238	CSCL LONG BEACH	146939	110401	68520	2T	104	1	11520	12126.32	2740	4T	4	1	1.25	1.25	24.95	186.37	10	237.35	187.81	8	197.28	47.00	202.38	2.00	75.94	70	188.54	1	454.11	964.68	964.68
9314246	XIN BEIJING	146939	110401	68520	2T	104	1	11520	12126.32	42750	4T	4	1	1.25	1.25	26.28	186.37	10	237.35	187.81	8	197.28	47.00	202.38	2.00	75.94	70	188.54	1	481.08	991.65	991.65
9314222	XIN HONG KONG	146939	110401	68520	2T	104	1	11520	12126.32	42750	4T	4	1	1.25	1.25	18.15	186.37	10	237.35	187.81	8	197.28	47.00	202.38	2.00	75.94	70	188.54	1	316.56	827.13	827.13
9260445	ARTHUR MAERSK	146777	109000	63036	2T	100	1	10365	10910.53	33455, 22590	4T	3	1	1.25	1.25	19.18	186.37	10	216.35	187.81	8	181.49	47.00	202.38	2.00	91.10	70	188.54	1	404.84	895.78	895.78
9260433	ARNOLD MAERSK	146777	109000	63031	2T	102	1	10365	10910.53	33455, 22590	4T	3	2	1.25	1.25	24.99	186.37	10	216.34	187.81	8	181.47	47.00	202.38	2.00	91.10	70	188.54	1	545.79	1036.69	2073.39
9309459	MSC SILVANA	145850	107964	61642	2T	104	1	11800	12421.05		4T	4	4	1.25	1.25	24.18	186.37	10	213.52	187.81	8	177.48	47.00	202.38	2.00	77.78	70	188.54	1	449.26	918.05	3672.18
9309461	MSC TOMOKO	145784	107915	68520	2T	104	1	11800	12421.05	2950	4T	4	3	1.25	1.25	19.73	186.37	10	237.35	187.81	8	197.28	47.00	202.38	2.00	77.78	70	188.54	1	356.95	869.36	2608.07
9309473	MSC HEDI	145757	107895	68520	2T	104	1	12000	12631.58	3000	4T	4	5	1.25	1.25	25.88	186.37	10	237.35	187.81	8	197.28	47.00	202.38	2.00	79.10	70	188.54	1	492.63	1006.36	5031.78
9299551	MSC VITTORIA	139472	105101	68640	2T	102	1	9000	9473.68	2250	4T	4	5	1.25	1.25	34.36	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	59.33	70	188.54	1	503.48	998.19	4990.96
9299525	MSC TORONTO	139449	105084	61800	2T	102	1	9000	9473.68		4T	4	4	1.25	1.25	22.24	186.37	10	214.07	187.81	8	177.93	47.00	202.38	2.00	59.33	70	188.54	1	311.93	763.26	2289.78
9299099	MSC BELING	138383	105034	61800	2T	102	1	9000	9473.68		4T	4	1	1.25	1.25	23.60	186.37	10	214.07	187.81	8	177.93	47.00	202.38	2.00	59.33	70	188.54	1	333.44	784.77	784.77
9299537	MSC CHARLESTON	136357	105014	61800	2T	102	1	9000	9473.68		4T	4	1	1.25	1.25	25.50	186.37	10	214.07	187.81	8	177.93	47.00	202.38	2.00	59.33	70	188.54	1	363.47	814.79	814.79
9289128	MSC MAEVA	136347	105007	68640	2T	102	1	9000	9473.68	2250	4T	4	4	1.25	1.25	25.63	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	59.33	70	188.54	1	368.60	863.32	3453.26
9289104	MSC LUCY	136277	104854	68666	2T	102	1	9000	9473.68	2250	4T	4	1	1.25	1.25	26.88	186.37	10	237.85	187.81	8	197.70	47.00	202.38	2.00	59.33	70	188.54	1	385.33	880.21	880.21
9301483	MSC PARIS	136367	102761	68639	2T	94	1	9000	9473.68	2250	4T	4	1	1.25	1.25	26.57	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	59.33	70	188.54	1	380.32	875.03	875.03
9301495	MSC BILBAO	136364	102759	68639	2T	94	1	9000	9473.68		4T	4	3																			

Características del Buque				Máquina principal			Planta Generadora				Datos Escalas				Emisiones MMPP en Navegación Puerto					Emisiones MAA en Navegación Puerto				Emisiones MAA Estancia en Puerto			Emisiones de Nox en Puerto					
IMO	Nombre	Desplaz. (t)	DWT (t)	Potencia Propulsora MCR (KW)	Tipo de MMPP	rpm	Nº de MMPP	Potencia Total Motores Aux. (KW)	Potencia Total indicada Motores Aux. (KW)	Potencia por GENERADOR (KW)	Tipo de MAA	Nº de MAA	Nº de Escalas en Puerto BCN	Tiempo maniobra entrada (h)	Tiempo maniobra salida (h)	Tiempo medio de escala (h)	Consumo específico combustible maniobra entrada MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de entrada	Emisiones de NOx MMPP (kg)	Consumo específico combustible maniobra salida MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de salida	Emisiones de NOx MMPP (kg)	% Carga MAA en maniobra	Consumo específico combustible MAA (g/kWh)	Nº MAA operativos en maniobra	Emisiones de NOx MAA (kg)	% Carga MAA en puerto	Consumo específico combustible MAA (g/kWh)	Nº MAA operativos en puerto	Emisiones de NOx MAA (kg) por escala	Emisiones de NOx por escala (kg)	Emisiones de NOx por buque durante el año 2009 (kg)
9286009	CSCOL OCEANIA	134942	101612	68490	2T	104	1	11520	12126.32	2700	4T	4	3	1.25	1.25	25.76	186.37	10	237.24	187.81	8	197.19	47.00	202.38	2.00	75.94	70	188.54	1	470.40	880.78	2942.34
9318101	CMA CGM DON PASQUALE	134663	101477	68647	2T	94	1	13010	13694.74	2'2866, 3'2346	4T	5	1	1.25	1.25	23.08	186.37	10	237.79	187.81	8	197.64	47.00	202.38	2.00	68.61	70	188.54	1	376.16	880.20	880.20
9279989	MSC STELLA	114104	85680	57075	2T	104	1	8400	8842.11	2100	4T	4	2	1.25	1.25	13.02	186.37	10	197.70	187.81	8	164.33	47.00	202.38	2.00	55.37	70	188.54	1	155.11	572.52	1145.03
9401283	CMA CGM FLAUBERT	114032	85626	57199	2T	94	1	8744	9204.21	2186	4T	4	1	1.25	1.25	17.10	186.37	10	198.13	187.81	8	164.68	47.00	202.38	2.00	57.64	70	188.54	1	224.16	644.61	644.61
9225677	MSC LUISA	113613	85927	57100	2T	104	1	8600	9366.42	2225	4T	4	1	1.25	1.25	12.47	186.37	10	197.79	187.81	8	164.40	47.00	202.38	2.00	58.67	70	188.54	1	155.75	576.61	576.61
9226920	MSC MARIANNA	113531	85250	57100	2T	104	1	8400	8842.11	2100	4T	4	1	1.25	1.25	10.42	186.37	10	197.79	187.81	8	164.40	47.00	202.38	2.00	55.37	70	188.54	1	116.77	534.33	534.33
9226916	MSC MELISSA	113531	85250	57100	2T	104	1	8400	8842.11	2100	4T	4	1	1.25	1.25	14.60	186.37	10	197.79	187.81	8	164.40	47.00	202.38	2.00	55.37	70	188.54	1	178.47	596.03	596.03
9252553	BANGKOK EXPRESS	112639	85810	57075	2T	104	1	10200	10736.84	2'3400,	4T	4	2	1.25	1.25	23.31	186.37	10	197.70	187.81	8	164.33	47.00	202.38	2.00	67.24	70	188.54	1	372.67	801.94	1603.88
9252541	LOS ANGELES EXPRESS	112639	85810	57075	2T	104	1	10200	10736.84	2'3400,	4T	4	2	1.25	1.25	18.70	186.37	10	197.70	187.81	8	164.33	47.00	202.38	2.00	67.24	70	188.54	1	290.14	719.41	1438.81
9251705	MSC FLORENTINA	112639	85810	57075	2T	104	1	8400	8842.11	2100	4T	4	1	1.25	1.25	13.62	186.37	10	197.70	187.81	8	164.33	47.00	202.38	2.00	55.37	70	188.54	1	163.96	581.37	581.37
9152284	MSC SWAZILAND	109181	82275	52960	2T	94	1	8940	9410.53	2235	4T	4	3	1.25	1.25	23.96	186.37	10	183.45	187.81	8	152.48	47.00	202.38	2.00	58.93	70	188.54	1	336.89	731.75	2195.24
9168324	MSC ZAMBIA	109043	82171	52960	2T	94	1	8400	8842.11	4'2100, 11'500	4T	4	3	1.25	1.25	23.90	186.37	10	183.45	187.81	8	152.48	47.00	202.38	2.00	55.37	70	188.54	1	315.64	706.94	2120.81
9306287	PUELCHÉ	108195	81243	57075	2T	104	1	9360	9852.63	2340	4T	4	1	1.25	1.25	23.35	186.37	10	197.70	187.81	8	164.33	47.00	202.38	2.00	61.70	70	188.54	1	342.67	766.40	766.40
9162497	MSC BOTSWANA	108181	81819	53328	2T	94	1	9947	10470.53	11'547, 11'500	4T	5	4	1.25	1.25	25.21	186.37	10	184.72	187.81	8	153.54	47.00	202.38	2.00	52.46	70	188.54	1	317.35	708.07	2832.28
9162465	MSC LESOTHO	108181	81819	53300	2T	94	1	8400	8842.11	4'2100, 11'500	4T	4	3	1.25	1.25	27.67	186.37	10	184.63	187.81	8	153.46	47.00	202.38	2.00	55.37	70	188.54	1	371.19	764.65	2293.94
9312755	HANJIN XIAMEN	107678	80855	68666	2T	102	1	6840	7200.00	2280	4T	3	1	1.25	1.25	27.77	186.37	10	237.85	187.81	8	197.70	47.00	202.38	2.00	60.12	70	188.54	1	404.61	900.28	900.28
9347437	HANJIN SHENZHEN	107678	80855	68640	2T	102	1	6840	7200.00	2280	4T	3	1	1.25	1.25	31.25	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	60.12	70	188.54	1	460.39	955.89	955.89
9312767	HANJIN TIANJIN	107678	80855	68640	2T	102	1	6840	7200.00	2280	4T	3	1	1.25	1.25	34.72	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	60.12	70	188.54	1	515.90	1011.41	1011.41
9312779	HANJIN BREMERHAVEN	107678	80855	68640	2T	102	1	6840	7200.00	2280	4T	3	1	1.25	1.25	23.28	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	60.12	70	188.54	1	332.81	828.32	828.32
9347425	HANJIN MUMBAI	107678	80855	68620	2T	102	1	6840	7200.00	2280	4T	3	1	1.25	1.25	24.37	186.37	10	237.35	187.81	8	197.28	47.00	202.38	2.00	60.12	70	188.54	1	350.16	844.91	844.91
9312949	HANJIN PORT KELANG	107619	80811	68620	2T	102	1	6840	7200.00	2280	4T	3	1	1.25	1.25	19.13	186.37	10	237.35	187.81	8	197.28	47.00	202.38	2.00	60.12	70	188.54	1	266.36	781.10	781.10
9300415	EVER SMILE	107537	78796	54942	2T	100	1	12360	13010.53	2900	4T	3	2	1.25	1.25	18.23	186.37	10	190.32	187.81	8	158.19	47.00	202.38	2.00	108.63	70	188.54	1	455.27	912.41	1824.81
9267837	NYK PEGASUS	106521	80270	64200	2T	100	1	14000	14736.84	2800	4T	5	6	1.25	1.25	24.01	186.37	10	222.38	187.81	8	184.84	47.00	202.38	2.00	73.83	70	188.54	1	423.09	904.14	5424.84
9229324	NYK LYNX	106382	77950	68640	2T	102	1	11768	12387.37	4'2800, 11'4003	4T	4	2	1.25	1.25	45.47	186.37	10	237.76	187.81	8	197.62	47.00	202.38	2.00	77.57	70	188.54	1	887.82	1400.78	2801.57
9222273	CMA CGM BALZAC	104555	77941	68620	2T	104	1	8400	8842.11	2600	4T	3	2	1.25	1.25	29.76	186.37	10	237.35	187.81	8	197.28	47.00	202.38	2.00	73.83	70	188.54	1	536.06	1044.51	2089.02
9389758	MSC FIAMMETTA	101799	73355	51535	2T	94	1	9200	9694.21	2300	4T	4	8	1.25	1.25	14.83	186.37	10	178.51	187.81	8	148.38	47.00	202.38	2.00	60.65	70	188.54	1	199.10	586.63	4693.06
9335185	COSCO NEW YORK	99128	68235	41130	2T	104	1	6400	6736.84	1600	4T	4	3	1.25	1.25	18.74	186.37	10	142.47	187.81	8	118.42	47.00	203.77	2.00	42.48	70	193.61	1	187.39	490.76	1472.28
9302580	MSC OLGA	98883	68135	41107	2T	104	1	7560	7957.89	1890	4T	4	3	1.25	1.25	14.53	186.37	10	142.39	187.81	8	118.35	47.00	202.38	2.00	49.83	70	188.54	1	189.66	470.24	1410.72
9302566	MSC BENEDETTA	98870	68126	41130	2T	104	1	7560	7957.89	1890	4T	4	3	1.25	1.25	13.89	186.37	10	142.47	187.81	8	118.42	47.00	202.38	2.00	49.83	70	188.54	1	151.18	461.91	1385.72
9322499	ITAL LUNARE	98800	69009	41130	2T	104	1	7200	7578.95	1800	4T	4	1	1.25	1.25	22.05	186.37	10	142.47	187.81	8	118.42	47.00	202.38	2.00	47.46	70	188.54	1	247.16	555.51	555.51
9332884	HYUNDAI LONG BEACH	97903	72982	64199	2T	94	1	10120	10652.63	2024	4T	5	5	1.25	1.25	22.08	186.37	10	222.38	187.81	8	184.94	47.00	202.38	2.00	53.37	70	188.54	1	278.29	738.80	3694.39
9332860	APL HAMBURG	97903	72982	62920	2T	94	1	10120	10652.63	2024	4T	5	2	1.25	1.25	20.43	186.37	10	217.95	187.81	8	181.15	47.00	202.38	2.00	53.37	70	188.54	1	294.81	707.29	1414.57
9332858	APL ROTTTERDAM	97903	72982	62920	2T	94	1	10120	10652.63	2024	4T	5	1	1.25	1.25	16.48	186.37	10	217.95	187.81	8	181.15	47.00	202.38	2.00	53.37	70	188.54	1	198.78	651.25	651.25
9332846	APL LONDON	97903	72982	62920	2T	94	1	10120	10652.63	2024	4T	5	2	1.25	1.25	20.24	186.37	10</														

Características del Buque				Máquina principal				Planta Generadora				Datos Escalas				Emisiones MMPP en Navegación Puerto					Emisiones MMAA en Navegación Puerto				Emisiones MMAA Estancia en Puerto			Emisiones de Nox en Puerto				
IMO	Nombre	Desplaz. (t)	DWT (t)	Potencia Propulsora MCR (kW)	Tipo de MMPP	rpm	Nº de MMPP	Potencia Total MCR Motores Aux. (kW)	Potencia Total Motores Aux. (kW)	Potencia por GENERADOR (kW)	Tipo de MMAA	Nº de MMAA	Nº de Escalas en Puerto BCN	Tiempo maniobra entrada (h)	Tiempo maniobra salida (h)	Tiempo medio de escala (h)	Consumo específico combustible maniobra entrada MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de entrada	Emisiones de Nox maniobra entrada MMPP (kg)	Consumo específico combustible maniobra salida MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de salida	Emisiones de Nox maniobra salida MMPP (kg)	% Carga MMAA en maniobra	Consumo específico combustible maniobra MMAA (g/kWh)	Nº MMAA operativos en maniobra	Emisiones de Nox maniobra MMAA (kg)	% Carga MMAA en puerto	Consumo específico combustible puerto MMAA (g/kWh)	Nº MMAA operativos en puerto	Emisiones de Nox puerto MMAA (kg) por escala	Emisiones de Nox por escala (kg)	Emisiones de Nox por buque durante el año 2008 (kg)
9280615	CMA CGM MOZART	97614	73235	57075	2T	104	1	8100	8526.32	3'2700, 1'2100	4T	3	5	1.25	1.25	19.04	186.37	10	197.70	187.81	8	164.33	47.00	202.38	2.00	71.19	70	186.54	1	313.59	746.81	3734.07
9280603	CMA CGM CHOPIN	97614	73235	57075	2T	104	1	8100	8526.32	3'2700, 1'2100	4T	3	5	1.25	1.25	18.06	186.37	10	197.70	187.81	8	164.33	47.00	202.38	2.00	71.19	70	186.54	1	295.01	728.23	3641.15
9280598	CMA CGM BELLINI	97614	73235	57075	2T	104	1	8100	8526.32	3'2700, 1'2100	4T	3	5	1.25	1.25	14.24	186.37	10	197.70	187.81	8	164.33	47.00	202.38	2.00	71.19	70	186.54	1	222.63	655.85	3279.26
9289904	ZIM HAIFA	97244	69938	43920	2T	100	1	7200	7578.95	1800	4T	4	1	1.25	1.25	23.88	186.37	10	192.14	187.81	8	126.45	47.00	202.38	2.00	47.46	70	186.54	1	270.33	596.38	596.38
9282974	ZIM SAVANNAH	97242	69937	45764	2T	102	1	7200	7578.95	1800	4T	4	1	1.25	1.25	14.63	186.37	10	192.52	187.81	8	131.76	47.00	202.38	2.00	47.46	70	186.54	1	153.39	491.14	491.14
9279977	MSC POH LIN	97023	66786	41107	2T	104	1	7080	7452.63	1770	4T	4	8	1.25	1.25	12.98	186.37	10	142.39	187.81	8	118.35	47.00	203.77	2.00	46.99	70	193.61	1	133.00	441.54	3532.29
9290452	OCTAVIA	96609	66501	45778	2T	102	1	7380	7768.42	2'1990, 2'1700	4T	4	2	1.25	1.25	22.53	186.37	10	198.57	187.81	8	131.80	47.00	202.38	2.00	48.65	70	186.54	1	259.60	598.62	1197.24
9290440	BELLAVIA	96576	66478	45778	2T	102	1	7380	7768.42	2'1990, 2'1700	4T	4	5	1.25	1.25	17.30	186.37	10	198.57	187.81	8	131.80	47.00	202.38	2.00	48.65	70	186.54	1	191.83	530.85	2654.24
9295373	MSC SHANGHAI	96053	72064	57075	2T	104	1	8400	8842.11	2100	4T	4	1	1.25	1.25	26.32	186.37	10	197.70	187.81	8	164.33	47.00	202.38	2.00	55.37	70	186.54	1	351.28	768.68	768.68
9295397	MSC CAROLINA	96017	72037	57075	2T	104	1	8400	8842.11	2100	4T	4	7	1.25	1.25	13.90	186.37	10	197.70	187.81	8	164.33	47.00	202.38	2.00	55.37	70	186.54	1	168.07	585.47	4086.32
9295361	MSC TOKYO	95900	71949	57075	2T	104	1	7960	8378.95	1990	4T	4	8	1.25	1.25	16.76	186.37	10	197.70	187.81	8	164.33	47.00	202.38	2.00	52.47	70	186.54	1	199.26	613.76	4910.06
9330991	CMA CGM KINGFISH	95843	65974	57075	2T	104	1	7200	7578.95	2400	4T	3	1	1.25	1.25	18.83	186.37	10	197.70	187.81	8	164.33	47.00	202.38	2.00	63.28	70	186.54	1	275.32	700.63	700.63
9351127	CMA CGM GEORGIA	95721	65890	57199	2T	104	1	7200	7578.95	2400	4T	3	1	1.25	1.25	16.07	186.37	10	198.13	187.81	8	164.68	47.00	202.38	2.00	63.28	70	186.54	1	279.25	705.35	705.35
9348704	CMA CGM FLORIDA	95591	65800	57199	2T	104	1	7200	7578.95	2400	4T	3	1	1.25	1.25	13.80	186.37	10	198.13	187.81	8	164.68	47.00	202.38	2.00	63.28	70	186.54	1	190.48	616.58	616.58
9120798	CHUANHE	93906	69285	43100	2T	82	1	9720	10231.58	2280	4T	4	6	1.25	1.25	16.60	186.37	10	149.30	187.81	8	124.09	47.00	202.38	2.00	64.07	70	186.54	1	240.65	578.10	3468.63
9120786	JINHE	93906	69285	43100	2T	82	1	9720	10231.58	2280	4T	4	4	1.25	1.25	16.99	186.37	10	149.30	187.81	8	124.09	47.00	202.38	2.00	64.07	70	186.54	1	247.26	584.72	3238.87
9120774	WANHE	93906	69285	43100	2T	82	1	9720	10231.58	2280	4T	4	5	1.25	1.25	21.05	186.37	10	149.30	187.81	8	124.09	47.00	202.38	2.00	64.07	70	186.54	1	316.65	654.11	3270.55
9120748	LUHE	93906	69285	43100	2T	82	1	9720	10231.58	2280	4T	4	4	1.25	1.25	20.48	186.37	10	149.30	187.81	8	124.09	47.00	202.38	2.00	64.07	70	186.54	1	306.92	644.38	2577.53
9214226	MSC ADRIATIC	93800	67591	54898	2T	94	1	9264	9751.58	3'3088, 1'2100	4T	3	6	1.25	1.25	18.51	186.37	10	190.16	187.81	8	198.06	47.00	202.38	2.00	81.42	70	186.54	1	347.32	776.96	4661.77
9214202	MSC GEMMA	93765	67566	54898	2T	94	1	9264	9751.58	3'3088, 1'2100	4T	3	8	1.25	1.25	15.81	186.37	10	190.16	187.81	8	198.06	47.00	202.38	2.00	81.42	70	186.54	1	288.59	718.24	5745.90
9213583	MSC MIRA	93762	67564	54898	2T	94	1	9264	9751.58	3'3088, 1'2100	4T	3	4	1.25	1.25	16.09	186.37	10	190.16	187.81	8	198.06	47.00	202.38	2.00	81.42	70	186.54	1	294.78	724.43	2897.71
9213571	MSC ANTARES	93752	67557	54898	2T	94	1	9264	9751.58	3'3088, 1'2100	4T	3	6	1.25	1.25	18.37	186.37	10	190.16	187.81	8	198.06	47.00	202.38	2.00	81.42	70	186.54	1	344.24	773.89	4643.33
9231755	HANJIN TAIPEI	93501	68986	57100	2T	104	1	8000	8421.05	2000	4T	4	5	1.25	1.25	17.79	186.37	10	197.79	187.81	8	164.40	47.00	202.38	2.00	52.73	70	186.54	1	214.82	629.75	3148.74
9115731	HANJIN BEIJING	93139	67115	54795	2T	104	1	7600	8000.00	2'2300, 2'1500	4T	4	5	1.25	1.25	14.80	186.37	10	189.81	187.81	8	157.76	47.00	202.38	2.00	50.10	70	186.54	1	164.18	561.85	2809.25
9161766	HANJIN ROME	93130	66955	54900	2T	102	1	7600	8000.00	2'2300, 2'1500	4T	4	4	1.25	1.25	15.93	186.37	10	190.17	187.81	8	158.06	47.00	202.38	2.00	50.10	70	186.54	1	179.26	577.60	2910.38
9307023	CANADA EXPRESS	92896	66940	57200	2T	94	1	11100	11684.21	1850	4T	6	1	1.25	1.25	29.02	186.37	10	198.14	187.81	8	164.69	47.00	202.38	2.00	48.78	70	186.54	1	344.54	756.15	756.15
9112260	MSC LIBERTY	92856	68363	54740	2T	104	1	7100	7473.68	1775	4T	4	6	1.25	1.25	13.92	186.37	10	189.62	187.81	8	157.60	47.00	203.77	2.00	47.12	70	193.61	1	146.23	540.57	3243.41
9216999	RIO BARROW	92330	68122	54946	2T	104	1	8360	8800.00	2'2280, 2'1900	4T	4	8	1.25	1.25	18.35	186.37	10	190.33	187.81	8	198.20	47.00	202.38	2.00	55.11	70	186.54	1	232.60	636.24	5089.89
9216987	RIO BLACKWATER	92330	68122	54946	2T	104	1	8360	8800.00	2'2280, 2'1900	4T	4	6	1.25	1.25	17.61	186.37	10	190.33	187.81	8	198.20	47.00	202.38	2.00	55.11	70	186.54	1	221.78	625.41	3752.46
9221073	COSCO ROTTERDAM	92268	69224	43104	2T	82	1	7400	7789.47	2'2200, 2'1500	4T	4	6	1.25	1.25	18.19	186.37	10	149.31	187.81	8	124.10	47.00	202.38	2.00	48.78	70	186.54	1	203.92	526.12	3156.70
9235098	HANJIN HELSINKI	92259	68070	57075	2T	104	1	8000	8421.05	2000	4T	4	5	1.25	1.25	16.93	186.37	10	197.70	187.81	8	164.33	47.00	202.38	2.00	52.73	70	186.54	1	202.74	617.51	3087.55
9221102	COSCO SINGAPORE	92230	69196	43100	2T	82	1	7400	7789.47	2'2200, 2'1500	4T	4	5	1.25	1.25	21.38	186.37	10	149.30	187.81	8	124.09	47.00	202.38	2.00	48.78	70	186.54	1	245.10	567.27	2836.33
9221085	COSCO HAMBURG	92226	69193	43104	2T	82	1	7400	7789.47	2'2200, 2'1500	4T	4	4	1.25	1.25	18.55	186.37	10	149.31	187.81	8	124.10	47.00	202.38	2.00	48.78	70	186.54	1	208.54	530.74	2122.94
9221097	COSCO SHANGHAI	92225	69192	43100	2T	82	1	7400	7789.47	2'2200, 2'1500	4T																					

Características del Buque				Máquina principal			Planta Generadora					Datos Escalas				Emisiones MMPP en Navegación Puerto					Emisiones MAA en Navegación Puerto				Emisiones MAA Estancia en Puerto				Emisiones de Nox en Puerto			
IMO	Nombre	Desplaz. (t)	DWT (t)	Potencia Propulsora MCR (KW)	Tipo de MMPP	rpm	N° de MMPP	Potencia Total MCR Motores Aux. (KW)	Potencia Total indicada Motores Aux. (KW)	Potencia por GENERADOR (KW)	Tipo de MAA	N° de MAA	N° de Escalas en Puerto BCN	Tiempo maniobra entrada (h)	Tiempo maniobra salida (h)	Tiempo medio de escala (h)	Consumo específico combustible maniobra entrada MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal entrada	Emisiones de NOx maniobra entrada MMPP (kg)	Consumo específico combustible maniobra salida MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal salida	Emisiones de NOx maniobra salida MMPP (kg)	% Carga MAA en maniobra	Consumo específico combustible MAA (g/kWh)	N° MAA operativos en maniobra	Emisiones de NOx MAA (kg)	% Carga MAA en puerto	Consumo específico combustible MAA (g/kWh)	N° MAA operativos en puerto	Emisiones de NOx MAA por puerto (kg)	Emisiones de NOx por escala (kg)	Emisiones de NOx durante el año 2009 (kg)
9290945	TAMINA	90940	68228	54926	2T	100	1	8400	8842,11	1980	4T	4	1	1,25	1,25	24,67	186,37	10	190,26	187,81	8	158,14	47,00	202,38	2,00	55,37	70	188,54	1	326,94	730,71	730,71
9290787	TALASSA	90940	68228	54926	2T	100	1	8400	8842,11	1980	4T	4	8	1,25	1,25	18,45	186,37	10	190,26	187,81	8	158,14	47,00	202,38	2,00	55,37	70	188,54	1	235,22	638,99	511,93
9327803	WAN HAI 603	90366	67797	57200	2T	102	1	11100	11684,21	1850	4T	6	3	1,25	1,25	27,13	186,37	10	198,14	187,81	8	164,69	47,00	202,38	2,00	48,78	70	188,54	1	320,07	731,67	2195,02
9331165	WAN HAI 605	90210	67680	54942	2T	102	1	9264	9751,58	3'3088, 12'100	4T	3	4	1,25	1,25	21,36	186,37	10	190,32	187,81	8	158,19	47,00	202,38	2,00	81,42	70	188,54	1	409,10	838,02	3366,09
9327798	WAN HAI 602	90210	67680	54942	2T	102	1	9264	9751,58	3'3088, 12'100	4T	3	2	1,25	1,25	22,47	186,37	10	190,32	187,81	8	158,19	47,00	202,38	2,00	81,42	70	188,54	1	433,23	863,15	1726,30
9327786	HANJIN LYON	90210	67680	54942	2T	102	1	9264	9751,58	3'3088, 12'100	4T	3	2	1,25	1,25	27,29	186,37	10	190,32	187,81	8	158,19	47,00	202,38	2,00	81,42	70	188,54	1	537,69	967,62	1935,24
9128128	HANJIN PARIS	89658	67266	54795	2T	104	1	7800	8000,00	2'2300, 2'1500	4T	4	5	1,25	1,25	16,73	186,37	10	189,81	187,81	8	157,76	47,00	202,38	2,00	50,10	70	188,54	1	189,85	587,52	2837,58
9320439	MSC LEIGH	88355	63411	39952	2T	104	1	7800	8210,53	1950	4T	4	10	1,25	1,25	16,96	186,37	10	138,39	187,81	8	115,03	47,00	202,38	2,00	51,42	70	188,54	1	198,02	502,85	5028,53
9322149	HS LIVINGSTONE	88299	67698	41107	2T	104	1	7200	7578,95	1800	4T	4	1	1,25	1,25	19,47	186,37	10	142,39	187,81	8	118,35	47,00	202,38	2,00	47,46	70	188,54	1	214,50	522,70	522,70
9320427	MSC GENEVA	88064	63605	39952	2T	104	1	7800	8210,53	1950	4T	4	6	1,25	1,25	15,09	186,37	10	138,39	187,81	8	115,03	47,00	202,38	2,00	51,42	70	188,54	1	172,38	477,21	2883,27
9181675	MSC SARAH	88059	67795	41145	2T	94	1	4400	4631,58	2'2200, 1'1500	4T	2	6	1,25	1,25	14,19	186,37	10	142,52	187,81	8	118,46	47,00	202,38	2,00	50,01	70	188,54	1	180,70	499,69	2996,15
9349825	MSC NUBRIA	87887	63377	39970	2T	104	1	7800	8234,74	1970	4T	4	9	1,25	1,25	14,41	186,37	10	138,45	187,81	8	115,08	47,00	202,38	2,00	51,94	70	188,54	1	164,83	470,31	4232,76
9320453	MSC ROSARIA	87546	63427	39952	2T	104	1	7800	8210,53	1950	4T	4	6	1,25	1,25	15,10	186,37	10	138,39	187,81	8	115,03	47,00	202,38	2,00	51,42	70	188,54	1	172,53	477,36	2884,16
9198967	EVER UNICORN	87544	63216	48635	2T	102	1	7080	7452,63	1770	4T	4	1	1,25	1,25	19,60	186,37	10	168,47	187,81	8	140,03	47,00	203,77	2,00	46,99	70	193,61	1	218,30	573,78	573,78
9198965	EVER ULYSSES	87544	63216	48635	2T	102	1	7080	7452,63	1770	4T	4	4	1,25	1,25	18,75	186,37	10	168,47	187,81	8	140,03	47,00	203,77	2,00	46,99	70	193,61	1	207,39	562,88	2251,50
9188154	EVER UTILE	87544	63216	48635	2T	102	1	7080	7452,63	1770	4T	4	3	1,25	1,25	14,44	186,37	10	168,47	187,81	8	140,03	47,00	203,77	2,00	46,99	70	193,61	1	152,48	507,97	1523,90
9169158	EVER UNITY	87544	63216	48635	2T	102	1	7080	7452,63	1770	4T	4	4	1,25	1,25	15,13	186,37	10	168,47	187,81	8	140,03	47,00	203,77	2,00	46,99	70	193,61	1	161,27	516,76	2067,04
9168979	EVER USEFUL	87544	63216	48635	2T	102	1	7080	7452,63	1770	4T	4	3	1,25	1,25	14,77	186,37	10	168,47	187,81	8	140,03	47,00	203,77	2,00	46,99	70	193,61	1	156,59	512,08	1536,24
9168987	EVER URSULA	87544	63216	48635	2T	102	1	7080	7452,63	1770	4T	4	3	1,25	1,25	18,52	186,37	10	168,47	187,81	8	140,03	47,00	203,77	2,00	46,99	70	193,61	1	204,54	560,02	1680,06
9168855	EVER URANUS	87544	63216	48635	2T	102	1	7080	7452,63	1770	4T	4	2	1,25	1,25	15,02	186,37	10	168,47	187,81	8	140,03	47,00	203,77	2,00	46,99	70	193,61	1	159,89	515,38	1630,75
9168843	EVER UNIFIC	87544	63216	48635	2T	102	1	7080	7452,63	1770	4T	4	1	1,25	1,25	12,63	186,37	10	168,47	187,81	8	140,03	47,00	203,77	2,00	46,99	70	193,61	1	129,36	484,85	484,85
9168831	EVER LIBERTY	87544	63216	48635	2T	102	1	7080	7452,63	1770	4T	4	4	1,25	1,25	14,63	186,37	10	168,47	187,81	8	140,03	47,00	203,77	2,00	46,99	70	193,61	1	154,84	510,32	2041,29
9347619	HYUNDAI SUPREME	87487	63384	45760	2T	102	1	7080	7452,63	1770	4T	4	1	1,25	1,25	23,82	186,37	10	158,51	187,81	8	131,75	47,00	203,77	2,00	46,99	70	193,61	1	272,12	608,37	608,37
9349813	MSC CARMEN	87452	63359	39970	2T	104	1	7800	8210,53	1950	4T	4	5	1,25	1,25	17,48	186,37	10	138,45	187,81	8	115,08	47,00	202,38	2,00	51,42	70	188,54	1	205,16	518,11	2350,56
9116618	EVER UNION	87406	63388	48635	2T	102	1	7080	7452,63	1770	4T	4	1	1,25	1,25	16,60	186,37	10	168,47	187,81	8	140,03	47,00	203,77	2,00	46,99	70	193,61	1	180,00	535,48	535,48
9116606	EVER UNIQUE	87406	63388	48635	2T	102	1	7080	7452,63	1770	4T	4	2	1,25	1,25	20,14	186,37	10	168,47	187,81	8	140,03	47,00	203,77	2,00	46,99	70	193,61	1	225,21	580,69	1161,39
9116591	EVER UNISON	87406	63388	48635	2T	102	1	7080	7452,63	1770	4T	4	2	1,25	1,25	20,27	186,37	10	168,47	187,81	8	140,03	47,00	203,77	2,00	46,99	70	193,61	1	226,81	582,29	1184,58
9116589	EVER UNITED	87406	63388	48635	2T	102	1	7080	7452,63	1770	4T	4	3	1,25	1,25	15,49	186,37	10	168,47	187,81	8	140,03	47,00	203,77	2,00	46,99	70	193,61	1	165,88	521,37	1584,11
9116577	EVER ULTRA	87406	63388	48635	2T	102	1	7080	7452,63	1770	4T	4	2	1,25	1,25	17,57	186,37	10	168,47	187,81	8	140,03	47,00	203,77	2,00	46,99	70	193,61	1	192,34	547,82	1095,65
9198981	ITAL UNICA	87169	63216	48635	2T	102	1	7080	7452,63	1770	4T	4	2	1,25	1,25	16,28	186,37	10	168,47	187,81	8	140,03	47,00	203,77	2,00	46,99	70	193,61	1	175,85	531,33	1062,67
9198979	ITAL USODIMARE	87169	63216	48635	2T	102	1	7080	7452,63	1770	4T	4	4	1,25	1,25	16,02	186,37	10	168,47	187,81	8	140,03	47,00	203,77	2,00	46,99	70	193,61	1	172,60	528,09	2112,36
9074042	MSC MESSINA	87060	63014	43623	2T	97	1	6400	6736,84	4'1600, 1'1500	4T	4	13	1,25	1,25	16,02	186,37	10	151,11	187,81	8	125,60	47,00	203,77	2,00	42,48	70	193,61	1	156,02	475,20	6177,64
9073995	MSC CATANIA	87050	63014	43620	2T	97	1	6400	6736,84	4'1600, 1'1500	4T	4	3	1,25	1,25	20,46	186,37	10	151,10	187,81	8	125,59	47,00	203,77	2,00	42,48	70	193,61	1	207,27	526,43	1579,28
9280835	ZIM BARCELONA	86598	62740	41079	2T	102	1	6300	6631,58	1990	4T	3	2	1,25	1,25	20,28	186,37	10	142,29	187,81	8	118,27	47,00	202,38								

Características del Buque			Máquina principal				Planta Generadora					Datos Escalas				Emisiones MMPP en Navegación Puerto					Emisiones MMAA en Navegación Puerto				Emisiones MMAA Estancia en Puerto			Emisiones de Nox en Puerto				
IMO	Nombre	Desplaz. (t)	DWT (t)	Potencia Propulsora MCR (KW)	Tipo de MMPP	rpm	Nº de MMPP	Potencia Total MCR Motores Aux. (KW)	Potencia Total Motores GENERADOR (KW)	Potencia por Motore Aux. (KW)	Tipo de MMAA	Nº de MMAA	Nº de Escalas en Puerto BCN	Tiempo maniobra entrada (h)	Tiempo maniobra salida (h)	Tiempo medio de escala (h)	Consumo específico combustible maniobra entrada MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de entrada	Emisiones de NOx MMPP (kg)	Consumo específico combustible maniobra salida MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de salida	Emisiones de NOx maniobra salida MMPP (kg)	% Carga MMAA en maniobra	Consumo específico combustible MMAA (g/kWh)	Nº MMAA operativos en maniobra	Emisiones de NOx MMAA (kg)	% Carga MMAA en puerto	Consumo específico combustible MMAA (g/kWh)	Nº MMAA operativos en puerto	Emisiones de NOx MMAA (kg) por escala	Emisiones de Nox por escala (kg)	Emisiones de Nox por buque durante el año 2009 (kg)
8619940	MARATHONAS	84090	60350	42425	2T	90	1	6030	6347,37	1920	4T	3	5	1,25	1,25	15,47	186,37	10	146,96	187,81	8	122,15	47,00	202,38	2,00	53,00	70	188,54	1	183,05	505,16	2525,78
8618293	MAERSK MERRITT	84090	60639	42425	2T	90	1	10899	11472,63	3*1900,1*3000 1*3000	4T	4	8	1,25	1,25	12,98	186,37	10	146,96	187,81	8	122,15	47,00	202,38	2,00	71,84	70	188,54	1	200,46	541,41	4331,29
8613308	MAERSK MYKONOS	84090	60639	42425	2T	90	1	5040	5305,26	3*1600, 1*3600, 1*3000	4T	3	2	1,25	1,25	16,93	186,37	10	146,96	187,81	8	122,15	47,00	203,77	2,00	44,60	70	193,61	1	174,88	488,59	977,18
9015541	HAIJIN MARSEILLES	84002	62623	37881	2T	100	1	6500	6842,11	2*1900, 1*3000	4T	4	1	1,25	1,25	15,05	186,37	10	131,22	187,81	8	109,06	47,00	203,77	2,00	43,14	70	193,61	1	147,09	430,51	430,51
9141265	MSC UGANDA	83496	63551	41044	2T	104	1	4480	4715,79	2*1550, 1*1380	4T	3	2	1,25	1,25	15,36	186,37	10	142,17	187,81	8	118,17	47,00	203,77	2,00	39,65	70	193,61	1	138,49	438,48	876,96
9141261	MSC TANZANIA	83496	63551	41044	2T	104	1	4480	4715,79	2*1550, 1*1380	4T	3	6	1,25	1,25	16,40	186,37	10	142,17	187,81	8	118,17	47,00	203,77	2,00	39,65	70	193,61	1	149,74	448,73	2898,37
9139490	HANJIN MUNDRA	83496	63551	41044	2T	104	1	3100	3263,16	2*1550, 1*1380	4T	2	2	1,25	1,25	16,63	186,37	10	142,17	187,81	8	118,17	47,00	203,77	2,00	41,15	70	193,61	1	157,90	459,40	918,80
9141302	HANJIN SAN DIEGO	83496	63551	41040	2T	104	1	3100	3263,16	2*1550, 1*1380	4T	2	1	1,25	1,25	14,95	186,37	10	142,16	187,81	8	118,16	47,00	203,77	2,00	41,15	70	193,61	1	139,18	440,65	440,65
9141273	HANJIN HAIPHONG	83496	63551	41040	2T	104	1	3100	3263,16	2*1550, 1*1380	4T	2	1	1,25	1,25	24,65	186,37	10	142,16	187,81	8	118,16	47,00	203,77	2,00	41,15	70	193,61	1	247,62	549,09	549,09
9112571	MAERSK DRESDEEN	82328	62422	43070	2T	104	1	6000	6315,79	2000	4T	3	3	1,25	1,25	16,21	186,37	10	149,19	187,81	8	124,00	47,00	202,38	2,00	52,73	70	188,54	1	182,52	518,45	1555,36
9419539	SCI MUMBAI	82234	57790	49177	2T	102	1	6000	6315,79		4T	3	7	1,25	1,25	15,92	186,37	10	170,35	187,81	8	141,59	47,00	202,38	2,00	52,73	70	188,54	1	188,56	553,23	3872,62
9418298	SCI CHENNAI	82234	57790	36160	2T	102	1	6000	6315,79		4T	3	8	1,25	1,25	19,15	186,37	10	125,26	187,81	8	104,11	47,00	202,38	2,00	52,73	70	188,54	1	233,94	516,04	4128,32
9103702	DARWIN	80960	60219	35513	2T	104	1	5340	5621,05	1780	4T	3	7	1,25	1,25	16,39	186,37	10	123,01	187,81	8	102,25	47,00	203,77	2,00	47,26	70	193,61	1	178,36	450,87	3156,11
9103997	MSC VENEZUELA	80960	60348	35500	2T	104	1	5340	5621,05	1780	4T	3	4	1,25	1,25	16,52	186,37	10	122,97	187,81	8	102,21	47,00	203,77	2,00	47,26	70	193,61	1	180,00	452,43	1899,73
9030723	MSC ANTWERP	78343	59567	38778	2T	100	1	3900	4105,26	3*1300,1*960	4T	3	3	1,25	1,25	12,76	186,37	10	127,40	187,81	8	105,89	47,00	203,77	2,00	34,51	70	193,61	1	96,21	364,01	1092,02
9236547	MSC FLORIDA	78185	56287	43920	2T	100	1	6800	7157,99	2*1800, 1*2600	4T	4	2	1,25	1,25	12,17	186,37	10	152,14	187,81	8	126,45	47,00	203,77	2,00	45,13	70	193,61	1	118,52	442,24	884,48
9005660	MAERSK DARTFORD	77969	59283	34421	2T	102	1	6560	6905,26	4*1500, 1*2000	4T	4	8	1,25	1,25	12,77	191,18	10	122,31	192,74	8	101,70	47,00	203,77	2,00	43,54	70	193,61	1	121,44	388,99	3111,94
9313905	MAERSK BOSTON	76415	53701	68640	2T	102	1	11520	12126,32	2750	4T	4	1	1,25	1,25	17,35	186,37	10	237,76	187,81	8	197,62	47,00	202,38	2,00	75,94	70	188,54	1	300,38	811,71	811,71
8616295	APL KENNEY	74091	54665	41694	2T	90	1	7500	7894,74	2500	4T	3	1	1,25	1,25	19,57	186,37	10	145,12	187,81	8	120,62	47,00	202,38	2,00	65,92	70	188,54	1	299,67	631,32	631,32
9440784	CAP HARRIETT	73681	51780	36160	2T	102	1	7890	8305,26	2*2255, 1*2690	4T	4	4	1,25	1,25	15,70	186,37	10	125,26	187,81	8	104,11	47,00	202,38	2,00	52,01	70	188,54	1	182,87	464,25	1656,98
9440801	CAP HARVEY	73630	51744	36160	2T	102	1	7890	8305,26	2*2255, 1*2690	4T	4	4	1,25	1,25	12,47	186,37	10	125,26	187,81	8	104,11	47,00	202,38	2,00	52,01	70	188,54	1	138,13	419,51	1678,04
9440837	UASC SHUAIBA	73569	51701	36160	2T	102	1	7890	8305,26	2*2255, 1*2690	4T	4	1	1,25	1,25	9,93	186,37	10	125,26	187,81	8	104,11	47,00	202,38	2,00	52,01	70	188,54	1	102,88	384,36	384,36
9440796	CAP HARRISSON	73566	51699	36160	2T	102	1	7890	8305,26	2*2255, 1*2690	4T	4	4	1,25	1,25	16,68	186,37	10	125,26	187,81	8	104,11	47,00	202,38	2,00	52,01	70	188,54	1	196,44	477,81	1911,24
9440825	UASC RAMADI	73526	51671	36160	2T	102	1	7890	8305,26	2*2255, 1*2690	4T	4	1	1,25	1,25	13,28	186,37	10	125,26	187,81	8	104,11	47,00	202,38	2,00	52,01	70	188,54	1	149,39	430,77	430,77
8300145	MSC WASHINGTON	72500	53325	34951	2T	97	1	4056	4289,47	1*1944, 1*1176	4T	3	2	1,25	1,25	16,05	191,18	10	124,20	192,74	8	103,27	47,00	203,77	2,00	35,89	70	193,61	1	132,13	395,49	790,97
9351579	MSC TAMARA	71783	50446	36595	2T	104	1	8000	9263,16	2200	4T	4	2	1,25	1,25	21,20	186,37	10	126,73	187,81	8	105,33	47,00	202,38	2,00	59,01	70	188,54	1	289,95	579,02	1159,03
9043627	ZHEN HE	71263	51981	36445	2T	102	1	4080	4294,74	1300	4T	3	2	1,25	1,25	15,92	186,37	10	126,24	187,81	8	104,93	47,00	203,77	2,00	36,11	70	193,61	1	131,60	398,88	797,76
9285971	CMA CGM AMERICA	70038	52683	40040	2T	102	1	10100	10631,58	2400	4T	4	5	1,25	1,25	16,71	186,37	10	138,70	187,81	8	115,28	47,00	202,38	2,00	66,58	70	188,54	1	262,06	572,62	2363,09
9285969	CMA CGM SAMBHAR	70038	52683	40040	2T	102	1	10100	10631,58	2400	4T	4	5	1,25	1,25	15,09	186,37	10	138,70	187,81	8	115,28	47,00	202,38	2,00	66,58	70	188,54	1	232,22	543,77	2718,85
9294824	LIRICAY	70038	52683	40040	2T	102	1	10100	10631,58	2400	4T	4	5	1,25	1,25	17,70	186,37	10	138,70	187,81	8	115,28	47,00	202,38	2,00	66,58	70	188,54	1	269,56	590,12	2950,58
9154543	AL-ABDALI	68822	49844	34348	2T	93	1	7281	7694,21	2280	4T	3	1	1,25	1,25	10,32	191,18	10	122,05	192,74	8	101,49	47,00	202,38	2,00	63,99	70	188,54	1	133,24	420,78	420,78
9154531	ASIR	68822	49844	34348	2T	93	1	7281	7694,21	2280	4T	3	5	1,25	1,25	13,15	191,18	10	122,05	192,74	8	101,49	47,00	202,38	2,00	63,99	70	188,54	1	181,54	469,08	2345,38
9154529	AL-SHABAHIA	68822	49844	34348	2T	93	1	7281	7694,21	2280	4T	3	1	1,25	1,25	15,33	191,18	10	122,05	192,74	8	101,49	47,00	202,38	2,00	63,99	70	188,54	1	218,76	506,29	936,29
9152272	AL-MUTANABBI	68822	49844	34348	2T	93	1	7281	7694,2																							

Características del Buque				Máquina principal			Planta Generadora					Datos Escalas				Emisiones MMPP en Navegación Puerto					Emisiones MAA en Navegación Puerto				Emisiones MAA Estancia en Puerto			Emisiones de NOx en Puerto				
IMO	Nombre	Desplaz. (t)	DWT (t)	Potencia Propulsora MCR (kW)	Tipo de MMPP	rpm	Nº de MMPP	Potencia Total MCR Motores Aux. (kW)	Potencia Total indicada Aux. (kW)	Potencia por GENERADOR (kW)	Tipo de MAA	Nº de MAA	Nº de Escalas en Puerto BCN	Tiempo maniobra entrada (h)	Tiempo maniobra salida (h)	Tiempo medio de escala (h)	Consumo específico combustible maniobra entrada MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal	Emisiones de NOx maniobra entrada MMPP (kg)	Consumo específico combustible maniobra salida MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal	Emisiones de NOx maniobra salida MMPP (kg)	% Carga MAA en maniobra	Consumo específico combustible MAA (g/kWh)	Nº MAA operativos en maniobra	Emisiones de NOx MAA (kg)	% Carga MAA en puerto	Consumo específico combustible MAA (g/kWh)	Nº MAA operativos en puerto	Emisiones de NOx puerto MAA (kg)	Emisiones de NOx por escala (kg)	Emisiones de NOx por buque durante el año 2009 (kg)
9401063	UASC JUBAIL	67392	50700	36560	2T	104	1	6800	7157,89	1700	4T	4	1	1,25	1,25	11,32	186,37	10	126,64	187,81	8	105,26	47,00	203,77	2,00	45,13	70	193,61	1	108,10	385,13	385,13
9401051	UASC SHUWAIKH	67392	50700	36560	2T	104	1	6900	7157,89	1700	4T	4	1	1,25	1,25	11,87	186,37	10	126,64	187,81	8	105,26	47,00	203,77	2,00	45,13	70	193,61	1	114,84	391,88	391,88
9397585	UASC DOHA	67392	50700	36560	2T	104	1	6800	7157,89	1700	4T	4	1	1,25	1,25	13,30	186,37	10	126,64	187,81	8	105,26	47,00	203,77	2,00	45,13	70	193,61	1	132,42	409,45	409,45
9322346	YOKOHAMA	67304	50532	36560	2T	104	1	7200	7578,95	1700	4T	4	6	1,25	1,25	19,49	186,37	10	126,64	187,81	8	105,26	47,00	202,38	2,00	47,46	70	188,54	1	214,74	484,11	2964,64
9389382	HANJIN KINGSTON	67089	51648	40040	2T		1	6000	6315,79		4T	4	4	1,25	1,25	10,12	186,37	10	138,70	187,81	8	115,28	47,00	203,77	2,00	39,82	70	193,61	1	82,45	376,24	1504,98
9375305	HANJIN RIO DE JANEIRO	67089	51648	36526	2T	102	1	6000	6315,79	2 ¹⁰⁴⁰ 2 ¹⁵⁰⁰	4T	4	5	1,25	1,25	11,73	186,37	10	126,52	187,81	8	105,16	47,00	203,77	2,00	39,82	70	193,61	1	99,89	371,40	1657,00
9375501	HAIN PIRAEUS	67089	51750	36526	2T	102	1	6000	6315,79		4T	4	4	1,25	1,25	14,00	186,37	10	126,52	187,81	8	105,16	47,00	203,77	2,00	39,82	70	193,61	1	124,41	395,92	1933,69
9227273	CAP SAN ANTONIO	66325	51080	29275	2T	102	1	7560	7957,89	1890	4T	4	2	1,25	1,25	16,59	191,18	10	104,03	192,74	8	95,50	47,00	202,38	2,00	49,83	70	188,54	1	213,61	453,97	907,94
9215686	CAP SAN AUGUSTIN	66325	51087	29275	2T	102	1	7560	7957,89	1890	4T	4	2	1,25	1,25	13,49	191,18	10	104,03	192,74	8	95,50	47,00	202,38	2,00	49,83	70	188,54	1	145,91	386,27	772,54
9215672	CAP SAN MARCO	66325	51087	27804	2T	102	1	7560	7957,89	1890	4T	4	1	1,25	1,25	21,65	191,18	10	98,80	192,74	8	82,15	47,00	202,38	2,00	49,83	70	188,54	1	254,20	484,99	484,99
9113654	ZIM ASIA	62750	45850	28350	2T	102	1	3872	4181,05	3 ¹²⁴⁰ 1 ¹⁶⁵⁰	4T	3	1	1,25	1,25	18,32	191,18	10	100,74	192,74	8	83,77	47,00	203,77	2,00	35,15	70	193,61	1	151,03	370,69	370,69
9323027	HS CHOPIN	61727	46345	32435	2T	104	1	7200	7578,95		4T	4	3	1,25	1,25	19,58	191,18	10	115,26	192,74	8	95,84	47,00	202,38	2,00	47,46	70	188,54	1	215,90	474,46	1423,37
8806802	ANDAMAN SEA	61695	47230	21680	2T	98	1	2480	2610,53	2 ¹²⁴⁰ 1 ¹²⁰⁰	4T	2	2	1,25	1,25	14,98	191,18	10	77,04	192,74	8	64,06	47,00	203,77	2,00	32,92	70	193,61	1	111,64	285,66	571,32
8709169	MSC JENNY	61578	43517	23170	2T	95	1	2400	2526,32	2 ¹²⁰⁰ 1 ¹⁰⁰⁰	4T	2	2	1,25	1,25	17,96	191,18	10	82,33	192,74	8	68,46	47,00	203,77	2,00	31,86	70	193,61	1	133,79	316,44	632,88
9321987	NORDSPRING	61574	46230	32435	2T	104	1	7200	7578,95	1800	4T	4	1	1,25	1,25	11,65	191,18	10	115,26	192,74	8	95,84	47,00	202,38	2,00	47,46	70	188,54	1	115,68	374,23	374,23
8918966	MSC MANDY	61551	47120	21700	2T	88	1	2730	2873,68	3 ⁹¹⁰ 1 ¹²⁰⁰	4T	3	4	1,25	1,25	13,02	191,18	10	77,11	192,74	8	64,12	47,00	202,38	2,00	23,99	70	193,61	1	69,11	234,33	937,33
8512401	MSC CARINA	61278	45725	23391	2T	95	1	3600	3789,47	1200	4T	3	4	1,25	1,25	16,12	191,18	10	83,12	192,74	8	69,11	47,00	203,77	2,00	31,86	70	193,61	1	117,92	302,01	1208,05
8410862	MSC BRIANNA	61254	43288	23195	2T	95	1	3312	3486,32	1000	4T	3	1	1,25	1,25	10,95	191,18	10	82,28	192,74	8	68,42	47,00	203,77	2,00	29,31	70	193,61	1	67,28	247,29	247,29
9323015	HS BACH	59916	44985	32435	2T	104	1	4854	5109,47		4T	3	1	1,25	1,25	12,08	191,18	10	115,26	192,74	8	95,84	47,00	203,77	2,00	42,95	70	193,61	1	111,83	365,88	365,88
9303754	MARK TWAIN	58992	44053	28880	2T	104	1	4854	5109,47		4T	3	3	1,25	1,25	13,81	191,18	10	102,62	192,74	8	85,33	47,00	203,77	2,00	42,95	70	193,61	1	131,93	362,84	1088,52
9147100	NORTHERN DIVINITY	58562	45117	32423	2T	102	1	3150	3315,79	1050	4T	3	2	1,25	1,25	16,69	191,18	10	115,21	192,74	8	95,80	47,00	203,77	2,00	27,88	70	193,61	1	107,47	345,36	692,72
9169495	SCI KOLKATA	59464	45400	28834	2T	104	1	4854	5109,47	1618	4T	3	4	1,25	1,25	14,95	191,18	10	102,46	192,74	8	85,20	47,00	203,77	2,00	42,95	70	193,61	1	145,29	375,90	1603,59
9113630	CONTI SHANGHAI	59173	44510	27291	2T	102	1	3000	3157,89	2 ¹⁴⁵⁰ 1 ¹⁵⁰⁰	4T	2	1	1,25	1,25	18,42	191,18	10	96,98	192,74	8	80,64	47,00	203,77	2,00	39,82	70	193,61	1	172,19	389,63	389,63
8618180	MSC HAILEY	58950	46967	24500	2T	95	1	3720	3915,79	2 ¹⁸⁸⁰ 1 ¹⁴⁵⁰	4T	2	1	1,25	1,25	23,78	191,18	10	87,06	192,74	8	72,39	47,00	202,38	2,00	49,04	70	188,54	1	270,04	486,53	486,53
8511304	MSC CLARA	58350	43667	23170	2T	95	1	2400	2526,32	2 ¹²⁰⁰ 1 ¹⁰⁰⁰	4T	2	2	1,25	1,25	23,50	191,18	10	82,33	192,74	8	68,46	47,00	203,77	2,00	31,86	70	193,61	1	181,75	364,40	728,80
9056080	HANJIN PALERMO	58142	45625	20510	2T	96	1	2860	3115,79		4T	4	1	1,25	1,25	10,80	191,18	10	72,88	192,74	8	60,60	47,00	202,38	2,00	19,51	70	193,61	1	44,34	197,33	197,33
8501452	GENOVA EXPRESS	57854	40744	20888	2T	95	1	2960	3115,79	2 ¹⁰⁰⁰ 2 ⁴⁸⁰	4T	4	7	1,25	1,25	13,28	191,18	10	74,22	192,74	8	61,72	47,00	202,38	2,00	19,51	70	193,61	1	57,57	213,02	1491,12
8501438	YM PROMINENCE	57854	40744	20888	2T	95	1	2960	3115,79	2 ¹⁰⁰⁰ 2 ⁴⁸⁰	4T	4	3	1,25	1,25	11,53	191,18	10	74,22	192,74	8	61,72	47,00	202,38	2,00	19,51	70	193,61	1	48,26	203,71	611,12
8406298	VERACRUZ EXPRESS	57854	40744	19642	2T	95	1	2960	3115,79	2 ¹⁰⁰⁰ 2 ⁴⁸⁰	4T	4	9	1,25	1,25	13,37	191,18	10	69,80	192,74	8	58,04	47,00	202,38	2,00	19,51	70	193,61	1	58,07	205,41	1948,70
8406296	BARCELONA EXPRESS	57854	40744	19642	2T	95	1	2960	3115,79	2 ¹⁰⁰⁰ 2 ⁴⁸⁰	4T	4	8	1,25	1,25	15,18	191,18	10	69,80	192,74	8	58,04	47,00	202,38	2,00	19,51	70	193,61	1	67,75	215,10	1720,77
8406274	ROME EXPRESS	57854	40744	19642	2T	95	1	2960	3115,79	2 ¹⁰⁰⁰ 2 ⁴⁸⁰	4T	4	7	1,25	1,25	14,73	191,18	10	69,80	192,74	8	58,04	47,00	202,38	2,00	19,51	70	193,61	1	65,35	212,69	1488,85
8406262	MADRID EXPRESS	57854	40744	19642	2T	95	1	2960	3115,79	2 ¹⁰⁰⁰ 2 ⁴⁸⁰	4T	4	8	1,25	1,25	13,96	191,18	10	69,80	192,74	8	58,04	47,00	202,38	2,00	19,51	70	193,61	1	61,23	208,57	1668,60
8905945	BLACK SEA	57649	44014	24455	2T	90	1	3000	3157,89	1000	4T	3	5	1,25	1,25	14,56	191,18	10	86,90	192,74	8	72,26	47,00	203,77	2,00	26,55	70	193,61	1	86,98	272,69	1363,43
8814524	XIN YING WAN	57533	44044	23170	2T	95	1	3309	3483,16	1000	4T	3	1	1,25	1,25	18,82																

Características del Buque				Máquina principal			Planta Generadora					Datos Escalas				Emisiones MMPP en Navegación Puerto					Emisiones MAA en Navegación Puerto				Emisiones MAA Estancia en Puerto			Emisiones de Nox en Puerto				
IMO	Nombre	Desplaz. (t)	DWT (t)	Potencia Propulsora MCR (kW)	Tipo de MMPP	rpm	Nº de MMPP	Potencia Total MCR Motores Aux. (kW)	Potencia Total indicada Motores Aux. (kW)	Potencia por GENERADOR (kW)	Tipo de MAA	Nº de MAA	Nº de Escalas en Puerto BCN	Tiempo maniobra entrada (h)	Tiempo maniobra salida (h)	Tiempo medio de escala (h)	Consumo específico combustible maniobra entrada MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de entrada	Emisiones de NOx MMPP (kg)	Consumo específico combustible maniobra salida MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de salida	Emisiones de NOx maniobra salida MMPP (kg)	% Carga MAA en maniobra	Consumo específico combustible maniobra MAA (g/kWh)	Nº MAA operativos en maniobra	Emisiones de NOx maniobra MAA (kg)	% Carga MAA en puerto	Consumo específico combustible puerto MAA (g/kWh)	Nº MAA operativos en puerto	Emisiones de NOx MAA (kg)	Emisiones de NOx por escala (kg)	Emisiones de NOx por buque durante el año 2009 (kg)
9334349	CAP BIOR	56698	41850	28270	2T	104	1	4398	4629.47	2*1000, 2*1199	4T	4	2	1,25	1,25	19,29	191,18	10	93,35	192,74	8	77,62	47,00	203,77	2,00	29,19	70	193,61	1	133,16	333,32	666,63
9237303	ANKE RITSCHER	56631	41800	25963	2T	104	1	4400	4631,58	2*1200, 2*1000	4T	4	1	1,25	1,25	9,77	191,18	10	92,26	192,74	8	76,71	47,00	203,77	2,00	29,20	70	193,61	1	57,65	255,82	255,82
8617598	COOPER RIVER BRIDGE	56386	40934	21072	2T	83	1	3090	3262,63	3*1030, 1*920	4T	3	3	1,25	1,25	16,96	191,18	10	74,88	192,74	8	62,26	47,00	203,77	2,00	27,34	70	193,61	1	107,43	274,91	815,73
8502872	MSC BRASLIA	56075	43270	23170	2T	95	1	3312	3486,32	1000	4T	3	7	1,25	1,25	13,58	191,18	10	82,33	192,74	8	68,46	47,00	203,77	2,00	29,31	70	193,61	1	88,19	268,30	1878,07
7907477	MSC SOCOTRA	55725	43000	26993	2T		1	2220	2336,84	740	4T	3	2	1,25	1,25	11,52	191,18	10	95,92	192,74	8	79,76	47,00	202,36	2,00	19,51	70	193,78	1	48,17	243,35	486,70
9372860	CSAV RUNGUE	55095	42600	28880	2T	104	1	4400	4631,58	2*2200, 2*1100	4T	2	1	1,25	1,25	15,67	191,18	10	102,62	192,74	8	65,33	47,00	202,38	2,00	50,01	70	198,54	1	206,54	452,50	452,50
9436422	CAP MONDEGO	54393	42057	31990	2T	104	1	5260	5536,84	1315	4T	4	2	1,25	1,25	21,13	191,18	10	113,67	192,74	8	94,52	47,00	203,77	2,00	34,91	70	193,61	1	176,64	419,75	839,50
9436484	SCI NEW DELHI	54285	41974	31920	2T	104	1	5264	5541,05	1316	4T	4	5	1,25	1,25	16,72	191,18	10	113,43	192,74	8	94,31	47,00	203,77	2,00	34,94	70	193,61	1	135,00	377,68	1888,38
8420907	MSC JASMINE	53231	41771	16250	2T	98	1	3500	3694,21	2*1000, 2*750	4T	4	1	1,25	1,25	13,95	191,18	10	57,74	192,74	8	48,01	47,00	202,36	2,00	23,07	70	193,78	1	72,32	201,15	201,15
9102746	MSC DON GIOVANNI	53145	41583	18680	2T	91	1	3540	3726,32	1180	4T	3	1	1,25	1,25	13,05	191,18	10	59,91	192,74	8	49,82	47,00	203,77	2,00	31,33	70	193,61	1	89,79	230,84	230,84
9316335	CSAV MORUMBI	52767	39008	21735	2T	91	1	4800	5052,63	1200	4T	4	5	1,25	1,25	11,75	191,18	10	77,23	192,74	8	64,22	47,00	203,77	2,00	31,86	70	193,61	1	80,06	253,37	1266,85
9062960	MSC KERRY	52756	45530	26740	2T	100	1	3300	3473,68	3*1100, 1*1460	4T	3	2	1,25	1,25	15,82	191,18	10	95,02	192,74	8	79,01	47,00	203,77	2,00	29,20	70	193,61	1	105,71	308,95	617,89
7434432	MSC EDNA	51889	38743	21778	2T	95	1	3300	3473,68	1100	4T	3	1	1,25	1,25	40,20	191,18	10	77,39	192,74	8	64,35	47,00	203,77	2,00	29,20	70	193,61	1	299,09	470,03	470,03
9115729	YELLOW SEA	51870	44765	32423	2T	102	1	3450	3631,58	3*1150, 1*1185	4T	3	2	1,25	1,25	13,17	191,18	10	115,21	192,74	8	95,80	47,00	203,77	2,00	30,53	70	193,61	1	88,54	330,08	660,17
9210074	SANTA CATALINA	51864	40102	28385	2T	102	1	7200	7578,95	1800	4T	4	1	1,25	1,25	5,82	191,18	10	100,86	192,74	8	83,87	47,00	202,38	2,00	47,46	70	198,54	1	41,93	274,13	274,13
9360271	CAPE MAYOR	51281	37909	20292	2T	95	1	3906	4111,58	3*1302, 1*905	4T	3	3	1,25	1,25	8,39	191,18	10	72,11	192,74	8	59,96	47,00	203,77	2,00	34,57	70	193,61	1	55,35	224,88	665,94
9122423	NORTHERN VITALITY	51224	40080	23920	2T	97	1	4164	4383,16	1388	4T	3	1	1,25	1,25	25,85	191,18	10	85,00	192,74	8	70,68	47,00	203,77	2,00	36,85	70	193,61	1	233,75	426,27	426,27
9438857	CAPE MAHON	50822	37570	21789	2T	108	1	4164	4383,16		4T	3	2	1,25	1,25	13,64	191,18	10	77,35	192,74	8	64,32	47,00	203,77	2,00	36,85	70	193,61	1	111,54	290,06	580,12
8208268	SANTIAGO EXPRESS	50086	33997	14564	2T	94	1	3000	3157,89	2*1500, 1*2200	4T	2	4	1,25	1,25	9,74	185,15	10	50,12	186,50	8	41,64	47,00	203,77	2,00	38,82	70	193,61	1	78,30	209,88	839,51
8208270	HUMBOLDT EXPRESS	50086	33997	14563	2T	94	1	5200	5473,68	1*2200, 2*1500	4T	3	4	1,25	1,25	9,21	185,15	10	50,12	186,50	8	41,64	47,00	203,77	2,00	46,02	70	193,61	1	83,92	224,68	886,73
8208684	MSC CORINNA	49849	38466	20191	2T	97	1	2900	3052,63	1*1245, 1*1100	4T	3	16	1,25	1,25	17,90	191,18	10	71,75	192,74	8	59,66	47,00	203,77	2,00	25,66	70	193,61	1	107,35	264,41	4230,64
9051480	MSC ELENA	49564	36887	19670	2T	91	1	3000	3157,89	3*1000, 1*1200	4T	3	18	1,25	1,25	16,35	191,18	10	69,90	192,74	8	58,12	47,00	203,77	2,00	26,55	70	193,61	1	99,92	254,48	4580,65
9051492	MSC NILGUN	49564	36887	19670	2T	91	1	2400	2526,32	3*800, 1*960	4T	3	4	1,25	1,25	17,86	191,18	10	69,90	192,74	8	58,12	47,00	202,36	2,00	21,09	70	193,78	1	88,70	237,80	951,21
8112296	MILAN EXPRESS	47820	33659	20600	2T	93	1	4500	4736,84	1500	4T	3	5	1,25	1,25	9,02	191,18	10	73,20	192,74	8	60,87	47,00	203,77	2,00	39,82	70	193,61	1	70,57	244,46	1222,31
9108130	VALENCIA EXPRESS	47724	34330	20930	2T	97	1	3500	3694,21	2*1750, 1*1100	4T	2	5	1,25	1,25	9,96	191,18	10	74,37	192,74	8	61,84	47,00	203,77	2,00	46,46	70	193,61	1	94,16	276,83	1384,16
9108128	LISBON EXPRESS	47724	34330	20930	2T	97	1	3500	3694,21	2*1750, 1*1000	4T	2	5	1,25	1,25	9,40	191,18	10	74,37	192,74	8	61,84	47,00	203,77	2,00	46,46	70	193,61	1	87,05	269,72	1348,61
8013766	MSC SAMANTHA	47648	34098	15887	2T	98	1	4050	4263,16	3*1950, 1*1000	4T	3	3	1,25	1,25	15,46	191,18	10	56,45	192,74	8	46,94	47,00	203,77	2,00	35,84	70	193,61	1	126,20	265,43	796,30
8413033	MSC AYALA	47388	35382	16477	2T	83	1	2555	2698,47	511	4T	5	1	1,25	1,25	6,85	191,18	10	58,55	192,74	8	48,69	47,00	202,89	2,00	13,91	70	197,71	1	16,37	137,11	137,11
7820930	MSC BALI	47060	36314	22175	2T	122	1	4150	4388,42	2*1900, 1*900, 1*650	4T	4	3	1,25	1,25	17,63	191,18	10	78,80	192,74	8	65,52	47,00	203,77	2,00	27,54	70	193,61	1	113,20	285,06	855,18
7820849	MSC ENDURANCE	47000	36267	22175	2T	122	1	3250	3421,05	2*1900, 1*900, 1*650	4T	3	3	1,25	1,25	14,62	191,18	10	78,80	192,74	8	65,52	47,00	203,77	2,00	28,76	70	193,61	1	94,67	267,75	803,25
9142942	PEMBROKE	46219	34167	16000	2T	110	1	2250	2368,42	3*750, 1*400	4T	3	1	1,25	1,25	14,45	191,18	10	56,95	192,74	8	47,28	47,00	202,36	2,00	19,77	70	193,78	1	64,70	168,60	168,60
8117237	AL HSKA	46155	35615	13730	2T	106	1	3222	3391,58	3*1000, 1*900	4T	3	1	1,25	1,25	13,47	185,15	10	47,25	186,50	8	39,25	47,00	203,77	2,00	28,51	70	193,61	1	84,95	199,96	199,96
8117251	AL WAJBA	46155	35615	13533	2T	106	1	3222	3391,58	3*1000, 1*900	4T	3	1	1,25	1,25	11,57	185,15	10	46,57	186,50	8	38,69	47,00	203,77	2,00	28,51	70	193,61	1	70,23	184,00	184,00
8117225	DUBAI	46155	35615	13533	2T	106	1	3222	3391,58	1000	4T	3	1	1,25	1,25	15,50	185,15	10	46,57	186,50	8	38,69	47,0									

Características del Buque				Máquina principal			Planta Generadora					Datos Escalas				Emisiones MMPP en Navegación Puerto					Emisiones MMAA en Navegación Puerto				Emisiones MMAA Estancia en Puerto			Emisiones de NOx en Puerto				
IMO	Nombre	Desplaz. (t)	DWT (t)	Potencia Propulsora MCR (kW)	Tipo de MMPP	rpm	Nº de MMPP	Potencia Total Motores Aux. (kW)	Potencia Total Motores Aux. (kW)	Potencia por GENERADOR (kW)	Tipo de MMAA	Nº de MMAA	Nº de Escalas en Puerto BCN	Tiempo maniobra entrada (h)	Tiempo maniobra salida (h)	Tiempo medio de escala (h)	Consumo específico combustible maniobra entrada MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de entrada	Emisiones de NOx maniobra entrada MMPP (kg)	Consumo específico combustible maniobra salida MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de salida	Emisiones de NOx maniobra salida MMPP (kg)	% Carga MMAA en maniobra	Consumo específico combustible maniobra MMAA (g/kWh)	Nº MMAA operativos en maniobra	Emisiones de NOx maniobra MMAA (kg)	% Carga MMAA en puerto	Consumo específico combustible puerto MMAA (g/kWh)	Nº MMAA operativos en puerto	Emisiones de NOx puerto MMAA (kg) por escala	Emisiones de NOx por buque durante el año 2009 (kg)	Emisiones de NOx por buque durante el año 2009 (kg)
9124524	NORASIA ALPS	44543	34954	24318	2T	102	1	4005	4215,79	1335	4T	3	2	1,25	1,25	12,37	191,18	10	86,41	192,74	8	71,85	47,00	203,77	2,00	35,44	70	193,61	1	95,00	288,71	577,42
9153408	UTE OLTSMANN	44526	33964	17200	2T	108	1	3800	4000,00	21900 11400	4T	2	5	1,25	1,25	11,58	191,18	10	61,12	192,74	8	50,82	47,00	202,38	2,00	50,10	70	188,54	1	121,17	283,21	1416,04
9009429	NADA	44383	35100	16462	2T	94	1	4320	4547,37	1080	4T	4	2	1,25	1,25	9,40	191,18	10	58,50	192,74	8	48,64	47,00	203,77	2,00	28,67	70	193,61	1	53,75	189,56	379,11
9005431	CSL RIDE	44383	35100	16440	2T	94	1	3552	3738,95	1184	4T	3	16	1,25	1,25	17,67	191,18	10	58,42	192,74	8	48,58	47,00	203,77	2,00	31,43	70	193,61	1	129,54	267,97	4287,48
9122538	HAMBURGO	42583	32482	16880	2T	91	1	3300	3473,68	1100	4T	3	2	1,25	1,25	15,07	191,18	10	59,91	192,74	8	49,82	47,00	203,77	2,00	29,20	70	193,61	1	99,70	238,63	477,26
9143245	CLASSICA	39645	30241	17962	2T	97	1	2520	2652,63	21280 11020	4T	2	3	1,25	1,25	14,19	191,18	10	63,83	192,74	8	53,07	47,00	203,77	2,00	33,45	70	193,61	1	106,27	256,62	769,87
8204468	MSC DIMAN	39039	30124	19482	2T	97	1	3600	3789,47	1200	4T	3	4	1,25	1,25	16,69	191,18	10	69,26	192,74	8	57,59	47,00	203,77	2,00	31,86	70	193,61	1	122,79	281,50	1126,02
8302155	MSC UKRAINE	38499	26132	16260	2T	104	1	3159	3325,26	1000	4T	3	2	1,25	1,25	20,19	191,18	10	57,78	192,74	8	48,04	47,00	203,77	2,00	27,96	70	193,61	1	134,36	268,14	536,28
7900077	JOLLY ARGENTO	36704	33171	21314	2T	122	1	4000	4210,53	1000	4T	4	6	1,25	1,25	17,71	191,18	10	75,74	192,74	8	62,98	47,00	203,77	2,00	26,55	70	193,61	1	109,71	274,97	1649,82
7900053	JOLLY ORO	36704	33171	21314	2T	122	1	4000	4210,53	1000	4T	4	5	1,25	1,25	23,86	191,18	10	75,74	192,74	8	62,98	47,00	203,77	2,00	26,55	70	193,61	1	154,08	319,34	1596,71
9365828	MUKADDES KALKAVAN	35149	26811	13280	2T	127	1	2220	2336,84	3740, 11800	4T	3	22	1,25	1,25	7,33	185,15	10	45,70	186,50	8	37,97	47,00	202,36	2,00	19,51	70	193,78	1	25,78	128,96	2837,11
9365843	IBRAHIM DEDE	35149	26811	13288	2T	127	1	2220	2336,84	3740, 11800	4T	3	22	1,25	1,25	8,24	185,15	10	45,66	186,50	8	37,93	47,00	202,36	2,00	19,51	70	193,78	1	30,67	133,77	2342,91
9365831	CAFER DEDE	34085	26000	13268	2T	127	1	2220	2336,84	11800, 3740	4T	3	22	1,25	1,25	6,58	185,15	10	45,66	186,50	8	37,93	47,00	202,36	2,00	19,51	70	193,78	1	21,81	124,91	2148,02
7909360	CUEVASANTA B	32866	25070	15519	2T		1	2445	2573,68	815	4T	3	8	1,25	1,25	40,19	191,18	10	55,15	192,74	8	45,65	47,00	202,36	2,00	21,49	70	193,78	1	221,73	344,22	2753,73
9423724	FAIRCHEM BIRDIE	31986	25399	7145	2T	136	1	1845	1942,11	615	4T	3	2	1,25	1,25	47,69	185,88	10	24,60	186,45	8	20,42	47,00	202,89	2,00	16,26	70	197,71	1	204,70	266,06	532,12
9182943	SAMARIA	31610	25360	16969	2T	108	1	1800	1894,74	2900, 21200	4T	2	3	1,25	1,25	15,87	191,18	10	60,38	192,74	8	50,14	47,00	202,36	2,00	23,73	70	193,78	1	86,84	263,02	663,02
9082790	CONI VADO LIGURE	31053	23190	13320	2T	113	1	3696	3890,53	1232	4T	3	5	1,25	1,25	16,62	185,15	10	45,84	186,50	8	38,08	47,00	203,77	2,00	32,71	70	193,61	1	125,46	242,09	1210,45
9122045	CONI MAGALLANES	30839	22984	13320	2T	113	1	3288	3461,05	1096	4T	3	1	1,25	1,25	19,75	185,15	10	45,84	186,50	8	38,08	47,00	203,77	2,00	29,10	70	193,61	1	136,36	249,37	249,37
9144134	WEHR KOBLENZ	30835	23026	13320	2T	113	1	3288	3461,05	1096	4T	3	1	1,25	1,25	15,32	185,15	10	45,84	186,50	8	38,08	47,00	203,77	2,00	29,10	70	193,61	1	101,31	214,33	214,33
9105994	DELMAS BONNY	30835	23027	13320	2T	113	1	3288	3461,05	1096	4T	3	6	1,25	1,25	9,71	185,15	10	45,84	186,50	8	38,08	47,00	203,77	2,00	29,10	70	193,61	1	57,02	170,04	1020,24
9105968	CHRISTA RICKMERS	30835	23064	13320	2T	113	1	3288	3461,05	1096	4T	3	4	1,25	1,25	16,08	185,15	10	45,84	186,50	8	38,08	47,00	203,77	2,00	29,10	70	193,61	1	107,37	220,39	861,55
9149885	CMA CGM LICORNE	30835	23028	13320	2T		1	3420	3600,00	1140	4T	3	2	1,25	1,25	18,71	185,15	10	45,84	186,50	8	38,08	47,00	203,77	2,00	30,26	70	193,61	1	133,27	247,45	494,90
9122057	HELENE RUSS	30835	23043	13314	2T	113	1	3288	3461,05	1096	4T	3	5	1,25	1,25	13,63	185,15	10	45,82	186,50	8	38,06	47,00	203,77	2,00	29,10	70	193,61	1	87,98	200,96	1004,79
9232844	AFRICAN CHEETAH	30756	22968	13328	2T		1	3288	3461,05	1096	4T	3	4	1,25	1,25	14,51	185,15	10	45,87	186,50	8	38,10	47,00	203,77	2,00	29,10	70	193,61	1	94,92	207,99	831,95
9149897	ELQUI	30750	23026	13320	2T	113	1	3288	3461,05	1096	4T	3	6	1,25	1,25	17,83	185,15	10	45,84	186,50	8	38,08	47,00	203,77	2,00	29,10	70	193,61	1	121,18	234,20	1405,20
9122033	CMA CGM CARTAGENA	30726	22900	13320	2T	113	1	3288	3461,05	1096	4T	3	9	1,25	1,25	13,16	185,15	10	45,84	186,50	8	38,08	47,00	203,77	2,00	29,10	70	193,61	1	84,30	197,32	1775,86
9102902	VULKAN	30725	22982	13320	2T	113	1	3696	3890,53	1232	4T	3	3	1,25	1,25	12,32	185,15	10	45,84	186,50	8	38,08	47,00	203,77	2,00	32,71	70	193,61	1	87,23	203,85	611,56
9144160	DELMAS JOLBA	30719	23027	13314	2T	113	1	3940	4042,11	1280	4T	3	7	1,25	1,25	14,89	185,15	10	45,82	186,50	8	38,06	47,00	203,77	2,00	33,98	70	193,61	1	114,34	232,20	1625,43
9150406	E. R. DURBAN	30700	23075	13320	2T	113	1	3288	3461,05	1096	4T	3	1	1,25	1,25	13,72	185,15	10	45,84	186,50	8	38,08	47,00	203,77	2,00	29,10	70	193,61	1	88,66	201,68	201,68
9106970	CSVA MARESIAS	30665	22900	13320	2T	113	1	3288	3461,05	1096	4T	3	3	1,25	1,25	12,52	185,15	10	45,84	186,50	8	38,08	47,00	203,77	2,00	29,10	70	193,61	1	79,22	192,24	576,72
9204477	CONI FORTUNA	30635	22878	13328	2T	113	1	3288	3461,05	1096	4T	3	2	1,25	1,25	12,97	185,15	10	45,87	186,50	8	38,10	47,00	203,77	2,00	29,10	70	193,61	1	82,74	195,80	391,60
9232832	SFL EUROPA	30467	22900	13327	2T	113	1	3288	3461,05	1096	4T	3	20	1,25	1,25	14,20	185,15	10	45,86	186,50	8	38,10	47,00	203,77	2,00	29,10	70	193,61	1	92,52	205,58	4111,56
9114191	CMA CGM QUILZAT	30388	24457	14314	2T	105	1	3288	3461,05	1096	4T	3	4	1,25	1,25	11,47	185,15	10	49,26	186,50	8	40,92	47,00	203,77	2,00	29,10	70	193,61	1	70,88	190,16	760,63
9114189	CMA CGM COULBRI	30388	24457	14314	2T	105	1	3288	3461,05	1096	4T	3	4	1,25	1,25	13,77	185,15	10	49,26	186,50	8	40,92	47,00	203,77	2,00	29,10	70	193,61	1	89,06	208,34	833,35

Características del Buque				Máquina principal			Planta Generadora					Datos Escalas				Emisiones MMPP en Navegación Puerto					Emisiones MMAA en Navegación Puerto				Emisiones MMAA Estancia en Puerto			Emisiones de NOx en Puerto				
IMO	Nombre	Desplaz. (t)	DWT (t)	Potencia Propulsora MCR (kW)	Tipo de MMPP	rpm	Nº de MMPP	Potencia Total MCR Motores Aux. (kW)	Potencia Total Aux. (kW)	Potencia por GENERADOR (kW)	Tipo de MMAA	Nº de MMAA	Nº de Escalas en Puerto BCN	Tiempo maniobra entrada (h)	Tiempo maniobra salida (h)	Tiempo medio de escala (h)	Consumo específico combustible maniobra entrada MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de entrada	Emisiones de NOx maniobra entrada MMPP (kg)	Consumo específico combustible maniobra salida MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de salida	Emisiones de NOx maniobra salida MMPP (kg)	% Carga MMAA en maniobra	Consumo específico combustible maniobra MMAA (g/kWh)	Nº MMAA operativos en maniobra	Emisiones de NOx maniobra MMAA (kg)	% Carga MMAA en puerto	Consumo específico combustible puerto MMAA (g/kWh)	Nº MMAA operativos en puerto	Emisiones de NOx operativos MMAA (kg) por escala	Emisiones de NOx por escala (kg)	Emisiones de NOx por buque durante el año 2009 (kg)
9123922	CCNI MEJILLONES	29783	23970	13755	2T	100	1	1860	1957,89		4T	2	3	1,25	1,25	16,94	185,15	10	47,33	186,50	8	39,33	47,00	202,36	2,00	24,52	70	193,78	1	95,97	208,15	624,46
9056284	KOLLMAR	29600	21540	12500	4T	428	1	1860	1957,89	2*930, 1*1500	4T	2	2	1,25	1,25	14,26	185,15	10	12,90	186,50	8	10,23	47,00	202,36	2,00	24,52	70	193,78	1	78,94	126,66	253,33
9074406	WESTERDEICH	29411	22343	13320	2T	113	1	2652	2791,58	3*884, 1*1440	4T	3	1	1,25	1,25	13,50	185,15	10	45,84	186,50	8	38,08	47,00	202,36	2,00	23,31	70	193,78	1	70,20	177,42	177,42
9256365	MARFRET DURANDE	29297	23579	15806	2T	105	1	3780	3978,95	1260	4T	3	10	1,25	1,25	17,76	191,18	10	56,17	192,74	8	46,70	47,00	203,77	2,00	33,45	70	193,61	1	138,66	274,98	2749,79
9323481	HANSA LIMBURG	29133	23447	16660	2T	105	1	2800	2947,37	2*1400, 1*1200	4T	2	6	1,25	1,25	14,33	191,18	10	59,20	192,74	8	49,23	47,00	203,77	2,00	37,17	70	193,61	1	119,46	265,05	1590,29
9312652	HS SIETANA	29046	23377	15820	2T	105	1	3780	3978,95	1260	4T	3	3	1,25	1,25	10,83	191,18	10	56,22	192,74	8	46,74	47,00	203,77	2,00	33,45	70	193,61	1	75,73	212,14	636,42
9289063	LAURA SCHULTE	28933	23286	15785	2T	105	1	3540	3726,32	1180	4T	3	1	1,25	1,25	11,98	191,18	10	56,09	192,74	8	46,64	47,00	203,77	2,00	31,33	70	193,61	1	80,71	214,77	214,77
9305908	HILDE A	27396	22049	11063	2T	127	1	2960	3115,79	1*900, 4*740	4T	4	8	1,25	1,25	13,43	185,15	10	38,07	186,50	8	31,63	47,00	202,36	2,00	19,51	70	193,78	1	58,39	147,60	1180,83
9305983	MARGUERITE A	27376	22033	11059	2T	127	1	3120	3284,21	4*780, 1*1000	4T	4	11	1,25	1,25	14,14	185,15	10	38,06	186,50	8	31,62	47,00	202,36	2,00	20,56	70	193,78	1	65,56	155,79	1713,73
9379349	MICHEL A	27263	22014	13280	2T	127	1	2960	3115,79	4*740, 1*900	4T	4	1	1,25	1,25	19,33	185,15	10	45,70	186,50	8	37,97	47,00	202,36	2,00	19,51	70	193,78	1	89,92	193,10	193,10
9046227	SAN VICENTE	27270	20278	12357	2T	100	1	1440	1515,79	2*720, 1*1300	4T	2	3	1,25	1,25	10,43	185,15	10	42,52	186,50	8	35,33	47,00	202,36	2,00	18,98	70	193,78	1	41,21	138,04	414,12
9119860	SAN FELIPE	27254	20058	12355	2T	100	1	1440	1515,79	2*720, 1*1300	4T	2	4	1,25	1,25	10,32	185,15	10	42,52	186,50	8	35,32	47,00	202,36	2,00	18,98	70	193,78	1	40,63	137,45	549,80
9084907	SAN FERNANDO	27254	20100	12355	2T	100	1	1440	1515,79	2*720, 1*1300	4T	2	3	1,25	1,25	15,21	185,15	10	42,52	186,50	8	35,32	47,00	202,36	2,00	18,98	70	193,78	1	66,04	162,86	488,58
9101508	NOVIA	27236	20176	11130	2T	127	1	2712	2854,74	3*904, 1*1000	4T	3	9	1,25	1,25	14,45	185,15	10	38,30	186,50	8	31,82	47,00	202,36	2,00	23,83	70	193,78	1	78,01	171,96	1547,67
9081734	TEVAL	27200	20140	11130	2T	127	1	2790	2936,94	3*900, 1*900	4T	3	8	1,25	1,25	13,20	185,15	10	38,30	186,50	8	31,82	47,00	202,36	2,00	24,52	70	193,78	1	71,81	166,45	1331,58
9004243	MSC EQUATOR	27200	20147	11130	2T	127	1	1920	2021,05	3*940, 1*800	4T	3	1	1,25	1,25	24,98	185,15	10	38,30	186,50	8	31,82	47,00	202,36	2,00	16,87	70	193,78	1	103,87	190,87	190,87
9070008	MARWAN	27200	20140	11129	2T	127	1	2790	2936,94	930	4T	3	3	1,25	1,25	9,89	185,15	10	38,30	186,50	8	31,82	47,00	202,36	2,00	24,52	70	193,78	1	49,61	144,24	432,72
9057147	REINATE SCHULTE	27072	20275	12180	2T	109	1	1620	1705,26	3*540, 1*1000	4T	3	9	1,25	1,25	13,63	185,15	10	41,91	186,50	8	34,82	47,00	202,89	2,00	14,27	70	197,71	1	44,28	138,29	1217,61
9060285	HANSA RIGA	26689	21480	12289	2T	105	1	1800	1894,74	600	4T	3	1	1,25	1,25	15,52	185,15	10	42,22	186,50	8	35,08	47,00	202,89	2,00	15,86	70	197,71	1	57,52	150,68	150,68
9152600	HANSA CENTURION	26680	21473	12285	2T	105	1	1800	1894,74	600	4T	3	3	1,25	1,25	10,44	185,15	10	42,21	186,50	8	35,07	47,00	202,89	2,00	15,86	70	197,71	1	35,08	128,22	384,65
9412787	CALA PAGURO	26642	21442	15820	2T	105	1	3780	3978,95		4T	3	4	1,25	1,25	11,10	191,18	10	56,22	192,74	8	46,74	47,00	203,77	2,00	33,45	70	193,61	1	78,19	214,60	858,40
9367542	CALA PUMA	26606	21413	15820	2T	105	1	3780	3978,95		4T	3	3	1,25	1,25	11,05	191,18	10	56,22	192,74	8	46,74	47,00	203,77	2,00	33,45	70	193,61	1	77,70	214,11	642,32
9431630	MARFRET MARAJO	26416	21260	15820	2T	105	1	3780	3978,95	1260	4T	3	11	1,25	1,25	15,13	191,18	10	56,22	192,74	8	46,74	47,00	203,77	2,00	33,45	70	193,61	1	114,79	251,20	2783,22
7727528	MSC ROMANJO II	26232	19621	8827	2T	122	1	1500	1578,95	500	4T	3	1	1,25	1,25	26,47	185,15	10	30,38	186,50	8	25,24	47,00	202,89	2,00	13,22	70	197,71	1	88,26	157,09	157,09
9127459	ALLEGRI	25243	19353	9698	2T	111	1	1680	1768,42	560	4T	3	17	1,25	1,25	12,51	185,15	10	33,37	186,50	8	27,73	47,00	202,89	2,00	14,80	70	197,71	1	41,30	117,20	192,47
9126766	CORELLI	25243	19532	9562	2T	123	1	1680	1768,42	560	4T	3	13	1,25	1,25	14,53	185,15	10	32,91	186,50	8	27,84	47,00	202,89	2,00	14,80	70	197,71	1	49,60	124,65	1620,39
9126754	TOMRIZA	25243	19338	9526	2T	123	1	1680	1768,42	560	4T	3	14	1,25	1,25	15,59	185,15	10	32,78	186,50	8	27,23	47,00	202,89	2,00	14,80	70	197,71	1	53,99	128,81	1803,28
9126742	ROZA A	25243	19325	9526	2T	123	1	1680	1768,42	560	4T	3	15	1,25	1,25	15,60	185,15	10	32,78	186,50	8	27,23	47,00	202,89	2,00	14,80	70	197,71	1	54,01	128,83	1932,47
9162266	DOLLART TRADER	24419	22024	19540	2T	113	1	2652	2791,58	1*1440, 3*884	4T	3	2	1,25	1,25	15,81	191,18	10	55,22	192,74	8	45,92	47,00	202,36	2,00	23,31	70	193,78	1	84,93	209,37	418,74
9348637	BEATRIZ B	24376	18091	10395	4T	500	1	3330	3505,26	1*1600, 3*804	4T	3	27	1,25	1,25	31,76	185,15	10	10,79	186,50	8	8,50	47,00	203,77	2,00	29,47	70	193,61	1	234,24	283,01	7641,29
9348625	VERONICA B	24376	18091	10395	4T	500	1	3330	3505,26	3*904, 1*1600	4T	3	19	1,25	1,25	36,16	185,15	10	10,79	186,50	8	8,50	47,00	203,77	2,00	29,47	70	193,61	1	269,45	318,22	6046,18
9007506	MSC BROOKE	23870	17610	9540	2T	127	1	1920	2021,05	3*940, 1*800	4T	3	14	1,25	1,25	12,77	185,15	10	32,83	186,50	8	27,27	47,00	202,36	2,00	16,87	70	193,78	1	47,47	124,45	1742,28
9175717	MARENO	23750	17500	13320	2T	113	1	2280	2400,00	760	4T	3	29	1,25	1,25	15,68	185,15	10	45,84	186,50	8	38,08	47,00	202,36	2,00	20,04	70	193,78	1	72,31	176,26	5111,60
9175705	CALA PANAMA	23750	17250	13320	2T	113	1	2280	2400,00	760	4T	3	1	1,25	1,25	9,57	185,15	10	45,84	186,50	8	38,08	47,00	202,36	2,00	20,04	70	193,7				

Características del Buque				Máquina principal			Planta Generadora				Datos Escalas				Emisiones MMPP en Navegación Puerto					Emisiones MMAA en Navegación Puerto				Emisiones MMAA Estancia en Puerto			Emisiones de Nox en Puerto					
IMO	Nombre	Desplaz. (t)	DWT (t)	Potencia Propulsora MCR (KW)	Tipo de MMPP	rpm	Nº de MMPP	Potencia Total MCR Motores Aux. (KW)	Potencia Total indicada Motores Aux. (KW)	Potencia por GENERADOR (KW)	Tipo de MMAA	Nº de MMAA	Nº de Escalas en Puerto BCN	Tiempo maniobra entrada (h)	Tiempo maniobra salida (h)	Tiempo medio de escala (h)	Consumo específico combustible maniobra entrada MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de entrada	Emisiones de NOx maniobra entrada MMPP (kg)	Consumo específico combustible maniobra salida MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de salida	Emisiones de NOx maniobra salida MMPP (kg)	% Carga MMAA en maniobra	Consumo específico combustible maniobra MMAA (g/kWh)	Nº MMAA operativos en maniobra	Emisiones de NOx maniobra MMAA (kg)	% Carga MMAA en puerto	Consumo específico combustible puerto MMAA (g/kWh)	Nº MMAA operativos en puerto	Emisiones de NOx por MMAA (kg por escala)	Emisiones de NOx por escala (kg)	Emisiones de NOx durante el año 2018 (kg)
9003463	MSC AMY	20788	14342	7950	2T	127	1	1440	1515,79	3'480, 1'800	4T	3	10	1,25	1,25	14,26	165,15	10	27,36	166,50	8	22,73	47,00	202,89	2,00	12,69	70	197,71	1	41,59	104,37	1043,68
9162629	SORAYA	20500	14174	24000	4T	510	2	2648	2787,37	2'1200, 1'2000	4T	2	20	1,25	1,25	12,17	191,16	10	25,73	192,74	8	20,29	47,00	203,77	2,00	35,15	70	193,61	1	92,37	173,55	3470,91
9126998	TITAN	20440	14587	10920	2T	135	1	1900	2000,00	2'960, 1'1000	4T	2	1	1,25	1,25	12,15	165,15	10	37,58	166,50	8	31,22	47,00	203,77	2,00	25,22	70	193,61	1	66,12	160,14	160,14
9203904	LIBRA J	19861	14174	10880	2T	124	1	2340	2463,16	780	4T	3	16	1,25	1,25	15,24	165,15	10	37,44	166,50	8	31,11	47,00	202,36	2,00	20,56	70	193,78	1	71,73	160,84	2573,40
9324942	FESKO ASKOLD	19569	13806	9730	4T	428	1	1710	1800,00	1'1400, 3'570	4T	3	2	1,25	1,25	7,52	165,15	10	10,10	166,50	8	7,96	47,00	202,89	2,00	15,07	70	197,71	1	21,06	54,19	108,38
9409829	OPS HAMBURG	19504	13760	9730	4T	428	1	1710	1800,00	3'570, 1'1400	4T	3	45	1,25	1,25	9,22	165,15	10	10,10	166,50	8	7,96	47,00	202,89	2,00	15,07	70	197,71	1	28,21	61,34	2760,24
9265598	OTTERHOUND	19491	13760	9730	4T	428	1	1630	1926,32	610	4T	3	1	1,25	1,25	8,67	165,15	10	10,10	166,50	8	7,96	47,00	202,89	2,00	16,12	70	197,71	1	28,60	62,79	62,79
9420368	TABANI	19467	13734	9730	4T	428	1	1710	1800,00	3'570, 1'1400	4T	3	13	1,25	1,25	14,54	165,15	10	10,10	166,50	8	7,96	47,00	202,89	2,00	15,07	70	197,71	1	50,57	83,70	1688,05
9347970	TOKATA	19460	13729	9730	4T	428	1	1710	1800,00	3'570, 1'1400	4T	3	22	1,25	1,25	11,98	165,15	10	10,10	166,50	8	7,96	47,00	202,89	2,00	15,07	70	197,71	1	39,81	72,94	1684,60
9316103	STADT GOSLAR	19440	13715	9730	4T	428	1	1710	1800,00	3'570, 1'1400	4T	3	1	1,25	1,25	20,05	165,15	10	10,10	166,50	8	7,96	47,00	202,89	2,00	15,07	70	197,71	1	73,68	106,61	106,61
9316098	STADT CELLE	19433	13710	9730	4T	428	1	1710	1800,00	3'570, 1'1400	4T	3	1	1,25	1,25	7,15	165,15	10	10,10	166,50	8	7,96	47,00	202,89	2,00	15,07	70	197,71	1	19,52	52,65	52,65
9403463	VEGA MERCURY	19422	13702	9730	4T	428	1	1710	1800,00	570	4T	3	11	1,25	1,25	17,81	165,15	10	10,10	166,50	8	7,96	47,00	202,89	2,00	15,07	70	197,71	1	64,26	97,39	1071,26
9428322	RICKMERS MALAYSIA	19237	13700	12640	2T	127	1	5320	5600,00	2'1520, 2'1140	4T	4	6	1,25	1,25	16,36	165,15	10	43,80	166,50	8	36,14	47,00	203,77	2,00	35,31	70	193,61	1	132,91	247,85	1497,11
9144718	HUSKY RUNNER	19072	13455	10000	4T	428	1	750	789,47	3'260, 1'1000	4T	3	11	1,25	1,25	18,97	165,15	10	10,38	166,50	8	8,18	47,00	202,89	2,00	6,61	70	197,71	1	30,32	55,49	610,42
8807571	MSC ALGERIE	19069	13453	4952	2T	136	1	3800	4000,00		4T	4	4	1,25	1,25	14,65	165,88	10	17,11	166,45	8	14,15	47,00	203,77	2,00	25,22	70	193,61	1	83,25	139,73	558,92
8415639	AYSE A	18868	13333	6418	2T	133	1	780	821,05	2'390, 1'420	4T	2	2	1,25	1,25	5,66	165,88	10	22,17	166,45	8	18,34	47,00	202,89	2,00	10,31	70	197,71	1	9,07	59,90	119,80
9130339	MAGNOS	18600	13200	3800	2T	127	1	3800	4000,00	810	4T	4	2	1,25	1,25	10,69	165,15	10	29,53	166,50	8	24,63	47,00	203,77	2,00	25,22	70	193,61	1	56,13	136,40	270,81
8421212	ENDEAVOUR	18007	12712	6809	4T	400	1	1050	1105,26	1'810, 1'240	4T	2	2	1,25	1,25	14,00	165,88	10	7,10	166,45	8	5,57	47,00	202,89	2,00	13,88	70	197,71	1	44,47	71,01	142,02
9136230	EVIDENCE	17920	13100	10560	4T	600	2	1080	1136,84	1'2000, 2'540	4T	2	17	1,25	1,25	13,74	165,15	10	13,92	166,50	8	11,27	47,00	202,89	2,00	14,27	70	197,71	1	44,71	84,17	1430,88
9136228	EVOLUTION	17920	13100	10560	4T	600	2	1080	1136,84	1'2000, 2'540	4T	2	9	1,25	1,25	23,62	165,15	10	13,92	166,50	8	11,27	47,00	202,89	2,00	14,27	70	197,71	1	84,01	123,47	1111,21
9322889	SEDEF KALKAVAN	17847	12545	11060	2T	127	1	3800	4000,00		4T	4	6	1,25	1,25	7,66	165,15	10	38,06	166,50	8	31,62	47,00	203,77	2,00	25,22	70	193,61	1	35,38	130,28	781,70
9111466	ZAGORA	17824	14100	6930	2T	140	1	1596	1680,00	3'610, 1'1000	4T	3	41	1,25	1,25	10,16	165,88	10	23,94	166,45	8	19,81	47,00	202,89	2,00	14,06	70	197,71	1	30,00	87,81	3600,16
9071272	AUSTRIA	17824	14100	6930	2T	140	1	1845	1942,11	3'504, 1'1000	4T	3	8	1,25	1,25	9,86	165,88	10	23,94	166,45	8	19,81	47,00	202,89	2,00	16,26	70	197,71	1	33,36	93,36	746,91
8910079	ARMINA	17824	12310	6930	2T	140	1	1512	1591,58	504	4T	3	3	1,25	1,25	15,36	165,88	10	23,94	166,45	8	19,81	47,00	202,89	2,00	13,32	70	197,71	1	47,74	104,81	314,44
8801925	MSC GRANADA	17824	12583	6930	2T	140	1	1512	1591,58	3'504, 1'1000	4T	3	8	1,25	1,25	19,09	165,88	10	23,94	166,45	8	19,81	47,00	202,89	2,00	13,32	70	197,71	1	61,57	118,65	949,16
9064009	ID ASIA	17824	12577	6400	2T	135	1	1512	1591,58	3'504, 1'1000	4T	3	1	1,25	1,25	6,20	165,88	10	22,11	166,45	8	18,29	47,00	202,89	2,00	13,32	70	197,71	1	13,73	67,46	67,46
9004231	MSC ESHA	17804	12654	8800	4T	425	1	2010	2115,79	3'970, 1'800	4T	3	25	1,25	1,25	15,91	165,15	10	9,14	166,50	8	7,20	47,00	202,36	2,00	17,66	70	193,78	1	64,88	98,88	2472,06
9366463	MURAT K	17783	12500	11060	2T	127	1	1710	1800,00	3'570, 1'1800	4T	3	4	1,25	1,25	9,89	165,15	10	38,06	166,50	8	31,62	47,00	202,89	2,00	15,07	70	197,71	1	31,03	115,78	463,12
9366471	ERKAN K	17783	12500	11060	2T	127	1	1710	1800,00	3'570, 1'1800	4T	3	7	1,25	1,25	5,78	165,15	10	38,06	166,50	8	31,62	47,00	202,89	2,00	15,07	70	197,71	1	13,76	96,51	689,58
9366469	FURTH	17783	12500	10500	2T	127	1	1710	1800,00	1'1800, 3'570	4T	3	7	1,25	1,25	7,95	165,15	10	36,13	166,50	8	30,02	47,00	202,89	2,00	15,07	70	197,71	1	22,87	104,09	728,63
9366445	KAPTAN ERGUN	17783	12500	10010	2T	127	1	1710	1800,00	3'570, 1'1800	4T	3	10	1,25	1,25	7,13	165,15	10	34,45	166,50	8	28,62	47,00	202,89	2,00	15,07	70	197,71	1	19,43	97,56	975,63
9316266	ECEM KALKAVAN	17782	12545	10500	2T	127	1	1710	1800,00	3'570, 1'1800	4T	3	2	1,25	1,25	5,13	165,15	10	36,13	166,50	8	30,02	47,00	202,89	2,00	15,07	70	197,71	1	11,06	92,27	184,55
9316254	SENA KALKAVAN	17782	12545	10500	2T	127	1	1710	1800,00		4T	3	9	1,25	1,25	7,68	165,15	10	36,13	166,50	8	30,02	47,00	202,89	2,00	15,07	70	197,71	1	21,74	102,96	926,61
8303329	FATMA TOPAL	17781	12750	6998	4T	425	1	1323	1392,63	3'440, 1'800	4T	3	16	1,25	1,25	10,93	165,88	10	7,29	166,45	8	5,72	47,00	202,89	2,00	11,66	70	197,				

Características del Buque				Máquina principal			Planta Generadora				Datos Escalas				Emisiones MMPP en Navegación Puerto					Emisiones MMAA en Navegación Puerto				Emisiones MMAA Estancia en Puerto			Emisiones de Nox en Puerto					
IMO	Nombre	Desplaz. (t)	DWT (t)	Potencia Propulsora MCR (KW)	Tipo de MMPP	rpm	Nº de MMPP	Potencia Total MCR Motores Aux. (KW)	Potencia Total indicada Motores Aux. (KW)	Potencia por GENERADOR (KW)	Tipo de MMAA	Nº de MMAA	Nº de Escalas en Puerto BCN	Tiempo maniobra entrada (h)	Tiempo maniobra salida (h)	Tiempo medio de escala (h)	Consumo específico combustible maniobra entrada MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de entrada	Emisiones de NOx maniobra entrada MMPP (kg)	Consumo específico combustible maniobra salida MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de salida	Emisiones de NOx maniobra salida MMPP (kg)	% Carga MMAA en maniobra	Consumo específico combustible maniobra MMAA (g/kWh)	Nº MMAA operativos en maniobra	Emisiones de NOx maniobra MMAA (kg)	% Carga MMAA en puerto	Consumo específico combustible puerto MMAA (g/kWh)	Nº MMAA operativos en puerto	Emisiones de NOx puerto MMAA (kg) por escala	Emisiones de NOx por escala (kg)	Emisiones de NOx por buque durante el año 2008 (kg)
9139634	VENTO DI NORTADA	16978	12358	11475	2T	123	1	2000	2105.26	2*1000, 1*1800	4T	2	8	1.25	1.25	10.81	185.15	10	39.49	186.50	8	32.81	47.00	203.77	2.00	26.55	70	193.61	1	59.94	158.78	1270.25
9319995	PAULINE	16836	11834	9600	4T	500	1	3820	4021.05	2*910, 1*2000	4T	3	7	1.25	1.25	10.48	185.15	10	9.97	186.50	8	7.85	47.00	203.77	2.00	33.80	70	193.61	1	73.32	124.94	874.60
9232974	ORKUN KALKAVAN	16791	12123	11500	2T	127	1	1710	1800.00		4T	3	1	1.25	1.25	6.18	185.15	10	39.57	186.50	8	32.88	47.00	202.89	2.00	15.07	70	197.71	1	15.46	102.98	102.98
9435820	CMA CGM MEKNES	16752	11775	9600	4T	500	1	1820	1915.79	2*910, 1*2000	4T	2	3	1.25	1.25	7.07	185.15	10	9.97	186.50	8	7.85	47.00	202.36	2.00	23.99	70	193.78	1	30.00	71.81	215.44
9355458	PAVO J	16298	11182	8402	4T	500	1	1168	1229.47	2*594, 1*1200	4T	2	1	1.25	1.25	10.27	185.15	10	8.72	186.50	8	6.87	47.00	202.89	2.00	15.44	70	197.71	1	33.41	64.44	64.44
9355446	BG IRELAND	16292	11178	8402	4T	500	1	872	917.89	2*436, 1*1200	4T	2	18	1.25	1.25	10.31	185.15	10	8.72	186.50	8	6.87	47.00	202.89	2.00	11.53	70	197.71	1	25.09	52.21	539.81
9237371	WEC DALI	16205	11391	8400	4T	500	1	1068	1124.21	2*534, 1*1300	4T	2	7	1.25	1.25	21.70	185.15	10	8.72	186.50	8	6.87	47.00	202.89	2.00	14.12	70	197.71	1	75.53	105.24	736.69
9354404	WEC VAN EYCK	16204	11432	8400	4T	500	1	3525	3710.53	1*1488, 1*1112, 1*925	4T	3	28	1.25	1.25	17.04	185.15	10	8.72	186.50	8	6.87	47.00	203.77	2.00	31.19	70	193.61	1	123.19	169.98	4759.32
9237369	ANNA SOPHIE DEDE	16192	11382	8400	4T	500	1	1250	1315.79	2*625, 1*1625	4T	2	1	1.25	1.25	13.22	185.15	10	8.72	186.50	8	6.87	47.00	202.36	2.00	16.48	70	193.78	1	48.35	80.42	80.42
9246530	RACHEL BORCHARD	16125	11376	8400	4T	500	1	1060	1115.79	2*530, 1*1300	4T	2	1	1.25	1.25	7.28	185.15	10	8.72	186.50	8	6.87	47.00	202.89	2.00	14.01	70	197.71	1	16.67	48.28	48.28
9333345	WEC SOROLLA	16032	11269	8400	4T	500	1	1250	1315.79		4T	2	9	1.25	1.25	9.36	185.15	10	8.72	186.50	8	6.87	47.00	202.36	2.00	16.48	70	193.78	1	30.94	63.01	587.10
9326988	DANIEL	15945	11208	8399	4T	500	1	2036	2143.16	1*1112, 1*924	4T	2	4	1.25	1.25	14.73	185.15	10	8.72	186.50	8	6.87	47.00	203.77	2.00	27.03	70	193.61	1	89.82	132.44	529.75
8201301	STANKO STAIKOV	15848	11047	8655	2T	140	1	1512	1591.58	504	4T	3	1	1.25	1.25	16.23	185.88	10	22.99	186.45	8	19.02	47.00	202.89	2.00	13.32	70	197.71	1	50.98	106.31	106.31
8919788	GASCOGNE	15585	10894	5400	4T	450	1	1544	1625.26	1*900, 1*480, 1*284	4T	3	3	1.25	1.25	12.31	185.88	10	5.63	186.45	8	4.42	47.00	202.89	2.00	13.60	70	197.71	1	37.17	60.82	182.46
9071040	LOLA B	15017	10487	8775	4T	500	1	1350	1421.05	3*450, 1*900	4T	3	8	1.25	1.25	15.73	185.15	10	9.11	186.50	8	7.18	47.00	202.89	2.00	11.90	70	197.71	1	43.83	72.02	576.14
8718108	NESSERBAR	14499	10588	8238	2T	145	1	1512	1591.58	504	4T	3	1	1.25	1.25	15.05	185.15	10	28.35	186.50	8	23.85	47.00	202.89	2.00	13.32	70	197.71	1	46.59	111.81	111.81
9020950	GITTE	14439	9868	10000	4T	425	1	1919	2020.00	3*570, 1*1390, 1*209	4T	4	3	1.25	1.25	21.71	185.15	10	10.38	186.50	8	8.18	47.00	202.89	2.00	12.68	70	197.71	1	67.88	99.13	297.38
8801638	CMA CGM RABAT	14234	9786	8803	4T	425	1	1920	2021.05	640	4T	3	1	1.25	1.25	15.10	185.15	10	9.14	186.50	8	7.20	47.00	202.36	2.00	16.87	70	193.78	1	58.21	91.43	91.43
9298901	ENERGIZER	13803	9500	7300	4T	500	1	1113	1171.58	1*1000, 3*350	4T	3	16	1.25	1.25	17.04	185.88	10	7.81	186.45	8	5.97	47.00	202.89	2.00	9.81	70	197.71	1	39.74	63.13	1010.08
9255737	X-PRESS MATTERHORN	13532	9450	7200	4T	500	1	1113	1171.58	3*350, 1*1000	4T	3	2	1.25	1.25	14.59	185.88	10	7.51	186.45	8	5.89	47.00	202.89	2.00	9.81	70	197.71	1	33.04	56.24	112.48
8516603	MISC SHIRLEY	13450	9393	3400	4T	500	1	1200	1263.16	3*400, 1*800	4T	3	12	1.25	1.25	15.39	185.88	10	3.54	186.45	8	2.78	47.00	202.89	2.00	10.57	70	197.71	1	37.98	54.87	658.49
9037264	CARAVEL PRIDE	13300	8787	5119	2T	168	1	1464	1541.05	3*488, 1*560	4T	3	3	1.25	1.25	8.93	185.88	10	17.69	186.45	8	14.63	47.00	202.89	2.00	12.90	70	197.71	1	23.12	68.34	205.02
9286449	MISC HOGGAR	13071	8968	5920	2T	173	1	1500	1578.95	3*500, 1*840	4T	3	19	1.25	1.25	13.09	185.88	10	10.45	186.45	8	16.92	47.00	202.89	2.00	13.22	70	197.71	1	38.01	89.60	1702.39
8321688	REGINA EBERHARDT	13071	8968	5064	4T	425	1	816	858.95	3*272+1*788	4T	3	1	1.25	1.25	16.58	185.88	10	5.28	186.45	8	4.14	47.00	202.89	2.00	7.19	70	197.71	1	28.21	44.82	44.82
9369996	EURO DISCOVERY	12890	9002	9000	4T	500	1	1264	1330.53	2*632, 1*2400	4T	2	21	1.25	1.25	17.92	185.15	10	9.34	186.50	8	7.36	47.00	202.36	2.00	16.66	70	193.78	1	70.33	103.70	2177.74
8003060	NOORA MOON	12861	8492	4854	4T	600	1	1500	1578.95	500	4T	3	1	1.25	1.25	65.35	185.88	10	6.42	186.45	8	5.18	47.00	202.89	2.00	13.22	70	197.71	1	231.45	256.27	256.27
7819101	GLORIA DEL MAR	12861	8492	4854	4T	600	1	1500	1578.95	500	4T	3	3	1.25	1.25	15.67	185.88	10	6.42	186.45	8	5.18	47.00	202.89	2.00	13.22	70	197.71	1	48.49	73.31	219.92
9193513	OS BODRUM	12688	8661	6212	4T	500	1	1200	1263.16	3*400, 1*800	4T	3	1	1.25	1.25	17.95	185.88	10	6.48	186.45	8	5.08	47.00	202.89	2.00	10.57	70	197.71	1	45.52	67.65	67.65
8914544	KENZA	12327	8609	5397	4T	500	1	1710	1800.00	3*570, 1*230	4T	3	3	1.25	1.25	7.13	185.88	10	5.63	186.45	8	4.41	47.00	202.89	2.00	15.07	70	197.71	1	19.45	44.56	133.88
9385441	VEGA SPINELL	12206	8524	6300	4T	514	1	984	1035.79	2*450, 1*1200	4T	2	5	1.25	1.25	12.60	185.88	10	6.57	186.45	8	5.15	47.00	202.89	2.00	13.01	70	197.71	1	36.59	61.31	306.56
9414137	K-WAVE	12184	8509	6300	4T	514	1	2100	2210.53	2*450, 1*1200	4T	3	56	1.25	1.25	9.89	185.88	10	6.57	186.45	8	5.15	47.00	202.36	2.00	18.45	70	193.78	1	37.32	67.50	3779.96
9276341	TEJUAN	12153	8496	7195	4T	500	1	800	842.11	2*400, 1*1200	4T	2	2	1.25	1.25	20.12	185.88	10	7.50	186.45	8	5.88	47.00	202.89	2.00	10.57	70	197.71	1	51.92	75.88	151.77
9167083	ATLANTIC PRODIGY	12153	8350	5940	4T	600	1	885	931.58	3*295, 1*700	4T	3	8	1.25	1.25	15.10	185.88	10	7.86	186.45	8	6.34	47.00	202.89	2.00	7.80	70	197.71	1	27.37	49.36	394.90
9235365	JANINA	12153	8350	5400	4T	500	1	885	931.58		4T	3	5	1.25	1.25	12.22	185.88	10	5.63	186.45	8	4.42	47.00	202.89	2.00	7.80	70	197.71	1	21.11	38.96	1

Características del Buque				Máquina principal				Planta Generadora				Datos Escalas				Emisiones MMPP en Navegación Puerto					Emisiones MAA en Navegación Puerto				Emisiones MAA Estancia en Puerto			Emisiones de Nox en Puerto				
IMO	Nombre	Desplaz. (t)	DWT (t)	Potencia Propulsora MCR (kW)	Tipo de MMPP	rpm	Nº de MMPP	Potencia Total MCR Motores Aux. (kW)	Potencia Total indicada Motores Aux. (kW)	Potencia por GENERADOR (kW)	Tipo de MAA	Nº de MAA	Nº de Escalas en Puerto BCN	Tiempo maniobra entrada (h)	Tiempo maniobra salida (h)	Tiempo medio de escala (h)	Consumo específico combustible maniobra entrada MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de entrada	Emisiones de NOx maniobra entrada MMPP (kg)	Consumo específico combustible maniobra salida MMPP (g/kWh)	% Carga máquina principal maniobra de salida	Emisiones de NOx maniobra salida MMPP (kg)	% Carga MAA en maniobra	Consumo específico combustible maniobra MAA (g/kWh)	Nº MAA operativos en maniobra	Emisiones de NOx maniobra MAA (kg)	% Carga MAA en puerto	Consumo específico combustible puerto MAA (g/kWh)	Nº MAA operativos en puerto	Emisiones de NOx MAA (kg) por escala	Emisiones de NOx por escala (kg)	Emisiones de NOx por buque durante el año 2009 (kg)
9129469	ELECTRA	11229	8002	6600	4T	425	1	656	690.53	328	4T	2	4	1,25	1,25	7,29	185,88	10	6,88	186,45	8	5,40	47,00	202,89	2,00	8,67	70	197,71	1	11,67	32,51	130,05
9226384	JESSICA B	11194	7977	6600	4T	500	1	2220	2336,84	2*500, 1*1220	4T	3	13	1,25	1,25	10,00	185,88	10	6,88	186,45	8	5,40	47,00	202,36	2,00	19,51	70	193,78	1	40,04	71,83	933,81
9226372	MAIKE D	11148	7944	6600	4T	500	1	1000	1092,63	2*500, 1*1220	4T	2	11	1,25	1,25	8,58	185,88	10	6,88	186,45	8	5,40	47,00	202,89	2,00	13,22	70	197,71	1	22,39	47,88	526,68
9162881	BORUSSIA DORTMUND	10508	7220	5300	4T	514	1	640	673,68	2*320, 1*566	4T	2	8	1,25	1,25	10,28	185,88	10	5,52	186,45	8	4,33	47,00	202,89	2,00	8,46	70	197,71	1	18,32	36,64	283,14
9242613	MAGELLAN PLANET	10416	7973	6600	4T	500	1	1730	1821,05	1*1220, 1*510	4T	2	19	1,25	1,25	9,92	185,88	10	6,88	186,45	8	5,40	47,00	202,36	2,00	22,80	70	193,78	1	46,32	81,41	1546,71
9242596	MAGELLAN COMET	10412	7970	6600	4T	500	1	2040	2147,37	1*1220, 1*900, 1*320	4T	3	5	1,25	1,25	11,73	185,88	10	6,88	186,45	8	5,40	47,00	202,36	2,00	17,93	70	193,78	1	45,33	75,54	377,68
9242572	MAGELLAN STAR	10409	7968	7200	4T	500	1	1730	1821,05	1*1220, 1*510	4T	2	20	1,25	1,25	10,25	185,88	10	7,51	186,45	8	5,89	47,00	202,36	2,00	22,80	70	193,78	1	48,37	84,57	1691,43
9242584	PIONEER BUZZARD	10395	7957	6600	4T	500	1	1730	1821,05	1*1220, 1*510	4T	2	8	1,25	1,25	10,21	185,88	10	6,88	186,45	8	5,40	47,00	202,36	2,00	22,80	70	193,78	1	48,12	83,20	665,62
9151101	K-STREAM	10139	7225	5300	4T	514	1	1530	1610,53	1*850, 2*340	4T	3	1	1,25	1,25	10,18	185,88	10	5,52	186,45	8	4,33	47,00	202,89	2,00	13,48	70	197,71	1	28,86	52,20	52,20
9134153	HOHESAND	10139	7223	5300	4T	514	1	1516	1595,79	2*320, 1*566	4T	3	22	1,25	1,25	7,72	185,88	10	5,52	186,45	8	4,33	47,00	202,89	2,00	13,36	70	197,71	1	19,43	42,64	938,18
9138343	INGA LENA	10139	7225	5300	4T	514	1	640	673,68	2*320, 1*566	4T	2	36	1,25	1,25	17,54	185,88	10	5,52	186,45	8	4,33	47,00	202,89	2,00	8,46	70	197,71	1	35,44	53,76	1935,26
9186390	ELECTRON	9796	6886	5760	4T	514	1	640	673,68		4T	2	16	1,25	1,25	12,31	185,88	10	6,00	186,45	8	4,71	47,00	202,89	2,00	8,46	70	197,71	1	23,13	42,30	676,85
9184225	BERTA	9667	7400	5200	2T	173	1	780	821,05	2*390, 1*760	4T	2	1	1,25	1,25	38,22	185,88	10	17,96	186,45	8	14,86	47,00	202,89	2,00	10,31	70	197,71	1	102,59	145,73	145,73
9264219	INGA H.	9217	7055	4320	4T	600	1	1110	1188,42	3*370, 1*500	4T	3	3	1,25	1,25	10,36	185,88	10	5,72	186,45	8	4,61	47,00	202,89	2,00	9,78	70	197,71	1	21,41	41,51	124,54
9045687	ANNA ELISABETH	8699	5708	5150	4T	450	2	1225	1289,47	1*850, 2*287	4T	3	10	1,25	1,25	15,02	185,88	10	5,37	186,45	8	4,21	47,00	202,89	2,00	10,79	70	197,71	1	37,65	58,02	580,22
9122239	MARIS	8115	5325	3825	4T	600	1	624	656,64	2*312, 1*880	4T	2	15	1,25	1,25	8,71	185,88	10	5,06	186,45	8	4,08	47,00	202,89	2,00	8,25	70	197,71	1	14,26	31,65	474,76
9040120	EURO POWER	8078	5334	2992	4T	750	1	927	975,79	1*750, 3*280	4T	3	29	1,25	1,25	9,66	185,88	10	3,96	186,45	8	3,19	47,00	202,89	2,00	8,17	70	197,71	1	16,30	31,62	917,82
9155418	BERUM	7923	5199	3960	4T	600	1	1020	1073,68	340	4T	3	1	1,25	1,25	11,70	185,88	10	5,24	186,45	8	4,22	47,00	202,89	2,00	8,99	70	197,71	1	23,04	41,49	41,49
9141637	VOLKERS	7910	5190	3960	4T	600	1	1020	1073,68		4T	3	1	1,25	1,25	16,13	185,88	10	5,24	186,45	8	4,22	47,00	202,89	2,00	8,99	70	197,71	1	34,14	52,59	52,59
9148790	BLACK RHINO	7792	5113	3689	4T	750	1	800	842,11	2*400, 1*565	4T	2	1	1,25	1,25	21,57	185,88	10	4,88	186,45	8	3,94	47,00	202,89	2,00	10,57	70	197,71	1	56,17	75,56	75,56
9192612	WILSON CADIZ	6100	4432	2550	4T	600	1	336	353,68	2*168, 1*640	4T	2	1	1,25	1,25	26,78	185,88	10	3,37	186,45	8	2,72	47,00	202,89	2,00	4,44	70	197,71	1	30,05	40,58	40,58
9163984	SISU CAPELLA	4885	3549	3280	4T	720	1	528	555,79	264	4T	2	1	1,25	1,25	59,37	185,88	10	4,34	186,45	8	3,50	47,00	202,89	2,00	6,98	70	197,71	1	110,57	125,39	125,39
																	Emisiones totales NOx Puerto de Barcelona - año		677,14													

5.3. Resultados de emisiones de NO_x, calculadas de forma ponderada (ciclos ensayo Código NO_x) según el método desarrollado en la tesis y aplicando el simulador de cálculo

Tabla 5.1: Características principales de los buques modelo

	<i>Características del Buque</i>				<i>Máquina Principal</i>				<i>Planta Generadora</i>				
	IMO	Nombre	Desplaz. (t)	DWT (t)	Potencia Propulsora MCR (kW)	Tipo de MMPP	rpm	Nº de MMPP	Potencia Total MCR Motores Aux. (kW)	Potencia Total indicada Motores Aux. (kW)	Potencia por GENERADOR (kW)	Tipo de MMAA	Nº de MMAA
B.Modelo 1	9120798	CHUANHE	93906	69285	43100	2T	82	1	9720	10231,58	2280	4T	4
B.Modelo 2	9299501	ENERGIZER	13603	9500	7300	4T	500	1	1113	1171,58	1*1000, 3*350	4T	3

5.3.1. Buque modelo 1

Instalación propulsora

En relación con las emisiones ponderadas del MMPP del buque modelo 1 (instalado a bordo: motor de 2T Man B&W 10L90MC, utilizado en la tesis por obtención de datos del fabricante: motor de 2T Man B&W 10K90MC – MCR 43100 kW, 98,8 rpm) obtenidas mediante el método desarrollado en la tesis:

Tabla 5.2: Ciclo de ensayo para "motores principales y auxiliares adaptados a la demanda de la hélice". MMPP buque modelo 1

Potencia (%)	Velocidad (%)	Cee (g/kWh)	Factor de emisión (gNOx/gFO)	Emisiones específicas (gNOx/kWh)	Factor de ponderación	Emisión específica ponderada (gNOx/kWh)
100	100,00	176,47	0,062	10,98	0,2	16,0
75	91,00	173,40	0,089	15,35	0,5	
50	80,00	176,82	0,101	17,81	0,15	
25	63,00	186,75	0,122	22,83	0,15	

Con la aplicación del simulador se ha obtenido:



INFORME ENSAYO MARPOL - Ciclo de ensayo E2

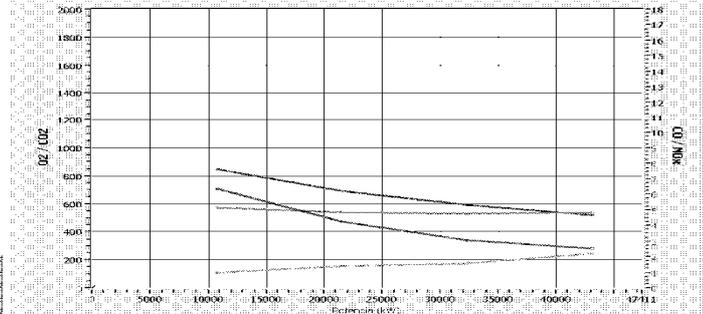
UNIVERSIDAD DE VIGO - D. G. MARINA MERCANTE
(ESPAÑA)



Entidad:		Lugar del ensayo:		Emplazamiento:		Banco de pruebas no:	
Marca / Modelo: MAN B&W / 16L90MC		Barco: CHUANHE - 9120798		Fecha ensayo: 16/12/2010			
Nº de serie:		Matrícula:		Hora ensayo: 12:28			
Potencia nominal: 43100,00 kW		Propietario:		Pres. atmosférica: 101,33 kPa			
Velocidad nominal: 99 1/min				Tª ambiente: 25,0 °C			
BOMBA INYECCIÓN		REGULADOR		INYECTOR / TOBERA		Humedad relativa: 80,0 %	
Marca:		Marca:		Marca:		Tª combustible: 25,0 °C	
Modelo:		Modelo:		Modelo:		Combustible: RME25 / IFO180	
Nº:		Nº:		Nº:		Factor atmosf. (fa): 1,00	
INTERENFRIADOR		TURBO					
Marca:		Marca:					
Modelo:		Modelo:					
Nº:		Nº:					

	Duración medio (min.)	Potencia (kW)	Régimen (rpm)	Consumo (g/kW-h)	O2 (%)	O2 (g/kW-h)	CO2 (%)	CO2 (g/kW-h)	CO (ppm)	CO (g/kW-h)	NOx (ppm)	NOx (g/kW-h)	Tª escape (°C)
Potencia 100%	1,00	43100,00	98,80	176,47	7,30	282,46	10,11	537,64	649,62	2,20	788,08	4,68	320,38
Potencia 75%	1,00	32325,00	89,90	173,40	8,29	339,94	9,38	528,63	438,96	1,57	846,81	5,33	296,48
Potencia 50%	1,00	21550,00	79,04	176,82	9,89	473,52	8,20	539,59	332,73	1,39	844,69	6,20	241,52
Potencia 25%	1,00	10775,00	62,20	186,75	11,71	708,64	8,86	570,56	183,23	0,97	821,65	7,63	167,40

EMISIONES ESPECIFICAS PONDERADAS (g/kW-h)	357,90	534,73	1,70	5,36
VALORES MAXIMOS LEGALES (g/kW-h)				17,00



Observaciones:			
Fecha del informe:	Jueves, 16 de diciembre de 2010	Lugar del informe:	
Por:		La Entidad Inspectora:	
Nombre:		El Inspector:	
Firma:		Firma:	

Instalación generadora

Para los MMAA's (instalado a bordo: motor de 4T Wartsila 6R32E, utilizado en la tesis por obtención de datos del fabricante: motor de 4T Wartsila 6L32 – MCR 2880 kW, 720 rpm), según el método de la tesis:

Tabla 5.3: Ciclo de ensayo para "motores auxiliares de régimen constante".
MMAA buque modelo 1

Potencia (%)	Cee (g/kWh)	Factor de emisión (gNOx/gFO)	Emissiones específicas (gNOx/kWh)	Factor de ponderación	Emisión específica ponderada (gNOx/kWh)
100	181,92	0,048	8,81	0,05	10,7
75	180,34	0,050	9,04	0,25	
50	192,88	0,052	10,10	0,3	
25	219,54	0,055	12,09	0,3	
10	242,32	0,057	13,80	0,1	

Por medio del simulador:



INFORME ENSAYO MARPOL - Ciclo de ensayo D2

UNIVERSIDAD DE VIGO - D. G. MARINA MERCANTE (ESPAÑA)



Entidad:

Lugar del ensayo:

Emplazamiento:

Banco de pruebas nº:

Marca / Modelo:

Barco:

Fecha ensayo:

Tip de serie:

Matricula:

Hora ensayo:

Potencia nominal:

Propietario:

Pres. atmosférica:

Velocidad nominal:

BOMBA INYECCIÓN

Marca:

Modelo:

Nº:

REGULADOR

Marca:

Modelo:

Nº:

INYECTOR / TOBERA

Marca:

Modelo:

INTERENFRADOR

Marca:

Modelo:

Nº:

TURBO

Marca:

Modelo:

Nº:

Tª ambiente:

Humedad relativa:

Tª combustible:

Combustible:

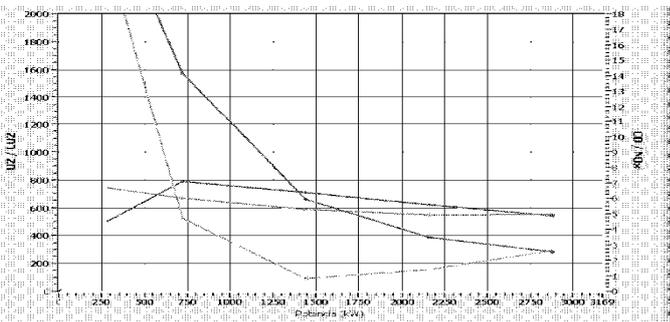
Factor atmosf. (fa):

VALORES DE EMISIONES ESPECIFICAS

	Duración modo (min.)	Potencia (kW)	Régimen (rpm)	Consumo (g/kWh)	O ₂ (%)	O ₂ (g/kWh)	CO ₂ (%)	CO ₂ (g/kWh)	CO (ppm)	CO (g/kWh)	NOx (ppm)	NOx (g/kWh)	Tª escape (°C)
Potencia 100%	1,00	2880,00	720,00	181,92	7,17	283,14	10,21	554,15	762,62	2,63	806,19	4,88	304,16
Potencia 75%	1,00	2160,00	720,00	180,34	8,76	387,76	9,04	549,96	363,50	1,41	825,77	5,61	284,87
Potencia 50%	1,00	1440,00	720,00	192,88	11,18	661,04	7,25	589,16	161,85	0,84	702,63	6,37	230,46
Potencia 25%	1,00	720,00	720,00	219,54	14,78	1574,36	4,59	671,97	505,74	4,71	434,07	7,09	157,94
Potencia 10%	1,00	288,00	720,00	242,32	16,60	2792,35	3,21	742,18	1481,00	21,79	176,00	4,54	115,80

EMISIONES ESPECIFICAS PONDERADAS (g/kWh):

VALORES MAXIMOS LEGALES (g/kWh)



Observaciones:

Fecha del informe:

Por:

Nombre:

Firma:

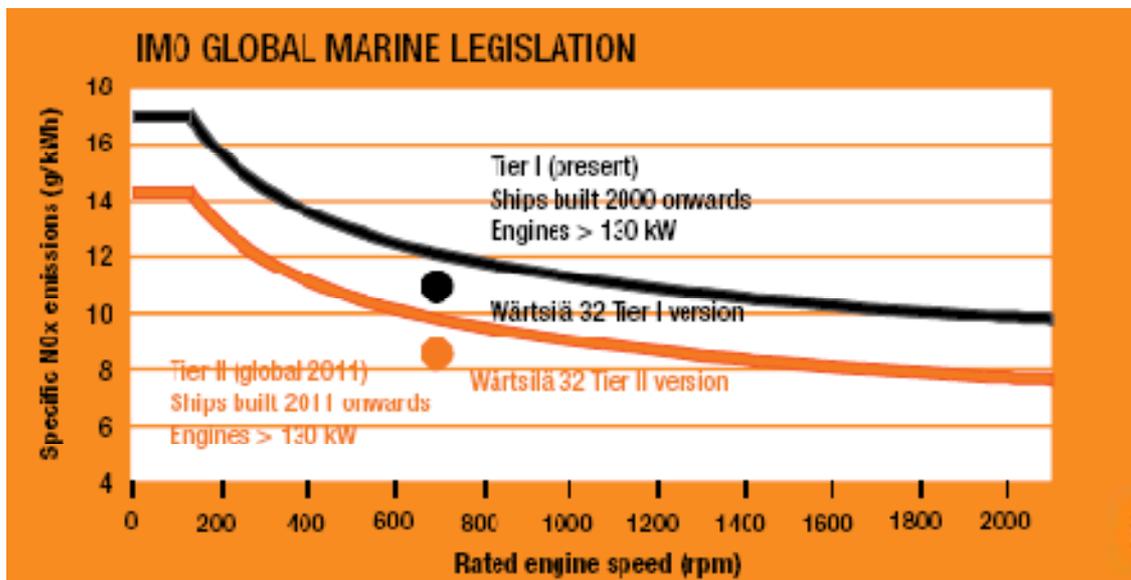
Lugar del informe:

La Entidad Inspectora:

El Inspector:

Firma:

Datos facilitados por el fabricante:



Como se evidencia en la presentación de resultados, con el método analítico desarrollado en la tesis se obtienen resultados del mismo orden que los que proporciona el fabricante, adquiridos éstos durante los ensayos en banco de los reconocimientos de certificación previa de la máquina.

5.3.2. Buque modelo 2

Instalación propulsora

Emisiones ponderadas del MMPP (instalado a bordo y utilizado en la tesis: motor de 4T MaK Caterpillar 8M43 – MCR 7200 kW, 500 rpm) del buque modelo 2, método desarrollado en la tesis:

Tabla 5.4: Ciclo de ensayo para sistemas de "propulsión principal de régimen constante". MMPP buque modelo 2

Potencia (%)	Cee (g/kWh)	Factor de emisión (gNOx/gFO)	Emisiones específicas (gNOx/kWh)	Factor de ponderación	Emisión específica ponderada (gNOx/kWh)
100	176,91	0,073	12,95	0,2	11,9
75	177,62	0,069	12,18	0,5	
50	185,07	0,061	11,38	0,15	
25	199,28	0,052	10,33	0,15	

Con la aplicación del simulador se ha obtenido:



INFORME ENSAYO MARPOL - Ciclo de ensayo E2

UNIVERSIDAD DE VIGO - D. G. MARINA-MERCANTE

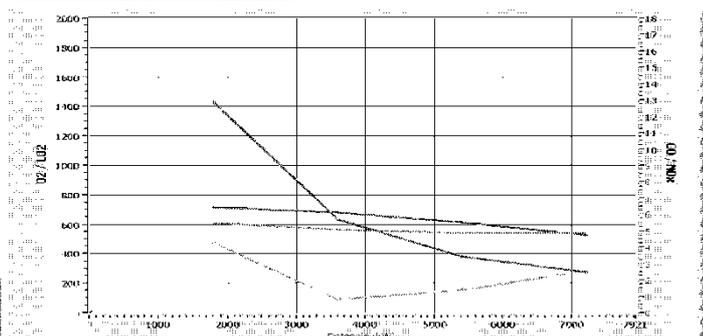
(ESPAÑA)

Entidad:	Lugar del ensayo:	Emplazamiento:	Banco de pruebas n.º:
Marca / Modelo: MAK CATERPILLAR / 6H143C	Barco: ENERGIZER - 9299501	Fecha ensayo: 16/01/2011	
Nº de serie:	Matrícula:	hora ensayo: 19:49	
Potencia nominal: 7200,00 kW	Propietario:	Pres. atmosférica: 101,83 kPa	
Velocidad nominal: 500 1/min		Tª ambiente: 25,0 °C	

BOMBA INYECCIÓN	REGULADOR	INYECTOR / TOBERA	Tª ambiente: 25,0 °C
Marca:	Marca:	Marca:	Humedad relativa: 60,0 %
Modelo:	Modelo:	Modelo:	Tª combustible: 25,0 °C
Nº:	Nº:	Nº:	Combustible: RME25 / IFO180
INTERENFRIADOR	TURBO		Factor atmosf. (fa): 1,00
Marca:	Marca:		
Modelo:	Modelo:		
Nº:	Nº:		

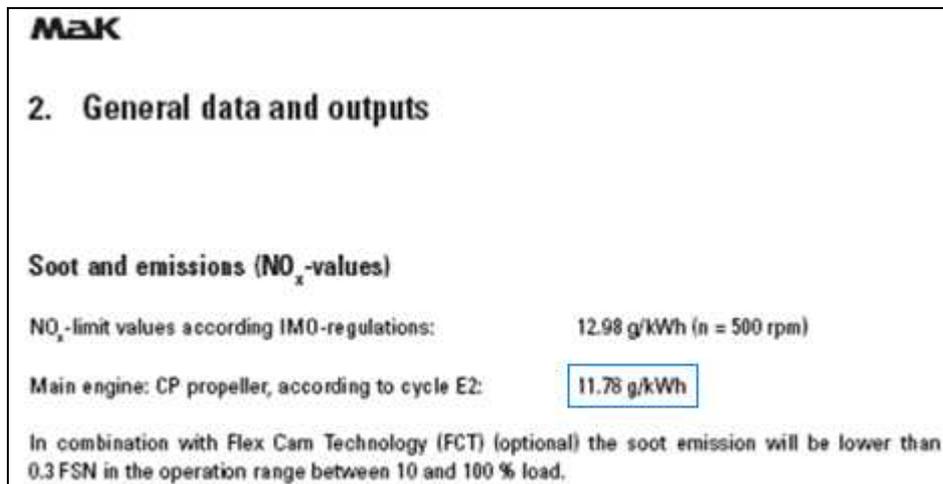
VALORES DE EMISIONES ESPECIFICAS													
	Duración modo (min.)	Potencia (kW)	Régimen (rpm)	Consumo (g/kW-h)	O2 (%)	O2 (g/kW-h)	CO2 (%)	CO2 (g/kW-h)	CO (ppm)	CO (g/kW-h)	NOx (ppm)	NOx (g/kW-h)	Tª escape (°C)
Potencia 100%	1,00	7200,00	499,80	176,91	7,17	275,35	10,21	538,88	762,62	2,56	806,19	4,75	304,16
Potencia 75%	1,00	5400,00	499,80	177,02	8,76	381,91	9,04	541,67	363,50	1,39	825,77	5,52	284,87
Potencia 50%	1,00	3600,00	499,80	185,07	11,18	634,27	7,25	365,30	161,85	0,80	702,63	6,11	230,46
Potencia 25%	1,00	1800,00	499,80	199,28	14,78	1420,07	4,59	809,96	505,74	4,28	454,07	6,44	187,94

EMISIONES ESPECIFICAS PONDERADAS (g/kW-h)	435,36	547,16	1,82	5,41
VALORES MAXIMOS LEGALES (g/kW-h)				12,98



Observaciones:	
Fecha del informe: martes, 18 de enero de 2011	Lugar del informe:
Por:	La Entidad inspectora:
Nombre:	El Inspector:
Firma:	Firma:

Datos facilitados por el fabricante:



Como se evidencia en la presentación de resultados, con el método analítico desarrollado en la tesis se obtienen resultados prácticamente coincidentes con los que proporciona el fabricante, adquiridos éstos durante los ensayos en banco de los reconocimientos de certificación previa de la máquina.

Instalación generadora

Para los MMAA’s (instalado a bordo y utilizado en la tesis: motor de 4T Scania DC13 71A – MCR 371 kW, 1800 rpm), según el método de la tesis:

Tabla 5.5: Ciclo de ensayo para "motores auxiliares de régimen constante". MMAA buque modelo 2

Potencia (%)	Cee (g/kWh)	Factor de emisión (gNOx/gFO)	Emisiones específicas (gNOx/kWh)	Factor de ponderación	Emisión específica ponderada (gNOx/kWh)
100	208,00	0,047	9,70	0,05	9,7
75	211,00	0,043	9,07	0,25	
50	215,00	0,043	9,25	0,3	
25	220,00	0,047	10,26	0,3	
10	223,48	0,051	11,30	0,1	

El simulador presenta los siguientes resultados:



INFORME ENSAYO MARPOL - Ciclo de ensayo D2

UNIVERSIDAD DE VIGO - D. G. MARINA MERCANTE
(ESPAÑA)



Entidad:	Lugar del ensayo:	Emplazamiento:	Banco de pruebas nº:
Marca / Modelo: SCANTIA / DC1371A	Barco: ENERGIZER 9299501	Fecha ensayo: 27/01/2011	Hora ensayo: 17:36
Nº de serie:	Matrícula:	Pres. atmosférica: 101,33 kPa	Tª ambiente: 25,0 °C
Potencia nominal: 371,00 kW	Propietario:	Humedad relativa: 80,0 %	Tª combustible: 25,0 °C
Velocidad nominal: 1800 1/min		Combustible: DMA / MGO	Factor atmof. (fa): 1,00

BOMBA INYECCIÓN	REGULADOR	INYECTOR / TOBERA	
Marca:	Marca:	Marca:	
Modelo:	Modelo:	Modelo:	
Nº:	Nº:	Nº:	
INTERENFRIADOR	TURBO		
Marca:	Marca:		
Modelo:	Modelo:		
Nº:	Nº:		

	Duración modo (min.)	Potencia (kW)	Régimen (rpm)	Consumo (g/kW·h)	CO ₂ (%)	CO ₂ (g/kW·h)	CO ₂ (%)	CO ₂ (g/kW·h)	CO (ppm)	CO (g/kW·h)	NOx (ppm)	NOx (g/kW·h)	Tª escape (°C)
Potencia 100%	1,00	371,00	1800,00	208,00	7,17	322,58	10,21	631,33	762,62	3,00	806,19	5,56	304,16
Potencia 75%	1,00	278,25	1800,00	211,00	8,76	452,30	9,04	641,51	363,50	1,64	823,77	6,34	284,87
Potencia 50%	1,00	185,50	1800,00	215,00	11,18	735,18	7,25	655,24	161,95	0,93	702,63	7,09	230,46
Potencia 25%	1,00	92,75	1800,00	220,00	14,78	1575,83	4,39	672,60	505,74	4,72	424,02	7,10	157,94
Potencia 10%	1,00	37,10	1800,00	223,48	16,60	2573,67	3,21	684,00	1481,00	20,09	176,00	4,19	115,80

EMISIONES ESPECIFICAS PONDERADAS (g/kW·h)	751,61	650,62	2,44	6,65
VALORES MAXIMOS LEGALES (g/kW·h)				10,95

Observaciones:	Lugar del informe:
Fecha del informe: jueves, 27 de enero de 2011	La Entidad Inspectora:
Nº:	El Inspector:
Nombre:	Firma:
Firma:	

6. MÉTODOS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE NO_x

Se ha considerado conveniente hacer referencia, aunque de forma breve por no constituir objeto de la presente tesis, a las distintas formas de reducción de los NO_x.

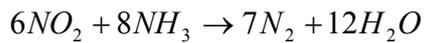
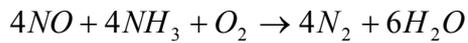
De la multitud de artículos y documentos relacionados con esta materia, el contenido del presente apartado ha sido obtenido del documento MAN B&W-2005.

Hay que tener en cuenta que, debido a la alta dependencia de la concentración de NO_x formados de la temperatura, la forma más inmediata de evitar su formación es disminuir la temperatura durante el proceso de combustión. Esto tiene el inconveniente de disminuir el rendimiento del ciclo termodinámico, por lo que se incrementa el consumo de combustible. Esto ha dado lugar a lo que se ha llamado el dilema diésel: o bien se disminuye la formación de NO_x incrementando el consumo de combustible o, para disminuir éste, se dispara la generación de NO_x. (CARRERAS-1990)

Por tanto, los métodos utilizados para disminuir la temperatura durante la combustión en motores diésel son: retrasar el inicio de la combustión, añadir agua en el aire de admisión o en la cámara de combustión que al vaporizarse absorbe calor (existen distintas formas de hacerlo: emulsión de agua en el combustible, principio de saturación del aire de admisión, inyección directa de agua en los cilindros), recircular parte de los gases de escape reintroduciéndolos en la cámara de combustión. Algunos fabricantes proponen también reducir el tiempo de inyección y simultáneamente incrementar la presión de apertura de las toberas de los inyectores hasta presiones del orden de 720 bar, mejora de la atomización y obtención de una mejor mezcla de aire/combustible.

La posibilidad de reducir la presencia de aire durante parte de la combustión no se puede realizar en motores diésel debido a que el combustible se difunde en el cilindro lleno de aire, pero sí se lleva a cabo en quemadores de calderas, donde se hace que en las zonas de combustión a alta temperatura haya siempre poco aire, añadiendo el aire necesario para completar la combustión en zonas de temperatura más baja.

La alternativa a evitar la formación de NO_x es su eliminación posterior, esto se hace en el caso de motores diésel marinos mediante la técnica SCR (selective catalytic reduction) que consiste en inyectar en los gases de escape nitrógeno o urea en un catalizador donde se producen las siguientes reacciones:



La eficiencia de la reacción química que se produce en este sistema está relacionada con la superficie disponible en el catalizador. Cuanto mayor es el área de contacto entre el catalizador y los gases de escape, mayor es la reducción de NO_x . Por esta razón, los elementos cerámicos cubiertos del catalizador (pentóxido de vanadio) se disponen en una estructura de panal de abeja por donde fluyen los gases de la combustión.

La temperatura óptima para la reacción se encuentra entre 350 y 400°C. Además, existe otro importante criterio a considerar, se trata de la abertura del sistema de reducción catalítica instalado en el colector de gases de escape, la cual, si no es suficiente produce una contrapresión excesiva que conduce a un incremento de consumo del motor.

En resumen, los sistemas destinados a reducir las emisiones de NO_x se fundamentan básicamente en limitar las temperaturas de combustión o en el tratamiento posterior, tal y como se ha detallado anteriormente.

7. CONCLUSIONES

Análisis y comparación de los buques con máquina principal de 2T frente a los buques con máquina principal de 4T en el puerto modelo.

En relación con la primera parte de la tesis, es decir, con el modelo desarrollado para el puerto de Barcelona, se han obtenido un total de 677,14 t de NO_x procedentes de las máquinas propulsoras y de las instalaciones generadoras de todos los portacontenedores que hicieron escala en dicho puerto durante el año 2009.

Del total de emisiones calculado, 677,14 t, 610,87 t correspondieron a buques con instalación propulsora de motor diésel de 2T y 66,26 t a buques con motor propulsor diésel de 4T.

De las 610,87 t de emisiones de NO_x correspondientes a buques con motor principal de 2T, sólo 86,84 t son atribuibles a la instalación propulsora, operativa únicamente en los períodos de navegación en aguas portuarias en las maniobras de entrada y salida. Por tanto, las restantes 524,04 t proceden de la planta generadora, cuya máquina motriz se ha considerado en todos los casos motor diésel de 4T, adecuando la potencia y las variables requeridas en el cálculo a la instalación del buque en cuestión. No se debe perder de vista que la planta generadora está en funcionamiento en todas y cada una de las fases operativas del buque en puerto, incluida la fase de buque atracado, fase de mayor duración en general, y en la que la máquina propulsora está inoperativa.

En cuanto a las 66,26 t de emisiones de NO_x obtenidas para los buques con motor principal diésel de 4T, sólo 1,11 t corresponden a la máquina principal y 65,15 t a la instalación generadora. La justificación es la misma que se ha expuesto en el párrafo anterior.

Si se seleccionan ahora dos buques con instalación propulsora de potencia similar pero de distinto tipo, es decir, en un caso con motor diésel de 2T y en otro con motor diésel de 4T, como sucede con los siguientes barcos:

- LUCIEN GA (IMO 9242297):
 - o Motor principal: 2T
 - o Velocidad: 127 rpm
 - o Potencia MCR: 11060 kW
- WARNOW WHALE (IMO 9395032)
 - o Motor principal: 4T
 - o Velocidad: 428 rpm
 - o Potencia MCR: 11200 Kw

Se observa que, considerando una sola maniobra de entrada y salida en la que, a efectos de cálculo, se invierte exactamente el mismo tiempo en ambos casos y que se realiza al mismo rango de carga del motor principal, en el caso del buque LUCIEN GA las emisiones procedentes de la instalación propulsora fueron de 69,68 kg de NO_x, mientras que el buque WARNOW WHALE fueron de 20, 79 kg.

Con los datos anteriores se constata que los buques con máquina principal de 2T emitieron una cantidad mayor de NO_x que los buques con máquina principal de 4T. Este hecho se puede justificar fundamentalmente por:

- El **tipo de motor**: Es sabido que, como consecuencia de los procesos de combustión en los motores de 2T, valorando fundamentalmente las variables tiempo y temperatura máxima de combustión, es este tipo de motor el que mayores cantidades de NO_x emite.
- La **potencia de la máquina**: Los motores de 2T son característicos de grandes buques, lo que implica mayores dimensiones de máquina y potencias superiores en 2T que en 4T, cuestiones relacionadas con una mayor cantidad de emisiones.
- Los motores de 2T están instalados en **buques de grandes dimensiones** con gran capacidad de carga (aunque no sólo en ellos): Este hecho representa que en la categoría de buques con máquina principal de 2T estén incluidos estos grandes buques. Además de los puntos mencionados anteriormente, estos buques realizan **escalas de mayor duración** como consecuencia del elevado número de unidades de carga que transportan. Así, contribuyen de forma sustancial en el valor resultante del sumatorio de emisiones.

Conclusiones relativas a la fase de cálculo de emisiones ponderadas

En relación con esta segunda parte de la tesis y centrando la atención en los buques modelo tomados como referencia en la misma, buques en los que se han desarrollado los ciclos ponderados contenidos en el capítulo 3 del Código técnico sobre los NO_x, se analizarán en primer lugar los resultados obtenidos mediante la aplicación del mismo método de la primera parte de la tesis y luego se realizará una evaluación comparativa con los resultados obtenidos por medio de la aplicación del simulador de cálculo de emisiones NO_x. Finalmente, se analizarán los valores calculados con las cifras proporcionadas por los fabricantes.

En cuanto a los resultados obtenidos para el motor principal del buque modelo 1, único motor de 2T y único motor adaptado a la demanda de la hélice analizado en los ciclos de ensayo ponderados, se observan grandes diferencias en las emisiones específicas de NO_x (g_{NO_x}/kWh) entre los rangos de potencia y velocidad elevados y los rangos de potencia y velocidad bajos (25% pot. – 63% veloc.), doblando las emisiones ponderadas de éstos últimos los valores obtenidos para el 100% de potencia y velocidad de la máquina, y siempre incrementándose a medida que se reducen potencia y velocidad.

Con referencia a la máquina principal del buque modelo 2, se trata de un motor de 4T al que se le aplica el ciclo de ensayo correspondiente a sistemas de propulsión de régimen constante y es el único caso, de las cuatro máquinas estudiadas, en que las emisiones específicas de NO_x (g_{NO_x}/kWh) se incrementan a medida que se reduce la potencia aplicada en el ciclo de ensayo.

En relación con los motores auxiliares del buque modelo 1, se obtiene que las emisiones específicas del ciclo de ensayo para régimen constante van en aumento desde la carga máxima del 100% hasta la mínima del 10%. En el último caso que se estudia, para los motores auxiliares del buque modelo 2, a los que se aplica el mismo ciclo de ensayo, en primer lugar se observa una disminución de emisiones específicas calculadas para el 100% respecto de las obtenidas en el valor de potencia del 75%, para posteriormente ir incrementándose de forma progresiva hasta llegar a las emisiones máximas correspondientes al 10% de la potencia del motor.

Las variaciones de los factores de emisión dentro de cada una de las máquinas estudiadas sigue la misma evolución que las emisiones específicas calculadas.

Si se comparan los resultados de emisiones ponderadas obtenidas entre motores, se concluye que las mayores corresponden a la máquina propulsora del buque modelo 1, la cual corresponde a un motor de 2T adaptado a la demanda de la hélice, seguido por la máquina principal del buque modelo 2, correspondiente a un motor de 4T de régimen constante. Finalmente, se encuentran los motores auxiliares de 4T de las plantas generadoras de los buques modelo 1 y 2, respectivamente.

En el caso de analizar los datos obtenidos en los tres motores de 4T que se han seleccionado para el desarrollo del cálculo de emisiones ponderadas, es decir, motor principal del buque modelo 2 y motores auxiliares de los buques modelo 1 y 2, se observa que, los resultados de emisiones ponderadas son mayores en el caso de la máquina de mayor potencia y menor velocidad nominal (motor principal del buque modelo 1) y se reducen progresivamente a medida que la potencia de la máquina es inferior y la velocidad nominal superior, por tanto, en los motores auxiliares del buque modelo 1 y 2, respectivamente.

A continuación, se realiza un análisis comparativo de los resultados obtenidos en estos mismos motores tras aplicar el método desarrollado en la tesis en relación con los resultados que proporcionan los fabricantes de los motores tras aplicar los ciclos de ensayo ponderados establecidos en el Capítulo 3 del Código sobre los NO_x en la realización de los reconocimientos de certificación previa llevados a cabo en banco de pruebas. el simulador de cálculo de emisiones NO_x .

Se expone el análisis por medio de la siguiente tabla:

Tabla 6.1: Comparativa de resultados método tesis – fabricantes

	Emisiones ponderadas – método tesis (g_{NOx}/kWh)	Emisiones ponderadas – fabricante (g_{NOx}/kWh)	Relación de resultados
MMPP B.modelo 2 (MaK 8M43)	11,9	11,78	1,01
MMAA B.modelo 1 (WARTSILA 6L32)	10,7	10,5	1,02

Vista la tabla anterior, se observan valores prácticamente iguales entre la aplicación del método en que se fundamenta la tesis y los valores facilitados por los fabricantes. Cabe destacar que el origen de los datos es muy distinto.

Así pues, en el caso de los fabricantes, éstos obtienen los resultados de los ciclos de ensayo ponderados realizados en banco para la certificación previa de conformidad con lo establecido en el Capítulo 5 del Código sobre los NO_x. En ese Capítulo 5 se describen diversos procedimientos que constituyen una relación detallada de métodos de laboratorio, dado que la determinación del valor de las emisiones exige la realización de una compleja serie de mediciones particulares, más que la obtención de una sola medida. Por consiguiente, los resultados obtenidos dependen tanto del proceso de medición como del motor y del método de ensayo (OMI-2008b).

En relación con el método utilizado en la tesis, los factores de emisión, fundamentales en el desarrollo de aquél, tras realizar diversas consultas infructuosas con fabricantes de motores, Organizaciones Reconocidas, Sociedades de Clasificación y consultorías de Finlandia expertas en emisiones contaminantes, se obtuvieron finalmente a través del profesor Corbett de la Universidad de Delaware (USA). Se destaca que el origen de esos factores procede inicialmente de Lloyd's Marine Exhaust Emissions Programmed; posteriormente, se incluyeron en las investigaciones del mencionado profesor datos adicionales obtenidos en servicio y de los fabricantes, en los que se trató de cuantificar la incertidumbre en los valores medios de los factores. Más recientemente, el estudio

desarrollado por ENTEC para la Comisión Europea (STAVR-2005) actualizó esas fuentes e incluyó los datos publicados más exhaustivos disponibles, los cuales dependían del número y representatividad de las mediciones realizadas, de las técnicas usadas y de las propias actividades desarrolladas por los buques (CORBETT-2003).

Estos datos confieren un alto grado de fiabilidad al contenido de la tesis y al método que se ha desarrollado en la misma.

En relación con los resultados obtenidos mediante el uso del simulador para el cálculo de emisiones de NO_x , y en relación con las plantas propulsora y generadora de los buques modelo, la mayor diferencia se encuentra en los resultados correspondientes al motor principal del buque modelo 1, es decir, en el motor diésel lento de 2T, en el que se ha obtenido un valor tres veces menor en el cálculo con el simulador.

La diferencia menor, del orden de 1,5 veces, se produce en el motor de 4T más rápido y de menor potencia, perteneciente a la planta auxiliar del buque modelo 2.

Las importantes diferencias que se aprecian entre los resultados adquiridos por medio del método de la tesis y con el simulador de cálculo pueden radicar en el método por el que el simulador efectúa el cálculo del flujo de los gases de escape. Éste es el método de equilibrado del carbono, que entraña calcular el caudal másico de los gases de escape a partir del consumo de combustible, de la composición del combustible y de las concentraciones de gases de escape. En cualquier caso, no se tiene la certeza de que éste sea el origen.

Analizando la comparativa de valores obtenidos por las diferentes metodologías y, teniendo en cuenta la descripción del origen que conduce a los diferentes resultados realizada en el resumen de la tesis, la cual se adjunta entrecomillada y en cursiva a continuación:

“En los resultados de NO_x obtenidos cuando se aplica el método analítico y, por tanto, los factores de emisión, la relación $\text{NO}_2:\text{NO}_x$ varía entre 0,05 y 0,10 y se asume que el NO_2 es del orden del 8% del total de NO_x (WHALL-2007). Por tanto, los totales corresponden a la suma de $\text{NO}+\text{NO}_2$.

Los equipos que se utilizan para realizar las mediciones, en cumplimiento del Código sobre los NO_x disponen de un convertidor para la reducción catalítica de NO₂ a NO y de dos modalidades de funcionamiento, modalidad NO en la cual, la mezcla gaseosa no pasa por el convertidor y se obtienen los valores de NO analizados, y modalidad NO₂ en la que la mezcla gaseosa pasa por el convertidor. (OMI 2008b).

Con ello, el total de emisiones de NO_x consistirá en la suma de los resultados de NO y NO₂.

Por otro lado, de acuerdo con la Regla 13 del Anexo VI de MARPOL y conforme al Capítulo 3 del Código Técnico sobre los NO_x, la emisión total de óxidos de nitrógeno se calcula como emisión total ponderada de NO₂, y de la misma forma se establecen los límites para el cumplimiento normativo.

Se entiende lo anterior debido a que, cuando las emisiones de gases entran en contacto con la atmósfera, la componente de NO se oxida rápidamente a NO₂ (CARRERAS-1990).”

De aquí se tiene que, la composición de NO_x de las emisiones totales ponderadas obtenidas de las distintas fuentes y por las diferentes vías desarrolladas en la tesis, se puede resumir de la siguiente forma:

- Límites de emisiones de NO_x Conforme a OMI-2008a y OMI-2008b, estos límites se establecen como emisión total ponderada de NO₂. Fundamentado, en realidad, por lo indicado en el último párrafo entrecomillado y en cursiva.
- Método analítico desarrollado en la tesis: Conforme a WHALL-2007, en el total de emisiones de NO_x obtenidos por este método, la cantidad de NO₂ es del orden de un 8%, sin definición del resto de componentes, aunque mayoritariamente se trata de NO.
- Simulador de cálculo de emisiones NO_x: Fundamentado en la base de los equipos que se utilizan para realizar las mediciones, como se ha indicado anteriormente, éstos disponen de un convertidor para la reducción catalítica de NO₂ a NO y de dos modalidades de funcionamiento, modalidad NO en la cual,

la mezcla gaseosa no pasa por el convertidor y se obtienen los valores de NO analizados, y modalidad NO₂ en la que la mezcla gaseosa pasa por el convertidor. El total obtenido corresponde a NO+NO₂.

- Valores de emisión total ponderada facilitados por los fabricantes: Se desconoce la composición de las emisiones totales de NO_x que facilitan los fabricantes, pero vista la validación realizada del método de la tesis, el cual mediante la aplicación de factores de emisión, proporciona unos totales que incluyen NO y NO₂ y dada la similitud de resultados respecto de los valores de fábrica, se puede inferir que éstos últimos están constituidos por la suma de NO y NO₂.

Desde el punto de vista de la aplicación normativa, es decir, en relación con el cumplimiento de las disposiciones del Anexo VI de MARPOL revisado 2008, los motores principales y auxiliares de los buques modelo, conforme a los cálculos de emisiones ponderadas efectuados en la presente tesis, tanto mediante la aplicación del método desarrollado en la misma como mediante la aplicación del simulador, cumplen con los distintos límites de emisión que les corresponden conforme a los años de construcción de los buques en los que han sido instalados y en función de la velocidad nominal de los mismos, según se establece en la Regla 13 de la norma indicada.

Se resume a continuación la obligatoriedad de cumplimiento de la mencionada Regla:

- MMPP buque modelo 1: Se puede encuadrar en el apartado de motores diésel marinos instalados en buques construidos antes del 1 de enero de 2000 y después del 1 de enero de 1990, con una potencia de salida superior a 5000 kW y una cilindrada superior a 90 litros, por tanto, deberá cumplir los límites de emisión que se establecen en el apartado 7.4 de la regla 13 del Anexo VI. Se concluye que, de acuerdo con los cálculos realizados, el motor cumple.
- MMAA's buque modelo 1: Aunque, como se ha indicado en el apartado correspondiente, los motores auxiliares del buque modelo 1 no están obligados a cumplir con las disposiciones del Anexo VI de MARPOL revisado 2008, por el año de construcción del buque y por el tipo de motor de que se trata, se puede constatar que, conforme a los cálculos realizados, en el caso de que la norma aplicara, cumplirían con los límites de emisiones establecidos en el Nivel I

(Regla 13 Anexo VI MARPOL). Se concluye que estos motores no deben cumplir, por no ser de aplicación la norma.

- MMPP buque modelo 2: De acuerdo con el año de construcción del buque y el tipo de motor instalado, se debe aplicar lo dispuesto en el Nivel I de la regla 13 del Anexo VI de MARPOL revisado 2008 para el motor en cuestión. Se concluye que el motor principal del buque modelo 2 cumple.
- MMAA's buque modelo 2: Los motores auxiliares de este buque están sujetos al cumplimiento de las disposiciones del Anexo VI de MARPOL revisado 2008, en particular a lo establecido en el párrafo 3 de la regla 13 (Nivel I). Se comprueba, conforme a los cálculos de la tesis, que los motores auxiliares del buque modelo 2 cumplen con los límites de emisión que establece la disposición indicada.

8. BIBLIOGRAFÍA

- 1 BAYLEY-2004 Bailey, Diane; Solomon Gina. *Pollution prevention at ports: clearing the air*. San Francisco: Elsevier, 2004 [Consulta: enero de 2009]. Doi:10.1016/j.eiar.2004.06.005.
- 2 BEIRLE-2004 Beirle, S., U. Platt, R. von Glasow, M. Wenig, and T. Wagner. Estimate of nitrogen oxide emissions from shipping by satellite remote sensing. *Geophys. Res. Lett.*. 2004, 31, L18102, doi:10.1029/2004GL020312.
- 3 CARLTON-1994 Carlton, J.S.; Wright A.A.; Coker R.J.. Marine exhaust emissions: a regional survey of the English channel. *Transactions-Institute of Marine Engineers*. ISSN 1358-3956. 1994, vol.106(3), p.151-161.
- 4 CARRERAS-1990 Carreras, Ramón; Comas, Ángel; Calvo, Antonio. *Cinética de formación del NO en procesos de combustión*. Terrassa: Edicions UPC, 1990.
- 5 CAT-2008 CATERPILLAR MOTOREN GmbH & Co. KG. *M43-C Project Guide-Propulsion*. 2008. Germany: 2008.
- 6 CAT-2010 CATERPILLAR MOTOREN GmbH & Co. KG. *M 43-C Long-Stroke Diesel Engines for Maximum Efficiency and High Reliability*. Leaflet No.243-07.10.e.L+S.VM3. Germany: 2010.
- 7 CORBETT-1997 Corbett, James J.; Fischbeck, Paul. Emissions from Ships. *Science*. 1997, Vol. 278, no. 5339, p. 823-824, DOI: 10.1126/science.278.5339.823
- 8 CORBETT-2003 Corbett, James J.; Koehler, Horst W.. Updated emissions from ocean shipping. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*. 2003, vol. 108, no. D20, 4650. doi:10.1029/2003JD003751, 2003
- 9 CORBETT-2004 Corbett, James J.. *Verification of the Ship Emission Estimates with Monitoring Measures to improve Inventory and Modeling*. California 2004. Report for the California Air Resources Board and the California Environmental Protection Agency.
- 10 DGMM-2009 Dirección General de la Marina Mercante. *Normativa Marítima 2009*. Madrid: Software y edición Micronet, S.A., 2009. Depósito legal M-31328-2004.
- 11 DGMM-2010 Dirección General de la Marina Mercante. *Sistema Gestor de Inspección de Buques*. Versión 1.3.0.0. Madrid: Dirección General de la Marina Mercante. Ministerio de Fomento, 2010.
- 12 ENDRESEN-2003 Endresen, Ø., E. Sørgård, J. K. Sundet, S. B. Dalsøren, I. S. A. Isaksen, T. F. Berglen, and G. Gravir. Emission from international sea transportation and environmental impact. *J. Geophys. Res.*.

- 2003 108(D17), 4560, doi: 10.1029/2002JD002898.
- 13 ENDRESEN-2005 Endresen, Ø., et al.. Improved modeling of ship SO₂ emissions - a fuel-based approach. *Atmospheric environment (ELSEVIER)*. 2005, vol. 39, no20, p. 3621-3628. ISSN 1352-2310.
- 14 FUKUGAKI-1994 Fukugaki, A.. Review of shipboard energy technology: thoughts and facts behind the scene. *Transactions-Institute of Marine Engineers*. ISSN 1358-3956. 1994, vol.106(1), p.43-59.
- 15 GREELEY-1982 Greeley, David S.; Kerwin, Justin E. Numerical Methods for Propeller Design and Analysis in Steady Flow. *SNAME Transactions*. 1982, Vol 90, p. 415-453.
- 16 HANSEN-1980 Hansen; Allen G.; Baham, Gary J.; Porricelli, Joseph D.. Nature of Combustion and Air Emissions from Ships. En: The Society of Naval Architects and Marine Engineers. *Spring Meeting/Star Symposium*. California: 1980.
- 17 HATCHER-2008 Hatcher, Jill M.. *Environmentally-Integrated Optimization Modeling of Intermodal Freight Transportation*. Rochester: 2008. For the College of Liberal Arts/Public Policy Program at Rochester Institute of Technology.
- 18 HÉLLEN-1992 Héllen, Göran. Environmental Considerations Concerning Medium-Speed Engines in Marine Applications. *SNAME Transactions Volume 100*. 1992. SNAME Technical Resource Library. [Consulta: enero 2009]. Disponible en : <http://www.sname.org/SNAME/CCAdmin/ProductPages/Resources/SearchLibrary/Default.aspx?executeSearch=true&SearchTerm=Goran&SearchMatch=any&ProductList=Library&LibrariesList=a6be9d17-1bf7-45d4-b2df-f20d570f30b5>
- 19 HÉLLEN-2007 Héllen, Göran. Engine Emissions and Future Fuels. En: Seminar in Vaasa. *Seminar on Engine Emissions*. Vaasa: Wartsila, 2007.
- 20 HERN-2001 Hernández Adrover, Juan José. *Modelado de la formación y emisión de contaminantes en sistemas de combustión*. Cuenca: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, 2001. Presentado en la Universidad Politécnica de Valencia. ISBN 84-8427-105-6.
- 21 ICF-2005 ICF Consulting. *Best Practices in Preparing Port Emission Inventories*. Virginia: 2005. Prepared for U.S. Environmental Protection Agency, Office of Policy, Economics and Innovation Sector Strategies Program.
- 22 IHS-2011 IHS Global Limited. Sea-web - Lloyd's Register of Ships online. 2011. Disponible en: <http://www.sea-web.com>

- 23 ISAKSON-2001 Isakson, J. , Persson, T. , & Lindgren, E. Identification and assessment of ship emissions and their effects in the harbour of Göteborg, Sweden. *Atmospheric Environment*. 2001, 35, 3659-3666. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1352231000005288>. DOI: 10.1016/S1352-2310(00)00528-8.
- 24 JOHNSON-2004 Johnson, Lindy S. *Coastal State Regulation of International Shipping* . Hardcover. USA: Oxford University Press, 2004. ISBN: 037921511X.
- 25 JONSON-2000 Jonson, Jan E.; Tarrasón, Leonor; Bartnicki, Jerzy. *Effects of international shipping on European pollution levels*. EMEP MSC-W: 2000. ISSN 0332-9879.
- 26 LAWRENCE-1999 Lawrence, Mark G.; Crutzen, Paul J.. Influence of NO_x emissions from ships on tropospheric photochemistry and climate. *Nature*. 1999, Volume 402, Issue 6758, p. 167-170.
- 27 LUNA-19-- Luna Maglioli, Andrés. *Proyectos de Buques*. Madrid: ETSIN, Sección de Publicaciones, 19--.
- 28 MAN B&W-1995 MAN B&W. *K98MC-C Mk VI Project Guide, Two Stroke Engines*. 1st Edition. Copenhagen: 1995.
- 29 MAN B&W-2004a MAN B&W. *A Guideline to the Unified Technical File, Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships*. 1st Edition. Copenhagen: 2004.
- 30 MAN B&W-2004b MAN B&W Diesel A/S. Propulsion Trends in Container Vessels. *MAN B&W* [en línea]. 2005. Disponible en: www.manbw.com/files/news/files0f4672/P9028.pdf
- 31 MAN B&W-2005 MAN B&W Diesel A/S. Emission Control MAN B&W Two-stroke Diesel Engines. *MAN B&W* [en línea]. 2005. Disponible en: www.manbw.com/files/news/files0f4458/p9000.pdf
- 32 MAN B&W-2010 MAN B&W. *K90MC-C6 Project Guide Camshaft Controlled Two-stroke Engines*. 1st Edition. Copenhagen: 2010.
- 33 MAN DIESEL-2010 MAN Diesel & Turbo SE. Mandieselturbo Website. En: MAN Diesel & Turbo. *MAN Diesel & Turbo site* [en línea]. Augsburg/Germany: MAN Diesel & Turbo, 2010 [Consulta: enero 2010]. Disponible en: <http://www.mandieselturbo.com/0000002/Home.html>
- 34 MEECH-2005 Meech Robin. *Designation of the Mediterranean Sea as a SO_x Emission Control Area (SECA) under MARPOL Annex VI*. Regional Marine Pollution Emergency Response Centre for the

- Mediterranean Sea (REMPEC): 2005. A Report prepared under the Project EUROMED Cooperation on Maritime Safety and Prevention of Pollution from Ships SAFEMED (MED 2005/109-573) financed by the European Commission under an IMO/EC contract.
- 35 MURPHY-2005 Murphy, Tom. *The Need to Reduce Marine Shipping Emissions: A Santa Barbara County Case Study*. Santa Barbara: 2005. Report for the Santa Barbara County Air Pollution Control District.
- 36 NESSE-2008 Nesse, Hans-Petter et al.. NO_x abatement solutions. *Wartsila Technical Journal*. 01.2008
- 37 OLIVIER-2001 Olivier, Jos G.J. et al. *Global emissions sources and sinks, in The Climate System, Emission Database for Global Atmospheric Research*. Edited by J. Berdowski, R. Guicherit, and B. J. Heij. Vermont: 2001, p. 33– 78.
- 38 OMI-2003 Organización Marítima Internacional. *Resolution MEPC.103(49): Guidelines for on board verification procedure – Direct measurement and monitoring method*". Londres: IMO, 2003
- 39 OMI-2008a Organización Marítima Internacional. *Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques 73/78, Anexo VI enmendado y modificado hasta la Resolución MEPC. 176(58)*. Londres: IMO, 2008
- 40 OMI-2008b Organización Marítima Internacional. *Código Técnico relativo al Control de las Emisiones de Óxidos de Nitrógeno de los Motores Diesel Marinos. Resolución 2ª de la Conferencia de las Partes en el Convenio MARPOL, 1973, modificado por el Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78), 1997*". Enmendado por la Resolución MEPC.177(58). Londres: IMO, 2008
- 41 PARIS MoU-2011 PARIS MoU. *Paris Memorandum of Understanding on Port State Control, Including 32nd Amendment, adopted 11 May 2010 (effective date: 1 January 2011)*.
- 42 PTO BCN-2009 Port de Barcelona. *Base de datos de los buques portacontenedores que efectuaron escala en Barcelona en 2009*. Port de Barcelona: 2009.
- 43 RIBEIRO-2007 Kahn Ribeiro, S., et al.. Transport and its infrastructure. En: Metz, B. et al.. *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007, Chapter 5, United Kingdom and New York, NY, USA.

- 44 SCANIA SCANIA. *DC13 71A. 325-371 kW (364-409 kVA) EU Stage IIIA compliant*. Edition 01. Södertälje, Sweden.
- 45 SEAPLACE-2006 SEAPLACE. *Estimación preliminar de emisión de NO_x en el puerto de Barcelona*. Barcelona: 2006. Informe presentado en el Puerto de Barcelona.
- 46 SONG-2003 Song, C. H., G. Chen, S. R. Hanna, J. Crawford, and D. D. Davis. Dispersion and chemical evolution of ship plumes in the marine boundary layer: Investigation of O₃/NO_y/HO_x chemistry. *J. Geophys. Res.*. 2003, 108(D4), 4143, doi: 10.1029/2002JD002216.
- 47 STAVR-2005 Stavrakaki, Andriana et al. *Service Contract on Ship Emissions: Assignment, Abatement and Market-based Instruments*. Brussels: 2005. Report for the European Commission, Directorate General Environment.
- 48 TROZZI-1998 Trozzi, Carlo; Vaccaro Rita. *Methodologies for estimating future air pollutant emissions from ships*. Rome: 1998. Project funded by the European Commission under the transport RTD programme of the 4th framework programme.
- 49 U.VIGO-2006 Universidad de Vigo; Ministerio de Fomento. *Programa "Cálculo emisiones NO_x MARPOL, Manual de usuario*. Madrid: 2006.
- 50 UNCTAD-2009 UNCTAD. *Review of Maritime Transport, 2009*. Geneva: United Nations Publication, 2009. ISBN: 978-92-1-112771-3.
- 51 USEPA-2004 US. Environmental Protection Agency. *2002 National Emission Inventory (NEI) Preparation Plan*. USEPA, Emission Factor and Inventory Group, Office of Air Quality Planning and Standards, 2004.
- 52 WARTSILA-2009 WARTSILA. *Wartsila 32 Technology Review*. 2009. Finland: Book's Office/Litaset, 2009.
- 53 WARTSILA-2010a WARTSILA. *Wartsila 32 Product Guide*. 1/2010. Vaasa: 2010.
- 54 WARTSILA-2010b WARTSILA. Wartsila Website. En: Wartsila. *Wärtsilä Corporation's World Wide Web* [en línea]. Finland: Wartsila, 2010 [Consulta: enero 2010]. Disponible en: <http://www.wartsila.com/en/Home>
- 55 WHALL-2007 Whall, Chris; et al.. *Ship Emissions Inventory - Mediterranean Sea*. Brussels: 2007. Report for Lourens Post, CONCAWE.