

Guía metodológica para cuantificar las emisiones de los buques en los puertos

Informe final

Ficha del proyecto

| | |
|-----------------------------|---|
| Título | Guía metodológica para cuantificar las emisiones de los buques en los puertos |
| Revisión | 2 |
| Fecha | Junio 2021 |
| Referencia | TRA-2019PR106 |
| Autores | África Marrero Dr. Sergi Saurí |
| Cliente | Port de Barcelona |
| Contratación | Asistencia técnica |
| Personas de contacto | África Marrero (africa.marrero@upc.edu) Sergi Saurí (sergi.sauri@upc.edu) |
| Archivo | TRA-2019PR106_CENIT_Port de BCN |

Resumen

El **objetivo** del presente documento es la elaboración de una guía de cálculo de emisiones de los contaminantes NO_x (óxidos de nitrógeno), PM (materia particulada), SO_x (óxidos de azufre), derivados de los motores de los buques que efectúan sus escalas en puertos, tanto durante las maniobras de entrada y salida como durante su estancia atracados a los muelles del puerto.

Este documento ha partido de las metodologías de cálculo de emisiones propuesta por la Agencia Europea de Medioambiente en su guía *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook, 2019*, con la incorporación de mejoras en los valores de los factores de carga de los motores, con la finalidad de realizar un mejor cálculo y obtener un valor final de emisiones más cercano a la realidad particular de cada puerto.

Índice

| | | |
|---------------|--|-----------|
| 1. | Procedimiento de cálculo | 4 |
| 2. | Muestra de buques..... | 6 |
| 3. | Fases operativas que considerar en los puertos | 7 |
| 4. | Toma de datos y cálculos..... | 7 |
| 4.1. | Potencia demandada, Potencia instalada y Factor de Carga | 7 |
| 4.2. | Tiempo de maniobra y de estancia..... | 9 |
| 4.3. | Factor de emisión | 10 |
| <u>4.3.1.</u> | <u>Tier del motor.....</u> | <u>10</u> |
| <u>4.3.2.</u> | <u>Velocidad del motor.....</u> | <u>11</u> |
| <u>4.3.3.</u> | <u>Combustible</u> | <u>11</u> |

1. Procedimiento de cálculo

El procedimiento que se propone se basa fundamentalmente en la guía EMEP/EEA *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019* según el procedimiento detallado por movimiento Tier 3 *Ship movement methodology*

Para calcular las emisiones de un buque se debe seguir la siguiente formulación:

$$\text{Emisión contaminante} = \text{Energía (kWh)} \cdot \text{Factor Emisión contaminante (g/kWh)}$$

$$\text{Energía} = \text{Potencia Utilizada} \cdot \text{Tiempo}$$

$$\text{Potencia Utilizada} = \text{Potencia Instalada} \cdot \text{Factor de carga}$$

Resultando finalmente la siguiente fórmula de cálculo general:

$$\sum \text{Emisiones}_{ijk} = \text{Potencia instalada}_i \cdot \%FC_{ij} \cdot \text{Tiempo}_j \cdot FE_k$$

donde:

Potencia instalada: potencia instalada en el buque en su construcción.

%FC: porcentaje del factor de carga de potencia instalada usado en el buque.

Tiempo: tiempo en cada fase evaluada de la operación de buque.

FE: factor de emisión del agente contaminante.

i: motor auxiliar o motor principal.

j: fase de operación de buque.

k: agente contaminante a examinar.

Esta metodología también puede utilizarse para calcular las emisiones de cada uno de los motores del buque individualmente y agregarlas todas ellas al final.

En la Figura 1 se detallan esquemáticamente los datos de partida para la determinación de cada una de estas componentes.

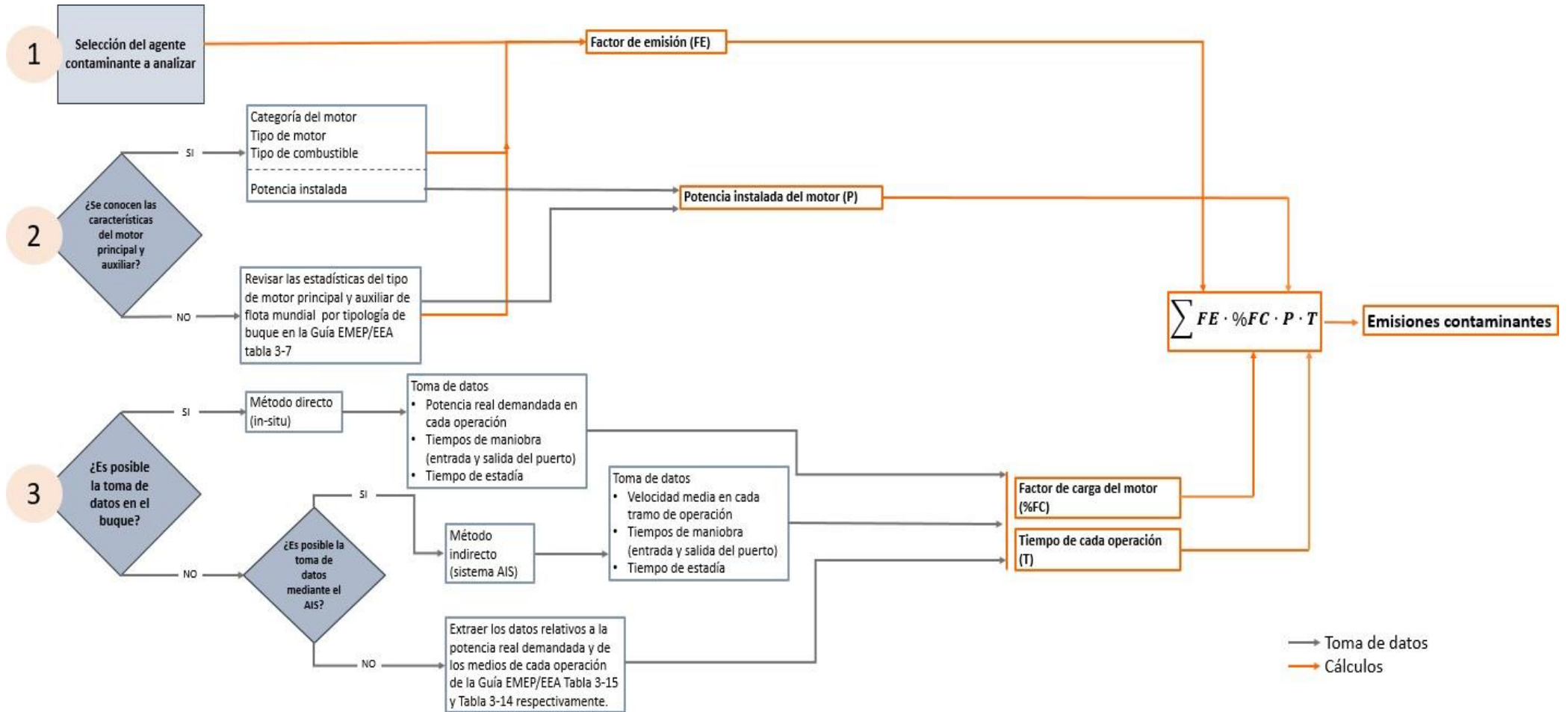


Figura 1. Esquema de cálculo de las emisiones contaminante propuesto

Por otro lado, también resulta conveniente tener en consideración la posibilidad de utilizar la metodología Tier 2 technology specific approach de la Guía EMEP/EEA basada en el consumo de combustible en los casos en los que la información disponible permita calcular este consumo más fácilmente que obtener la energía utilizada para aplicar la metodología Tier 3, si bien, los resultados obtenidos no sean tan precisos.

En todo caso, energía y consumo de combustible se relacionan a través del parámetro de consumo específico de combustible, SFC (Specific Fuel Consumption), que es la masa de combustible que se necesita para generar una unidad de energía y que se expresa como g de combustible/kWh.

Para estos casos, el factor de emisión de un contaminante suele expresarse en kg contaminante/tonelada combustible y las emisiones se calculan como:

$$Emisión\ contaminante = FEc \left(\frac{kg}{t} \right) \cdot M (t)$$

Donde:

M: cantidad de combustible utilizado por el buque

2. Muestra de buques

Los buques que realizan las escalas en el puerto deben clasificarse según las tipologías que determinan sus operativas y producción de emisiones:

| Grupo categoría EMEP/EEA | Categoría buque |
|--------------------------|-----------------------|
| Portacontenedores | Portacontenedores |
| Cruceros | Cruceros |
| Tanques | Tanques (quimiqueros) |
| | Tanques (gaseros GNL) |
| | Petroleros |
| Pasaje (Ro-Pax) | Pasaje (Ro-Pax) |
| Ro-Ro's | Ro-Ro |
| | Car-carrier |
| Carga General | Graneleros |
| | Carga (Lo-Lo) |
| Otros buques | Yates |
| | Otros buques |

Tabla 1: Tipos de buque según categoría EMEP/EEA

Se agrupan aquellos buques cuyas características operativas son similares por ejemplo los buques Ro-Ro y Car-Carrier se agrupan como Ro-Ro, los buques Tanques y Petroleros se agrupan como Tanques, los Graneleros y Carga (Lo-Lo) se agrupan como Carga General, y el resto de tipos de buques se deben considerar de manera individual.

3. Fases operativas que considerar en los puertos

Las fases operativas del buque durante una escala en puerto son las siguientes:

- **Navegación (Cruise):** Navegación en aguas abiertas cercanas al puerto (pueden establecerse como las incluidas en su zona de servicio portuario) en la aproximación de entrada y a la salida del puerto. El buque utiliza los motores principales para propulsarse y los motores auxiliares para genera la electricidad necesaria a bordo
- **Maniobras (Manoeuvring) de entrada y salida:** Navegación en aguas interiores del puerto desde la bocana hasta el muelle en el que atracar. El buque utiliza los motores principales para propulsarse y los motores auxiliares para generar la electricidad necesaria a bordo y accionar las hélices laterales de apoyo en las maniobras de giro i acercamiento al muelle
- **Estancia (Hotelling):** Buque atracado al muelle. Utiliza los motores auxiliares para generar la electricidad necesaria a bordo y en los buques tanques para el bombeo de la mercancía descargada

4. Toma de datos y cálculos

Para los cálculos de las emisiones, la metodología Tier 3 de la Guía EMEP/EEA recomienda utilizar información real siempre que esté disponible y en caso contrario, ofrece valores por defecto para deducirla a partir de otros datos

Para cada fase operativa la información de partida relevante es distinta: durante la navegación es muy importante la velocidad del buque mientras que en maniobra o estancia es más importante la tipología de buque y la duración de la fase.

Los datos requeridos para cada fase necesarios pueden obtenerse directamente a partir de registros “in situ” a bordo, electrónicos o mediante tablas “check list” cumplimentadas a partir de observaciones directas por parte de personal del buque, capitanes, jefes de máquinas, oficiales, armadores u operadores de buque, o por métodos más indirectos como los datos captados con el sistema AIS “Automatic Identification System” del buque.

4.1. Potencia demandada, Potencia instalada y Factor de Carga

Para cada motor principal o auxiliar de un buque se entiende por:

- **Potencia demandada:** Potencia real demandada por el buque en cada fase operativa de la escala.
- **Potencia instalada:** Potencia de los motores (principales y auxiliares) instalados en el buque. Esta potencia tanto para los motores principales como motores auxiliares se encuentra en las características generales del buque.

Para los buques de más 100GT se dispone de las bases de datos de las sociedades de clasificación. La más completa es la Lloyd's Register Fairplay Database de la compañía Lloyd's Register, contiene información, entre otros aspectos, de:

- Identificador universal núm. IMO
- Dimensiones del buque: Eslora, manga, calado
- Fechas de fabricación del buque, encargo, keel-laid, entrega, retrofitings
- Motorización principal: potencia total instalada, numero de motores, marcas, modelos, tecnologías de combustión, velocidades de giro, núm. de cilindros, carrera, cubicaje, etc.

Esta base de datos de *Lloyd's Register* también aporta información descriptiva (no numérica) disponible de la motorización de los generadores auxiliares de algunos buques.

En caso de no disponerse de otra información sobre la potencia auxiliar instalada, la Guía EMEP/EEA propone las ratios en función de la Potencia principal instalada que muestra la Tabla 2.

| Tipos | Potencia auxiliar instalada/Potencia Principal instalada |
|-------------------|--|
| Tanques | 0,35 |
| Graneleros | 0,39 |
| Carga (Lo-Lo) | 0,35 |
| Petroleros | 0,35 |
| Transbordadores | 0,27 |
| Pasaje | 0,27 |
| Portacontenedores | 0,27 |
| Guerra | 0,18 |
| Ro-Ro | 0,39 |
| Car-carrier | 0,39 |
| Otros | 0,18 |
| Yate | 0,27 |

Tabla 2: Relación Potencia Auxiliar y Potencia principal instalada Fuente: Guía EMEP/EEA

- **Factor de carga:** Potencia real sobre la potencia demandada que requiere el buque en cada fase del trayecto.

En la Tabla 3 se indican valores de factores de carga de los motores principales y auxiliares que se proponen para varias tipologías de buques, basados en la Tabla 3-15 de la Guía EMEP/EEA que se reproduce a continuación, con introducción de modificaciones para algunos tipos de buque según los resultados aportados por de los estudios realizados por el Puerto de Barcelona con mediciones de las potencias reales “in situ” de los buques durante sus escalas en el puerto.

Table 3-15 Estimated % load of MCR (Maximum Continuous Rating) of Main and Auxiliary Engine for different ship activity

| Phase | % load of MCR Main Engine | % time all Main Engine operating | % load of MCR Auxiliary Engine |
|----------------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Cruise | 80 | 100 | 30 |
| Manoeuvring | 20 | 100 | 50 |
| Hotelling (except tankers) | 20 | 5 | 40 |
| Hotelling (tankers) | 20 | 100 | 60 |

Source: Entec (2002)

Ilustración 1: Factores de carga por tipología de buque y operativa. Fuente Guía EMEP/EEA

| Tipología barco | Fuente de los factores de carga que se deben considerar | Factor de carga Motor principal en maniobra | Factor de carga Motor auxiliar en maniobra | Factor de carga media Motor principal en estadía | Factor de carga Motor auxiliar en estadía |
|----------------------|---|---|--|--|---|
| Portacontenedores | Puerto de Barcelona, estudio de los datos de escalas de los buques de la compañía MSC | 10 | 30 | 1 | 25 |
| Pasaje | Puerto de Barcelona, estudio de los buques cruceros realizado por Fac Náutica UPC_CENIT | 10 | 40 | 1 | 40 |
| Transbordadores | Puerto de Barcelona, estudio de los buques Ferris y Ro-Ro's realizado por Fac Náutica y UPC_CENIT | 10 | 40 | 1 | 35 |
| Ro-Ro | Puerto de Barcelona, estudio de los buques Ferris y Ro-Ro's realizado por Fac Náutica y UPC_CENIT | 10 | 30 | 1 | 25 |
| Car-carrier | Puerto de Barcelona, estudio de los buques Ferris y Ro-Ro's realizado por Fac Náutica y UPC_CENIT | 10 | 30 | 1 | 25 |
| Tanques | Guía EMEP/EEA | 20 | 50 | 20 | 60 |
| Petroleros | Guía EMEP/EEA | 20 | 50 | 20 | 60 |
| Carga Lo-Lo | Guía EMEP/EEA | 20 | 50 | 1 | 40 |
| Graneleros | Guía EMEP/EEA | 20 | 50 | 1 | 40 |
| Otros buques / Yates | Guía EMEP/EEA | 20 | 50 | 1 | 40 |

Tabla 3: Factores de carga por tipología de buque y operativa. Fuente: Informe de emisiones Puerto de Barcelona - CENIT

4.2. Tiempo de maniobra y de estancia

Los tiempos de operación y estancia de los buques se pueden obtener directamente de los registros de escala de los propios puertos en los que se hace constar la hora de amarre y de desamarre del buque, que definen la duración de la estancia. Los tiempos de maniobra de entrada desde aguas exteriores hasta el punto de atraque y viceversa de salida suelen ser bastante parecidos para las escalas en un mismo atraque.

A modo de ejemplo se muestran las duraciones medias por tipología de buque extraídas del Puerto de Barcelona (tabla 4), donde la duración de la fase de atraque se determina a partir de las horas de inicio y final de escala registrados por el Puerto de Barcelona, mientras que la duración de la fase maniobra incluye la entrada y la salida del puerto.

| Tipología de barco | Tiempos de Maniobra (h) | Tiempos de estadía (h) |
|--------------------|-------------------------|------------------------|
| Portacontenedores | 2.5 | 17.3 |
| Transbordadores | 1.5 | 6.3 |
| Tanques | 2.5 | 31.8 |
| Pasaje | 2 | 13.3 |
| Ro-Ro | 2.5 | 9.1 |
| Car-carrier | 2.5 | 15.4 |
| Graneleros | 2.5 | 106 |
| Yates | 1 | 270 |
| Carga Lo-Lo | 2.5 | 33.5 |
| Petroleros | 2.5 | 39.5 |

Tabla 4: Duración media de las actividades en el puerto de Barcelona. Fuente: Puerto de Barcelona

4.3. Factor de emisión

El Factor de Emisión depende del contaminante:

Para NO_x y TSP/PM₁₀/PM_{2.5} los factores de emisión dependen del tipo de motor (4T/2T), combustible (Fuel/Diesel/Gas natural) y su clasificación Tier, que establece límites de las emisiones máximas según su fecha de fabricación.

4.3.1. Tier del motor

El Tier del motor regula el nivel máximo de emisiones de los motores marinos en función de la fecha de fabricación del buque. Actualmente existen tres Tier:

- **Tier I (nivel 1):** Para motores diésel marino instalados en buques construidos (salvo excepciones) el 1 de enero de 2000 o posteriormente, las emisiones de óxidos de nitrógeno emitidos deben encontrarse dentro de los límites:
 - 17 g/kWh si n es inferior a 130 rpm¹.
 - $45 \cdot n^{-0.21}$ si n es igual o superior a 130 rpm, pero inferior a 2000 rpm.
 - 9,8 g/kWh si n es igual o superior a 2000 rpm.
- **Tier II (nivel 2):** Para motores diésel marino instalados en buques construidos (salvo excepciones) el 1 de enero 2011 o posteriormente, las emisiones de óxidos de nitrógeno emitidos deben encontrarse dentro de los límites:
 - 14,4 g/kWh si n es inferior a 130 rpm.
 - $44 \cdot n^{-0.2}$ si n es igual o superior a 130 rpm, pero inferior a 2000 rpm.

¹ Régimen nominal del motor (revoluciones por minuto del cigüeñal)

- 7,7 g/kWh si n es igual o superior a 2000 rpm.
- **Tier III (nivel 3) Aplica en zonas ECA:** Para motores diésel marino instalados en buques construidos (salvo excepciones) el 1 de enero 2016 o posteriormente, las emisiones de óxidos de nitrógeno emitidos deben encontrarse dentro de los límites.
 - 3,4 g/kWh si es inferior a 130 rpm.
 - $9 \cdot n - 0.2$ si n es igual o superior a 130 rpm, pero inferior a 2000 rpm.
 - 2,0 g/kWh si n es igual o superior a 2000 rpm.

4.3.2. Velocidad del motor

Según la velocidad de giro nominal de funcionamiento, los motores Diésel se clasifican en:

- **Lentos:** máquinas, de 2 Tiempos², para propulsión directa en buques mercantes. La velocidad de giro nominal está comprendida entre 78 rpm-300 rpm. Están preparados para quemar Fuelóleos (FO)
- **Semirápidos:** máquinas, siempre de 4 Tiempos³, que se utilizan para todo tipo de aplicaciones mediante sistemas de engranaje al eje motor de la hélice de paso variable o generación de electricidad con generadores de cola. La velocidad está comprendida entre 350 rpm-1100 rpm. Generalmente queman Gasóleo Marino (MGO) pero también están adaptados a quemar Fuelóleos.
- **Rápidos:** máquinas de 4 Tiempos, utilizados exclusivamente para generación de energía auxiliar. Queman combustibles destilados de alta calidad Gasóleos o Diesel (MDO). La velocidad está comprendida entre 1200 rpm-6000 rpm.

4.3.3. Combustible

Los combustibles que consumen los diferentes motores en cada fase operativa de la escala se clasifican como:

- **BFO (Bunker Fuel Oil):** Representa la familia de Fuelóleos pesados que incluye variantes como el Heavy Fuel Oil (HFO) o High Sulphur Fuel Oil (HSFO). Son mezclas inflamables compuestas de distintos hidrocarburos de cadena larga. Se obtienen como fracción residual de la destilación del petróleo crudo. A temperatura ambiente tienen alta viscosidad, teniendo que precalentarse a 40°C para poder ser bombeados. Para mejorar su calidad pueden mezclarse con Gasóleos más ligeros dando lugar a Fuelóleos Intermedios (IFO 180 y IFO 380) y para cumplir con la normativa de contenido máximo de azufre, también se comercializan LSHFO (0,5%S) i el VLSHFO (0,1%S). Los Fuelóleos suelen utilizarse casi exclusivamente para propulsión en motores de media y baja velocidad de giro.
- **MDO/MGO (Marine Diesel Oil / Marine Gas Oil):** son combustibles destilados o carburante mixto. Se caracterizan por su buena calidad y se distinguen del HFO por valores, en general, más bajos de la viscosidad, la densidad y el contenido de azufre. En el

² 2 Tiempos: Motores de gran diámetro del cilindro y carrera del pistón, velocidad de giro lenta y grandes potencias, puede alcanzar hasta 82000CV

³ 4 Tiempos: Son los motores más utilizados, de dimensiones de diámetro del cilindro y carrera moderadas, que, en la actualidad pueden alcanzar desde los 10 CV hasta los 47000 CV

mercado está ampliamente extendida la comercialización de LS-MGO o simplemente MGO con 0,1%S, por lo que es el combustible que suelen elegir los buques para quemar en los motores auxiliares para cumplir con la legislación durante la estancia en puerto.

- **LNG** (Liquified natural gas): El gas natural es el combustible fósil más limpio, se compone de metano con pequeñas concentraciones de hidrocarburos más pesados, tales como el etanol y el propano. Utilizando el GNL como combustible en los barcos, no son necesarias medidas adicionales de reducción de emisiones para cumplir con los requisitos de la OMI como sí ocurre con los combustibles pesados que necesitan de una instalación de sistemas de limpieza de gases de escape.

La tabla 5 propone los siguientes factores de emisión y consumo específico de combustible en función de la tipología del motor, combustible que consume y la fase de operación en la que se encuentre el buque según la tabla 3.10 de la Guía EMEP/EEA.

Table 3-10 Tier 3 emission factors for NO_x, NMVOC, PM and Specific Fuel Consumption for different engine types/fuel combinations and vessel trip phases (cruising, hotelling, manoeuvring) in g/kWh

| Engine | Phase | Engine type | Fuel type | NO _x EF 2000 (g/kWh) | NO _x EF 2005 (g/kWh) | NO _x EF 2010 (g/kWh) | NMVOC EF (g/kWh) | TSP PM ₁₀ PM _{2.5} EF (g/kWh) | Specific fuel consumption (g fuel/kWh) | |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------|---|--|-------|
| Main | Cruise | Gas turbine | BFO | 6.1 | 5.9 | 5.7 | 0.1 | 0.1 | 305.0 | |
| | | | MDO/MGO | 5.7 | 5.5 | 5.3 | 0.1 | 0.0 | 290.0 | |
| | | High-speed diesel | BFO | 12.7 | 12.3 | 11.8 | 0.2 | 0.8 | 213.0 | |
| | | | MDO/MGO | 12.0 | 11.6 | 11.2 | 0.2 | 0.3 | 203.0 | |
| | | Medium-speed diesel | BFO | 14.0 | 13.5 | 13.0 | 0.5 | 0.8 | 213.0 | |
| | | | MDO/MGO | 13.2 | 12.8 | 12.3 | 0.5 | 0.3 | 203.0 | |
| | | Slow-speed diesel | BFO | 18.1 | 17.5 | 16.9 | 0.6 | 1.7 | 195.0 | |
| | | | MDO/MGO | 17.0 | 16.4 | 15.8 | 0.6 | 0.3 | 185.0 | |
| | | Steam turbine | BFO | 2.1 | 2.0 | 2.0 | 0.1 | 0.8 | 305.0 | |
| | | | MDO/MGO | 2.0 | 1.9 | 1.9 | 0.1 | 0.3 | 290.0 | |
| | | Manoeuvring Hotelling | Gas turbine | BFO | 3.1 | 3.0 | 2.9 | 0.5 | 1.5 | 336.0 |
| | | | | MDO/MGO | 2.9 | 2.8 | 2.7 | 0.5 | 0.5 | 319.0 |
| | High-speed diesel | | BFO | 10.2 | 9.9 | 9.5 | 0.6 | 2.4 | 234.0 | |
| | | | MDO/MGO | 9.6 | 9.3 | 8.9 | 0.6 | 0.9 | 223.0 | |
| Medium-speed diesel | BFO | | 11.2 | 10.8 | 10.4 | 1.5 | 2.4 | 234.0 | | |
| | MDO/MGO | | 10.6 | 10.2 | 9.9 | 1.5 | 0.9 | 223.0 | | |
| Slow-speed diesel | BFO | 14.5 | 14.0 | 13.5 | 1.8 | 2.4 | 215.0 | | | |
| | MDO/MGO | 13.6 | 13.1 | 12.7 | 1.8 | 0.9 | 204.0 | | | |
| Steam turbine | BFO | 1.7 | 1.6 | 1.6 | 0.3 | 2.4 | 336.0 | | | |
| | MDO/MGO | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 0.3 | 0.9 | 319.0 | | | |
| Auxiliary | Cruise | High-speed diesel | BFO | 11.6 | 11.2 | 10.8 | 0.4 | 0.8 | 227.0 | |
| | | | MDO/MGO | 10.9 | 10.5 | 10.2 | 0.4 | 0.3 | 217.0 | |
| | Manoeuvring Hotelling | Medium-speed diesel | BFO | 14.7 | 14.2 | 13.7 | 0.4 | 0.8 | 227.0 | |
| | | | MDO/MGO | 13.9 | 13.5 | 13.0 | 0.4 | 0.3 | 217.0 | |

BFO –Bunker Fuel Oil, MDO –Marine Diesel Oil, MGO –Marine Gas Oil

Source: Entec (2002), Entec (2007), the emission factors for NMVOC was been derived as 98 % of the original HC emission factors value, based on reported CH₄ factors from IPCC (1997).

Note. See Table 3-1 and Table 3-2 for emission factors for other pollutants.

BC fraction of PM (f-BC): BFO: 0.12, MDO/MGO: 0.31. Source: for further information see Appendix A

Tabla 5: Factores de emisión para diferentes tipos de motor y combustible para las diferentes fases

Fuente: tabla 3-10 EMEP/EEA.

Para el combustible **LNG**, la Guía EMEP/EEA no detalla factores de emisión porque, aunque es un combustible con un uso creciente en el sector marítimo, actualmente aún está poco extendido. En este caso, para motores y turbinas de gas se utilizarán los factores de emisión de correspondientes a MGO/MDO para Turbinas de Gas en Fase Maniobra, que son los más parecidos.

Para SO₂ el factor de emisión depende del contenido %S del combustible utilizado en cada fase. Para obtener las emisiones, primero se debe calcular el consumo de combustible durante cada fase operativa a partir de la energía utilizada y el coeficiente de consumo específico. Posteriormente se determina la masa de azufre quemada en cada fase en los motores principales y auxiliares junto con el combustible mediante su contenido %S de azufre del combustible utilizado. Finalmente se calcula la emisión de SO₂ suponiendo una conversión total estequiométrica del azufre contenido.

En caso de desconocerse el contenido de azufre del combustible utilizado en cada fase de la escala, la tabla 6 muestra el máximo permitido en cada fase:

| Fase operativa | Contenido máximo SO _x | Observaciones |
|----------------|----------------------------------|---|
| Navegación | 0,5% | Se suele cumplir quemando LSHFO o MGO, pero se admiten combustibles con mayor contenido de S si el buque utiliza scrubbers para depurar los gases hasta conseguir emisiones equivalentes de SO ₂ |
| Estancia | 0,1% | Aplica a partir de 1h después del atraque y hasta 1h antes de la salida. Para cumplirlo, la gran mayoría de buques durante la estancia quema LS-MGO aunque un pequeño porcentaje pueden usar combustibles con mayor contenido de S combinado con el uso de scrubbers para depurar los gases |

Tabla 6: Contenido máximo de S por fase operativa



Centre d'Innovació del Transport (CENIT)

C/ Jordi Girona, 1-3, C3, S120, 08034, Barcelona

www.cenit.cat

A RTD group of:

