



**UNIVERSIDADE DA CORUÑA**

**PROGRAMA OFICIAL DE DOCTORADO EN  
ENERGÍA Y PROPULSIÓN MARINA**

**E.T.S. NÁUTICA Y MÁQUINAS**

**TESIS DOCTORAL**

**ESTUDIO DE AMBIENTES INTERIORES  
MARINOS**

Doctoranda: Rebeca Bouzón Otero

---

Directores: Ángel Martín Costa Rial

José Antonio Orosa García

A Coruña, 2017



## **AGRADECIMIENTOS**

Me gustaría dar las gracias a mis hijos, por el tiempo que me han regalado para poder realizar esta tesis.

A Manuel, por acompañarme y no dejar que me rindiera nunca, gracias por estar en mi camino.

A mis directores de tesis: Orosa, aunque sé que no le gustan las demostraciones públicas, agradecer en silencio no sirve de nada, así que, gracias por creer en mí, y Martín, porque un amigo incondicional no se encuentra fácilmente y cuando necesité una mano me tendió las dos.



**ÍNDICE**

ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE TABLAS	13
GLOSARIO	15
RESUMO	19
RESUMEN	21
ABSTRACT	23
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>27</b>
1.1. Introducción a la fatiga a bordo: causas y consecuencias	27
1.2. Referencias	35
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>41</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>45</b>
3.1. Estudio de la fatiga debida a las condiciones de trabajo a bordo	48
3.1.1. Introducción a la normativa sobre fatiga debida a las condiciones de trabajo en buques	48
3.1.2. La encuesta	59
3.2. Estudio de la fatiga debida a las condiciones ambientales	65
3.2.1. Estudio de la fatiga debida a las condiciones ambientales	65
3.2.1.1. Materiales acústica	65
3.2.1.2. Materiales térmica	67
3.2.2. Metodología para el estudio de la fatiga causada por el ruido	68
3.2.2.1 Normativa acústica en buques	69
3.2.2.2. Caso práctico Buque Ferry Catamarán	81
3.2.2.3. Caso práctico Buque Ferry Ropax	85
3.2.3. Metodología para el estudio de la fatiga causada por la temperatura	87
3.2.3.1. Normativa sobre fatiga producida por la temperatura en buques	88
3.2.3.2. Caso práctico Buque Ferry Ropax	93
3.3. Referencias	94
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>103</b>
4.1. Condiciones de fatiga debida a las condiciones de trabajo	103
4.1.1. Resultados del estudio sobre fatiga debida a las condiciones de trabajo	103
4.1.2. Discusión de resultados sobre las causas de fatiga debida a las condiciones de trabajo	119
4.2. Condiciones de fatiga debida a las condiciones ambientales	130
4.2.1 Resultados y Discusión: Fatiga acústica	130
4.2.1.1. Caso práctico Buque Ferry Catamarán	130
4.2.1.2. Caso práctico Buque Ferry Ropax	137



4.2.2 Resultados y Discusión: Fatiga térmica	149
4.2.2.1. Análisis de las variables monitorizadas	149
4.2.2.2. Análisis en la Sala de Máquinas	151
4.2.2.3. Análisis en el Control de Máquinas	152
4.2.2.4. Discusión sobre la fatiga térmica	154
4.3. Propuestas de actuación	157
4.3.1. Nuevos procedimientos de prevención de fatiga debida a las condiciones de trabajo	157
4.3.2. Nuevos procedimientos de prevención de fatiga debida a las condiciones ambientales: acústica	165
4.3.3. Nuevos procedimientos de prevención de la fatiga debida a las condiciones ambientales: térmica	167
4.4. Referencias	168
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>173</b>
<b>6. TRABAJOS DERIVADOS DE LA TESIS</b>	<b>177</b>





## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Convenios y Códigos Internacionales Marítimos.	29
Figura 1.2. Accidentes según el tipo de buque durante el 2011-2014.	31
Figura 3.1. Normativa empleada para analizar las condiciones de trabajo y las condiciones ambientales a bordo del buque.	46
Figura 3.2. Metodología del análisis de los casos prácticos.	47
Figura 3.1.2.1. Encuesta online.	60
Figura 3.1.2.2. Página de Ingeniería Marina en Facebook.	63
Figura 3.2.2.1. Límites de exposición al ruido.	71
Figura 3.2.2.2: Cubierta principal.	83
Figura 3.2.2.3: Cubierta pasaje.	83
Figura 3.2.2.4: Cubierta garaje.	83
Figura 3.2.2.5: Espacios de garaje y Sala de Máquinas.	84
Figura 3.2.2.6. Espacios de medición del ruido en la sala de máquinas.	85
Figura 3.2.2.7. Espacios de medición del ruido en la cubierta 1.	86
Figura 3.2.2.8. Espacios de medición del ruido en la cubierta 6.	86
Figura 4.1.1.1. Porcentajes de las respuestas de “Tipo de Buque”.	104
Figura 4.1.1.2. Porcentajes de las respuestas de “Puesto a bordo”.	104
Figura 4.1.1.3. Porcentajes de las respuestas de “Tiempo en el puesto”.	105
Figura 4.1.1.4. Porcentajes de las respuestas de “Estudios”.	105
Figura 4.1.1.5. Porcentajes de las respuestas de “Edad”.	106
Figura 4.1.1.6. Porcentajes de las respuestas de “Turnos de trabajo”.	106
Figura 4.1.1.7. Porcentajes de las respuestas de “La máquina está automatizada”.	107
Figura 4.1.1.8. Porcentajes de las respuestas de “Tipo de navegación”.	107
Figura 4.1.1.9. Porcentajes de las respuestas a “Te sientes motivado en tu trabajo”.	108
Figura 4.1.1.10. Respuestas a “Mi puesto requiere esfuerzo físico” y “Mi puesto requiere esfuerzo mental”.	110
Figura 4.1.1.11. Respuestas a “Te sientes fatigado al inicio de tu jornada” y “Te sientes fatigado al final de tu jornada”.	111
Figura 4.1.1.12. Respuestas a “Tu camarote tiene unos niveles de ruido confortables”, “Tu camarote tiene una temperatura confortable”, “El ambiente en la sala de máquinas es confortable” y “El ambiente en el control de máquinas es confortable”.	111
Figura 4.1.1.13. Respuestas a “Dispongo de tiempo suficiente para realizar trabajos”, “Puedo realizar descansos en medio de los trabajos” y “Hay colaboración en los trabajos de otros compañeros”.	112
Figura 4.1.1.14. Respuestas a “En la realización de mi trabajo influye la presión por el tiempo”, “Estoy acostumbrado a tratar con situaciones complejas” y “Exigencia de memorizar mucha información”.	112
Figura 4.1.1.15. Respuestas a “En mi trabajo respetan los períodos de embarcaciones/vacaciones”, “Tienes posibilidad de bajar del barco en tu jornada de descanso”.	113
Figura 4.1.1.16. Resultados de “Esfuerzo físico y mental”.	114
Figura 4.1.1.17. Resultados de “Fatiga en el puesto de trabajo”.	115
Figura 4.1.1.18. Resultados de “Nivel de confort en el camarote”.	116
Figura 4.1.1.19. Resultados de “Confort en alojamientos del personal de máquinas”.	116



Figura 4.1.1.20. Resultados de “Confort Sala y Control de Máquinas”.	117
Figura 4.1.1.21. Resultados de “Calidad del trabajo a bordo”.	118
Figura 4.1.1.22. Resultados de “Complejidad del trabajo a bordo”.	118
Figura 4.2.1.1. Mapa del nivel de ruido en el buque catamarán.	130
Figura 4.2.1.2. Vista de la sala de máquinas del buque catamarán.	132
Figura 4.2.1.3. Vista del generador y del conducto de ventilación de la sala de máquinas del buque catamarán.	132
Figura 4.2.1.4. Nivel ruido en la cubierta principal del buque catamarán.	133
Figura 4.2.1.5. Nivel ruido en la cubierta de pasaje del buque catamarán.	133
Figura 4.2.1.6. Vista de los salones de pasaje del buque catamarán.	133
Figura 4.2.1.7. Nivel ruido en la cubierta de garajes del buque catamarán.	134
Figura 4.2.1.8. Nivel ruido en los espacios de garaje del buque catamarán.	134
Figura 4.2.1.9. Nivel ruido en la sala de máquinas del buque catamarán.	135
Figura 4.2.1.10. Vista de la sala de jets del buque catamarán.	135
Figura 4.2.1.11. Valores promedios, máximos y mínimos de cada una de las zonas del buque catamarán navegando.	136
Figura 4.2.1.12. Mapa del nivel de ruido en el buque ropax.	141
Figura 4.2.1.13. Nivel de ruido en la sala de máquinas del buque ropax.	141
Figura 4.2.1.14. Sala de motores propulsores del buque ropax.	141
Figura 4.2.1.15. Control de máquinas del buque ropax.	142
Figura 4.2.1.16. Nivel de ruido en la cubierta 2 del buque ropax.	143
Figura 4.2.1.17. Nivel de ruido en la cubierta 3 del buque ropax.	143
Figura 4.2.1.18. Garajes buque ropax.	144
Figura 4.2.1.19. Nivel de ruido en la cubierta 4 del buque ropax.	144
Figura 4.2.1.20. Nivel de ruido en la cubierta 5 del buque ropax.	145
Figura 4.2.1.21. Zona de pasaje y bar del buque ropax.	145
Figura 4.2.1.22. Nivel de ruido en la cubierta 6 del buque ropax.	146
Figura 4.2.1.23. Nivel de ruido en la cubierta 7 del buque ropax.	146
Figura 4.2.1.24. Valores máximos, mínimos y promedios de cada una de las zonas del buque ropax navegando.	147
Figura 4.2.2.1. Frecuencia relativa del PMV en la sala de control de máquinas.	152
Figura 4.2.2.2. Frecuencia acumulada de PPD en la sala de control de máquinas.	153
Figura 4.2.2.3. Tiempo máximo que se puede estar en la sala de máquinas con valores constantes de Clo y Met de 0,7 y 1,3, respectivamente.	154
Figura 4.2.2.4. Tiempo mínimo que debe estar un trabajador en la sala de control para perder el calor acumulado en cuando ha estado el tiempo máximo permitido en la sala de máquinas.	154
Figura 4.2.2.5. Balance térmico para una persona estándar en sala de máquinas (32,50°C y HR=25,0%).	155
Figura 4.3.1.1. Simulador de sala de máquinas tradicional.	158
Figura 4.3.1.2. Hardware modular del simulador.	159
Figura 4.3.1.3. Simulación del ciclo de la instalación frigorífica.	161
Figura 4.3.1.4. Simulación del sistema de refrigeración del ciclo.	161
Figura 4.3.1.5. Programación del EES.	162
Figura 4.3.1.6. Análisis del nivel de fatiga por medio de simuladores.	164
Figura 4.3.2.1. Distribución del ruido según la cubierta y la eslora del buque catamarán.	165



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Distribución de accidentes de buques de carga (%).	32
Tabla 1.2. Distribución de accidentes de buques de pasaje (%).	32
Tabla 1.3. Distribución de accidentes de buques de servicio (%).	33
Tabla 1.4. Accidentes dentro de la sala de máquinas según categoría de buque.	33
Tabla 3.2.1.1. Características técnicas del sonómetro.	66
Tabla 3.2.1.2. Características técnicas del sensor de medida de temperatura y humedad relativa.	67
Tabla 3.2.1.3. Características técnicas del sensor de medida de temperatura de globo.	67
Tabla 3.2.2.1. Límites del nivel de ruido según la resolución A. 468(XII).	70
Tabla 3.2.2.2. Enmiendas a la resolución A.468 (XII).	73
Tabla 3.2.2.3. Límites propuestos por la Comunidad de Asociaciones de Astilleros Europeos (CESA).	75
Tabla 3.2.2.4. Resolución MSC. 337 (91).	76
Tabla 3.2.3.1. Escala de sensación térmica de siete niveles.	89
Tabla 4.1.2.1. Resultados medios de la encuesta.	120
Tabla 4.1.2.2. Resultados medios por tipo de navegación.	123
Tabla 4.1.2.3.(a) Resultados por tipo de navegación y puesto a bordo.	125
Tabla 4.1.2.3.(b) Resultados por tipo de navegación y puesto a bordo.	126
Tabla 4.2.1.1. Puntos de discusión buque catamarán.	131
Tabla 4.2.1.2. Puntos de muestreo buque ropax – Sala de Máquinas y Cubierta. N°1.	138
Tabla 4.2.1.3. Puntos de muestreo buque ropax – Cubiertas N°1, N°2, N°3, N°4 y N°5.	139
Tabla 4.2.1.4. Puntos de muestreo buque ropax – Cubierta N°6 y N°7.	140
Tabla 4.2.2.1. Valores de referencia para ambientes interiores.	149
Tabla 4.2.2.2. Análisis estadístico de los datos de temperatura recogidos.	150
Tabla 4.2.2.3. Análisis estadístico de los datos de humedad relativa recogidos.	150
Tabla 4.2.2.4. Influencia de la temperatura sobre los trastornos por calor.	151
Tabla 4.2.2.5. Promedios de PMV y PPD.	152
Tabla 4.3.1.1. Tipos de simuladores.	158



## **GLOSARIO**

**BOE:** Boletín Oficial del Estado.

**Clo:** Unidad de medida empleada para el índice de indumentaria, que procede del inglés cloth, vestimenta.

**C.V.E.:** Potencia Efectiva.

**CEI:** Comisión Electrotécnica Internacional.

**CESA:** Comunidad de Asociaciones de Astilleros Europeos.

**CIOSL:** Confederación Internacional de Organizaciones Sindicales Libres.

**CTM:** Convenio sobre el Trabajo Marítimo.

**dB:** Decibelios.

**DGMM:** Dirección General de la Marina Mercante.

**EMCIP:** Plataforma Europea de Información sobre Accidentes Marítimos.

**EMSA:** Agencia Europea de Seguridad Marítima.

**GT:** Gross tonnage (Tonelaje Bruto).

**HSC:** High Speed Craft (Buques de alta velocidad).

**IEC:** International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional).

**IGS:** Código Internacional de Gestión de la Seguridad.

**ISF:** Federación Internacional de Armadores.

**ISPS:** International Ship and Port Facility Security Code.

**ITF:** International Transport Workers' Federation (Federación Internacional de Trabajadores del Transporte).

**Leq.T:** Nivel Sonoro Equivalente.

**Met:** Metabolic Equivalent of Task (Equivalente Metabólico de Actividad).

**MSC:** Maritime Safety Committee (Comité de Seguridad Marítima).

**NTP:** Notas Técnicas de Prevención.

**NUMAST:** National Union of Marine, Aviation and Shipping Transport Officers (Sindicato Nacional de Oficiales de Aviación, Marina y de Transporte Marítimo).

**OCMI:** Organización Consultiva Marítima Internacional.

**OIT:** Organización Internacional del Trabajo.

**OMI:** Organización Marítima Internacional.





**PBIP:** Código Internacional para la Protección de los Buques y de las Instalaciones Portuarias.

**PMV:** Predicted Mean Vote (Voto Medio Estimado).

**PPD:** Predicted Percentage of Dissatisfied (Porcentaje Estimado de Insatisfechos).

**PYMAR:** Sociedad de Pequeños y Medianos Astilleros de Reconversión, S.A.

**R.B.C:** Registro Bajo Cubierta.

**SOFI:** Swedish Occupational Fatigue Inventory (Inventario Sueco de Fatiga Ocupacional).

**SOFI-SM:** SOFI Spanish Modified version (Versión Española del Inventario Sueco de Fatiga Ocupacional).

**SOLAS:** International Convention of Safety of Life at Sea (Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar).

**STCW-78/95:** International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping (Convenio Internacional sobre Normas de Formación, Titulación y Guardia para la Gente de Mar de 1978).

**WBGT:** Wet Bulb Globe Temperature (Temperatura de globo de bulbo húmedo).



## RESUMO

O informe da Axencia Europea de Seguridade Marítima realizado entre 2011-2014 para buques europeos, amosou que o 67% dos accidentes e incidentes producidos a bordo dos mesmos foron causados por erros humanos, dentro destes erros identificouse a fatiga como unha das posibles causas.

Na resolución A.772 (18) "Factores que contribúen á fatiga" da Organización Marítima Internacional (OMI) defínese a fatiga como unha diminución no rendemento humano, polo que a OMI abordou a cuestión da fatiga mediante as horas de traballo e descanso a través de varios convenios e códigos, o Convenio sobre Normas de Formación, Titulación e Garda da Xente de Mar (STCW), o Código Internacional de Seguridade a Bordo (IGS) e mediante o Convenio sobre o Traballo Marítimo 2006 (CTM2006), este último desenvolvido pola Organización Internacional do Traballo (OIT).

Ademais de facer fronte á fatiga a través das horas de traballo e descanso da xente de mar, o que serían as condicións de traballo a bordo, faise necesario tamén analizar as condicións ambientais nas que se desenvolve este traballo e que pode propiciar a aparición de fatiga ao tratarse de condicións extremas de temperatura, ruído, vibracións, etc.

Por todo iso, na presente tese analizarase a aparición da fatiga desde dous aspectos diferenciados pero relacionados entre si. Por unha banda as condicións de traballo a bordo, entendendo estas condicións como a carga de traballo, é dicir, horas empregadas, persoal suficiente para realizar as tarefas, descanso, etc., e por outra banda, as condicións ambientais, entendendo estas condicións como a temperatura e o ruído que hai no lugar de traballo.

Co fin de poder entender as condicións a bordo dun buque e a percepción que teñen os traballadores sobre a fatiga, buscouse coñecer a súa opinión mediante unha enquisa con preguntas encamiñadas a recoñecer as devanditas condicións.

Por outra banda, para coñecer as condicións ambientais de ruído e temperatura empregáronse aparellos de medida en dous tipos de barcos nos que máis representación houbo de respostas á enquisa anteriormente citada.



## RESUMEN

El informe de la Agencia Europea de Seguridad Marítima realizado entre el 2011-2014 a buques europeos, puso de manifiesto que el 67% de los accidentes e incidentes producidos a bordo de los mismos habían sido ocasionados por errores humanos, dentro de estos errores se identificó la fatiga como una de las posibles causas.

En la resolución A.772 (18), "Factores que contribuyen a la fatiga" de la Organización Marítima Internacional (OMI) se define la fatiga como una disminución del rendimiento humano, es por esto que la OMI ha abordado la cuestión de la fatiga mediante las horas de trabajo y descanso a través de varios convenios y códigos, el Convenio sobre Normas de Formación, Titulación y Guardia de la Gente de Mar (STCW), el Código Internacional de Seguridad a Bordo (IGS) y mediante el Convenio sobre el Trabajo Marítimo 2006 (CTM2006), este último desarrollado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

Además de hacer frente a la fatiga a través de las horas de trabajo y descanso de la gente de mar, lo que serían las condiciones de trabajo a bordo, se hace necesario también analizar las condiciones ambientales en las que se desarrolla este trabajo y que puede propiciar la aparición de fatiga al tratarse de condiciones extremas de temperatura, ruido, vibraciones, etc.

Por todo ello, en la presente tesis se analizará la aparición de la fatiga desde dos aspectos diferenciados pero relacionados entre sí. Por una parte las condiciones de trabajo a bordo, entendiendo estas condiciones como la carga de trabajo, es decir, horas empleadas, personal suficiente para realizar las tareas, descanso, etc., y por otra parte, las condiciones ambientales, entendiendo estas condiciones como la temperatura y el ruido que hay en el lugar de trabajo.

Con el fin de poder entender las condiciones a bordo de un buque y la percepción que tienen los trabajadores sobre la fatiga, se ha buscado conocer su opinión mediante una encuesta con preguntas encaminadas a reconocer dichas condiciones.

Por otra parte, para conocer las condiciones ambientales de ruido y temperatura se han empleado aparatos de medida en dos tipos de barcos en los que más representación hubo de respuestas a la encuesta anteriormente citada.



## **ABSTRACT**

The European Maritime Safety Agency report of the survey conducted on European vessels between 2011 and 2014 revealed that 67% of the accidents and incidents that occurred on-board were caused by human errors, of which fatigue was identified as a major cause.

According to the A.772 (18) resolution 'fatigue factors in manning and safety of the International Maritime Organization (IMO), fatigue is defined as a decrease in human performance. Thus, IMO has addressed the issue of fatigue through the Convention on Standards of Training, Certification and Guidance for Seafarers (STCW), the International Safety Management Code (ISM) and the Maritime Labour Convention 2006 (MLC2006); the latter was developed by the International Labour Organization (ILO).

In addition to tackling fatigue through their working hours and rest periods, the seafarers faced uncomfortable working conditions on-board; it is therefore warranted that the environmental conditions of the work place be analysed to identify and eliminate the sources of conditions that induce fatigue, such as extreme temperatures, noise and vibrations.

The present thesis analysed the appearance of fatigue in two different, but related context. On one hand, the work conditions on-board were considered, which included the workload (man-hours employed), ratio of numbers of personnel to the number of task, rest periods or breaks, etc. On the other hand, environmental conditions such as temperature and noise in the workplace were also considered.

In order to comprehend the conditions on-board a ship as well as the perception of fatigue by workers, we sought the opinions of the seafarers through a questionnaire survey aimed at recognizing the factors contributing to fatigue.

The environmental conditions of noise and temperature were assessed using measuring devices across two types of ships. More number of samples needs to be studied in the future for better representation of the results obtained.





# **1. INTRODUCCIÓN**



## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Introducción a la fatiga a bordo: causas y consecuencias**

Los tratados internacionales en el mundo marítimo han venido a mejorar la seguridad de la vida en el mar. El Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS, 1974) es el tratado internacional más importante sobre la seguridad de los buques. La primera versión data de 1914, nace como consecuencia de la catástrofe del Titanic. La segunda versión fue adoptada en 1929, la tercera en 1948 y la cuarta fue adoptada en 1960 (en esta versión ya aparece la Organización Marítima Internacional (OMI) (IMO, 2017) como tal, originalmente tenía carácter consultivo, por lo que se la conocía como OCMI (Organización Consultiva Marítima Internacional) y sus recomendaciones eran de carácter optativo. La versión actual del Convenio SOLAS se aprobó en 1974 y entró en vigor en 1980.

Como se ha mencionado anteriormente, lo primero que hizo la OMI al empezar a realizar sus funciones en 1959 fue adoptar una nueva versión del Convenio SOLAS, la que sería la cuarta versión, que se logró en 1960.

Uno de los puntos clave para lograr la seguridad que se pretendía en la navegación y la protección del medio ambiente marino, incluía a los profesionales que trabajaban a bordo de los buques. En este sentido, el Convenio Internacional sobre Normas de Formación, Titulación y Guardia para la Gente de Mar de 1978, (STCW-78), establecía normas mínimas sobre formación, titulación y guardia para la gente de mar que los países estaban obligados a cumplir o superar.

El Convenio STCW-78 fue aprobado por la OMI en 1978, entrando en vigor en 1984. Se decidió enmendar este Convenio al quedar de manifiesto que no se habían alcanzado los objetivos que se pretendían. Las enmiendas de 1995 entraron en vigor el 1 de febrero de 1997, con lo que el Convenio pasó a llamarse Convenio STCW-95. Este hecho, marca una de las dos actuaciones, llevadas a cabo durante los años 90, y que fueron de gran importancia por estar relacionadas con el factor humano en el transporte marítimo.

La segunda de estas acciones fue adoptar, mediante la resolución A.741 (18) en noviembre de 1993, el Código Internacional de Gestión de la Seguridad (IGS) que entró en vigor el 1 de julio de 1998 como capítulo IX del SOLAS y ha sido enmendado en numerosas ocasiones.

Con el nuevo STCW-95, se le permite a la OMI controlar las acciones de los gobiernos, las Partes en el Convenio tendrán que facilitarle información sobre el cumplimiento de las obligaciones que ha ratificado. Este Convenio posee un Código asociado. Con posterioridad a esto, en el año 2010, se realizó una nueva revisión del Convenio STCW-95 donde se adoptaron las Enmiendas de Manila.

Las diferencias entre las distintas versiones del Convenio eran varias, el Convenio STCW-78 se centraba, principalmente, en el conocimiento, mientras que el STCW-95 se centraba en las habilidades prácticas y las competencias respaldadas por el conocimiento teórico. Las enmiendas de 2010 cubren las deficiencias del Convenio STCW-78/95.

En cuanto a seguridad y protección se refiere, el Código Internacional para la Protección de los Buques y de las Instalaciones Portuarias Código PBIP (o ISPS, siglas en inglés) (ISPS, 2002) ha constituido la base de un amplio régimen de protección obligatoria para el transporte marítimo internacional y que aparece reflejado en el capítulo XI-2 del Convenio SOLAS, el 1 de julio de 2004. La ampliación del Convenio SOLAS 1974 a las instalaciones portuarias se acordó partiendo de la base de que ese Convenio ofrece el medio más rápido para conseguir que las medidas necesarias relativas a la protección marítima entren en vigor y se apliquen prontamente.

De esta manera, en la Figura 1.1 se puede observar un resumen de los códigos y convenios tratados anteriormente según su año de adopción.

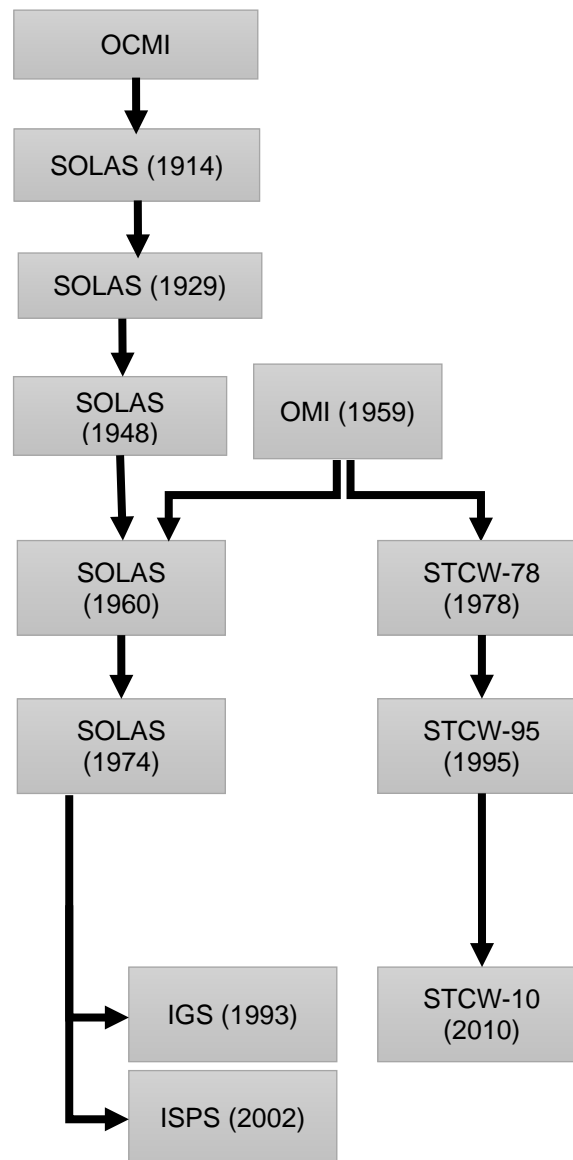


Figura 1.1. Convenios y Códigos Internacionales Marítimos.

Como se ha indicado anteriormente, la OMI se constituyó como primer organismo internacional de las Naciones Unidas dedicado de manera exclusiva a cuestiones marítimas. Su órgano rector es la Asamblea, que se reúne cada dos años según régimen normal y que realiza su trabajo mediante los comités y subcomités.

Además de preocuparse de aspectos relacionados con la seguridad y la formación, la OMI también ha venido realizando diversas resoluciones para conseguir la cooperación en la investigación de siniestros y sucesos marítimos, llegando a adoptar el Código para la investigación de siniestros y sucesos marítimos (IMO, 1997). Además de esto, mediante la resolución A.1075 (28) “Directrices para ayudar a los investigadores en la implantación del código de investigación de siniestros, adoptada el 4 de diciembre del 2013”, (IMO, 2014)

estableció Directrices para que los investigadores pudieran implantar dicho Código. En este Código se define el Siniestro Marítimo como un suceso o serie de sucesos directamente relacionados con la explotación de un buque que ha tenido como resultado:

1. la muerte o lesiones graves de una persona,
2. la pérdida de una persona que estuviera a bordo,
3. la pérdida, presunta pérdida o abandono de un buque,
4. los daños materiales sufridos por el buque,
5. la varada o avería importante de un buque, el abordaje de un buque,
6. daños materiales causados en la infraestructura marítima ajena al buque que representen una amenaza grave para la seguridad del buque, de otro buque, o de una persona,
7. daños graves al medio ambiente como resultado de los daños sufridos por uno o varios buques.

En este mismo Código se define el Suceso Marítimo como un suceso o serie de sucesos, distinto de un siniestro marítimo, que haya ocurrido habiendo una relación directa con las operaciones del buque que haya puesto en peligro o que, de no ser corregido, pondría en peligro la seguridad del buque, la de sus ocupantes o la de cualquier otra persona, o la del medio ambiente.

Cabe señalar que ni los siniestros ni los sucesos marítimos incluyen un acto deliberado u omisión, con la intención de causar daño a la seguridad de un buque, a un individuo o el medio ambiente.

Según los datos extraídos por la Agencia Europea de Seguridad Marítima (EMSA) en su informe anual para el periodo 2011-2014 (EMSA, 2015), más de 390 personas perdieron la vida y 3.250 resultaron heridas en accidentes e incidentes marítimos. En particular, en la Figura 1.2 se puede apreciar la distribución estadística durante el periodo 2011-2014 según la categoría principal del buque. Estas categorías se dividen en: buque de carga, buque de pesca, buque de pasaje, barco de servicio (remolcadores, dragas, etc.) y otros buques (de navegación interior, de recreo, de la armada, desconocidos).

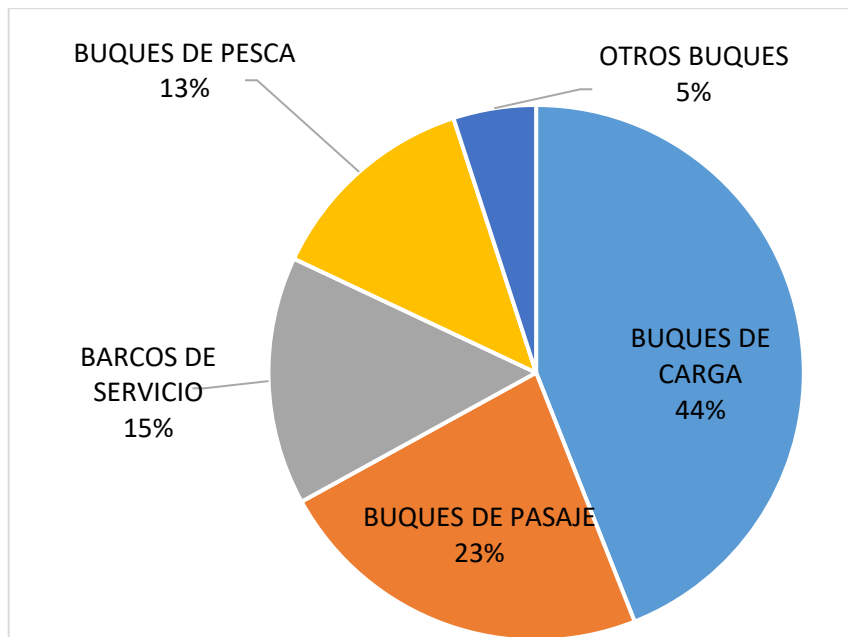


Figura 1.2. Accidentes según el tipo de buque durante el 2011-2014.

Varias publicaciones (Donaldson, 1994) (Kirwan, 1987) apuntan al error humano como la causa fundamental de la práctica totalidad de los accidentes. Este tipo de error es uno de los factores contribuyentes más críticos en accidentes marítimos pues más del 80% de los mismos (Akyuz et al., 2016) se deben a ellos. Este dato aparece algo más reducido en el informe elaborado por la Plataforma Europea de Información sobre Accidentes Marítimos (EMCIP) (EMSA, 2015), en donde cabe resaltar que después de su investigación de los incidentes y accidentes ocurridos a bordo de buques europeos en el periodo del 2011 al 2014, el 67% de los accidentes e incidentes fueron ocasionados por errores humanos.

Dentro de estos accidentes, la fatiga ha sido identificada como una causa recurrente, ya sea como primera causa o como un factor importante que produce el error humano (Reyner, 1998) (Louro et al., 2012) (Smith & Allen, 2013) (Uğurlu et al. 2015). Investigaciones llevadas a cabo durante el transcurso de estos años (Jensen et al., 2006) (Wadsworth et al., 2008), han demostrado que los problemas de fatiga crónicos, los problemas relacionados con el estrés y otros problemas de la salud están asociados con las condiciones de trabajo a bordo (Akamangwa, 2016).

Volviendo al resumen anual de la EMSA, una vez se ha mostrado la distribución de los porcentajes de accidentes de los cinco tipos principales de buque expuestos en la Figura 1.2, las Tablas 1.1, 1.2 y 1.3, mostrarán la distribución de los accidentes en las principales subcategorías de cada uno de estos tipos, centrándose en los buques mercantes.

Carga general	34%
Portacontenedor	17%
Bulk carriers	13%
Petroleros	9%
Quimiqueros	8%
Ro-Ro	6%
Carga (no especificado)	6%
Cargas sólidas	5%
Gaseros	2%

Tabla 1.1. Distribución de accidentes de buques de carga (%).

En la Tabla 1.1, se puede observar que destacan en siniestralidad los buques de carga general, esto podría no ser ninguna sorpresa ya que estos buques son los más antiguos dentro de esta categoría (Eleftheria et al., 2016). Por lo tanto, las condiciones de trabajo dentro de los mismos podrían facilitar la aparición de fatiga. Por el contrario, los gaseros tienen muy poca siniestralidad, esto también puede deberse a que son buques más modernos y avanzados tecnológicamente, por lo que la vida a bordo llevaría a las tripulaciones a tener un menor riesgo de aparición de la fatiga. En cuanto a los petroleros, hay estudios (Uğurlu, 2016) que indican que la mayor siniestralidad en estos buques se produce en travesías costeras, y que la inclusión de “cargos” es necesaria para facilitar el trabajo de los oficiales de cubierta.

Pasaje y Ro-Ro (no especificado)	29%
Solo pasaje	17%
Solo pasaje internacional	15%
Pasaje y carga Ro-Ro nacional	11%
Solo pasaje (puerto o aguas interiores)	8%
Pasaje y Ro-Ro clase internacional	8%
Solo pasaje nacional	5%
Pasaje y Ro-Ro (puerto o aguas interiores)	3%
Pasaje y carga general	2%
Pasaje (no especificado)	2%

Tabla 1.2. Distribución de accidentes de buques de pasaje (%).

Tal y como puede verse en la Figura 1.2, los buques de pasaje poseen una siniestralidad menor que los buques de carga, sin embargo, si separáramos los buques de carga general de la Tabla 1.1, la siniestralidad quedaría muy pareja entre las dos categorías de carga y pasaje. Visto en cifras, de los 4620 buques involucrados en accidentes de buques de carga, 1600 son de carga general, por



lo que, al separar este tipo de buques, quedarían 3020 buques de carga involucrados en accidentes marítimos. A su vez, el total de los buques de pasaje siniestrados en este período (2011-2014) es de 2382, por lo que podemos ver que las cifras de accidentes están muy próximas entre sí.

Como ya se ha comentado, los buques de carga general son buques muy antiguos, y en ellos la aparición de fatiga en la tripulación por las condiciones de trabajo podría ser un componente para la alta siniestralidad de estos buques. En el caso de los buques de pasaje, no sería tanto el estado del buque como las rutas que realizan.

Remolcador	21%
Buque para propósitos especiales	18%
Draga	18%
Buque supply offshore	12%
No especificado / Otros	12%
Otros buques de servicios offshore	7%
Buques científicos	4%
Buque multiusos	3%
Plataforma flotante	2%
Buque rompe-hielo	2%
SAR craft	1%

Tabla 1.3. Distribución de accidentes de buques de servicio (%).

En la Tabla 1.4 se puede observar el número de accidentes en la sala de máquinas y el porcentaje que suponen estos accidentes (EMSA, 2015) dentro de la categoría del buque.

En los principales tipos de buque, carga, pesca y pasaje, la sala de máquinas es la zona del barco con más accidentes, pasando a un segundo lugar en los buques de servicio y en tercer lugar en la categoría definida como otros buques.

<b>Tipo de buque</b>	<b>Nº de accidentes</b>	<b>% en la sala de máquinas</b>
Buque de carga	789	23%
Buque de pasaje	317	17%
Barco de servicio	160	15%
Buque de pesca	272	27%
Otros buques	28	11%

Tabla 1.4. Accidentes dentro de la sala de máquinas según categoría de buque.

Esta mayor incidencia puede estar relacionada con los ambientes interiores, dicho de otro modo, las condiciones de trabajo, tales como: el calor, el ruido y las vibraciones, son mucho más duras y entrañan mayores riesgos que en otras zonas dentro del buque (Orosa et al., 2011), sin embargo, estos accidentes durante muchos años no han estado asociados a las condiciones extremas de trabajo, y se emplea comúnmente el término de fatiga para justificarlos (IMO, 1993) (IMO, 2001). En la resolución A.772(18), "Factores que contribuyen a la fatiga aprobada el 4 de Noviembre de 1993", se define la fatiga como la disminución del rendimiento humano (IMO, 1993), la disminución de los reflejos y la disminución de la capacidad para realizar juicios racionales.

Es por esto que, la OMI ha abordado la cuestión de la fatiga y las horas de descanso mediante su Convenio sobre Normas de Formación, Titulación y Guardia para la Gente de Mar (STCW, 1978), enmendado en 1995 y 2010, y mediante el Código Internacional de Gestión de la Seguridad a Bordo (IGS) de 2002. Con estos códigos la OMI declara que uno de sus objetivos es evitar lesiones personales o pérdidas de vidas, los cuales pueden ocurrir causados por la aparición de la fatiga en los tripulantes. Sin embargo, la fatiga responsable del error humano sigue siendo el factor más importante en los accidentes en los que se encuentran implicados los buques, a pesar de los reglamentos internacionales y de estar equipados con una tecnología relativamente avanzada (Bal Beşikçi et al., 2016).

Por otra parte, la Organización Internacional del Trabajo (OIT), creada en 1919 como parte del Tratado de Versalles que terminó con la Primera Guerra Mundial y reveló la necesidad de una justicia social para alcanzar la paz universal, tiene por objeto responder a las necesidades de los trabajadores, para ello reúne a gobiernos, empleadores y trabajadores. Esta Organización realiza su trabajo a través de tres órganos fundamentales:

- La oficina internacional del trabajo: es la secretaría permanente de la OIT.
- El consejo de administración: es el órgano consultivo de la OIT.
- La conferencia internacional del trabajo: establece las normas internacionales del trabajo.

Esta última aprobó, el 7 de febrero de 2006, el Convenio sobre el Trabajo Marítimo 2006 (CTM, 2006). Este Convenio cuenta con el apoyo de la OMI, la Federación Internacional de Trabajadores del Transporte (ITF) y la Federación Internacional de Armadores (ISF).

El CTM 2006 entró en vigor el 20 de agosto de 2013. Dicho Convenio también se preocupa por la fatiga al establecer en su regla 2.3 las horas de trabajo y descanso, al mismo tiempo, en su regla 2.7 denominada "niveles de dotación" pretende garantizar que la gente de mar trabaje a bordo de buques con

una dotación suficiente con el fin de que las operaciones se realicen de forma segura.

Así mismo, el Convenio también trata el tema de los ambientes interiores en cuanto a ruido y temperatura al dar recomendaciones para los espacios de alojamiento, ocio y trabajo.

## 1.2. Referencias

(Akamangwa, 2016) Akamangwa, N., 2016. Working for the environment and against safety: How compliance affects health and safety on board ships. *Safety Science*, 87, pp. 131-143. DOI: 10.1016/j.ssci.2016.03.027.

(Akyuz et al., 2016) Akyuz, E., Celik, M. & Cebi, S. 2016. A phase of comprehensive research to determine marine-specific EPC values in human error assessment and reduction technique, *Safety Science*, 87, pp. 63-75. DOI: 10.1016/j.ssci.2016.03.013.

(Bal Beşikçi et al., 2016) Bal Beşikçi, E., Tavacioğlu, L. and Arslan, Ö., 2016. The subjective measurement of seafarers' fatigue levels and mental symptoms. *Maritime Policy and Management*, 43(3), pp. 329-343. DOI: 10.1080/03088839.2015.1047426.

(CTM, 2006) Convenio del Trabajo Marítimo 2006.

(Donaldson, 1994) Donaldson 1994. Safer ships, cleaner seas: Report of Lord Donaldson's enquiry into the prevention of pollution from merchant chipping. London: HMSO Publications.

(Eleftheria et al., 2016) Eleftheria, E., Apostolos, P. and Markos, V., 2016. Statistical analysis of ship accidents and review of safety level. *Safety Science*, 85, pp. 282-292. DOI: 10.1016/j.ssci.2016.02.001.

(EMSA, 2015) European Maritime Safety Agency, "Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2015" <http://www.emsa.europa.eu/implementation-tasks/accident-investigation/items.html?cid=141&id=2713> (Acceso en julio de 2016).

(IMO, 1993) International Maritime Organization, 1993. Resolution A.772 (18) – Factores que contribuyen a la fatiga. Adoptada el 4 de noviembre de 1993.

(IMO, 1997) International Maritime Organization, 1997. Resolution A.849 (20) Código para la investigación de siniestros y sucesos marítimos. Aprobada el 27 de noviembre de 1997.

(IMO, 2001) International Maritime Organization, 2001. Orientaciones acerca de la reducción y gestión de la fatiga. MSC/Circ.1014 del 12 de junio del 2001.

(IMO, 2014) International Maritime Organization, 2014. Resolution A.1075 (28). Directrices para ayudar a los investigadores en la implantación del código de investigación de siniestros (Resolución MSC.255(84)) Adoptada el 4 de diciembre de 2013.

(IMO, 2017) Organización Marítima Internacional (OMI) <http://www.imo.org/es/Paginas/Default.aspx> (Acceso en febrero de 2017).

(Jensen et al., 2006) Jensen, O.C., Sørensen, J.F.L., Thomas, M., Canals, M.L., Nikolic, N. and Hu, Y., 2006. Working conditions in international seafaring. *Occupational Medicine*, 56(6), pp. 393-397. DOI: 10.1093/occmed/kql038.

(Kirwan, 1987) Kirwan, B., 1987. Human reliability analysis of an offshore emergency blowdown system. *Applied Ergonomics*, 18(1), pp. 23-33. DOI: 10.1016/0003-6870(87)90067-6.

(Louro et al., 2012) Louro, J., Vazquez, P. And De La Campa, R.M., 2012. Accident risk factors in conventional and high speed ferry ships in Spain. *Journal of Maritime Research*, 9(1), pp. 3-8.

(Orosa et al., 2011) Orosa, J.A., Santos, R. and Pérez, J.A., 2011. A practical case study of the relationship between work risk prevention and Fatigue at work in Spanish merchant ships. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 21(5), pp. 484-492. DOI: 10.1002/hfm.20249.

(Reyner, 1998) Reyner, L.A., 1998. Fatigue ferry crews: A pilot study. In L. Hartley (Ed.), *Managing fatigue in transportation*, pp. 339-354. Kindlington, U.K.: Elsevier Science.

(Smith & Allen, 2013) Smith, A.P. and Allen, P.H., 2013. Fatigue in the maritime and road haulage industries, *Contemporary Ergonomics and Human Factors* 2013 2013, pp. 183-188.

(SOLAS, 1974) Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974 (Convenio SOLAS).

(STCW, 1978) IMO, International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW). Adoption: 7 July 1978; Entry into force: 28 April 1984; Major revisions in 1995 and 2010. [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-on-Standards-of-Training,-Certification-and-Watchkeeping-for-Seafarers-\(STCW\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-on-Standards-of-Training,-Certification-and-Watchkeeping-for-Seafarers-(STCW).aspx). (Acceso en julio de 2016).

(Uğurlu et al. 2015) Uğurlu, Ö., Köse, E., Yildirim, U. and Yüksekıldiz, E., 2015. Marine accident analysis for collision and grounding in oil tanker using FTA method. *Maritime Policy and Management*, 42(2), pp. 163-185. DOI: 10.1080/03088839.2013.856524.

(Uğurlu, 2016) Uğurlu, Ö., 2016. A case study related to the improvement of working and rest hours of oil tanker deck officers. *Maritime Policy and Management*, 43(4), pp. 524-539. DOI: 10.1080/03088839.2015.1040476.

(Wadsworth et al., 2008) Wadsworth, E.J.K., Allen, P.H., Mcnamara, R.L. and Smith, A.P., 2008. Fatigue and health in a seafaring population. *Occupational Medicine*, 58(3), pp. 198-204. DOI: 10.1093/occmed/kqn008.



## **2. OBJETIVOS**





## **2. OBJETIVOS**

Como se ha mencionado anteriormente, el informe de la EMSA reveló que el 67% de los accidentes e incidentes ocurridos a bordo de buques europeos en el periodo del 2011 al 2014, han sido ocasionados por errores humanos. Dentro de estos accidentes la fatiga ha sido identificada como una causa recurrente, ya sea como primera causa o como un factor importante que produce el error humano.

Por otra parte, distintas investigaciones han demostrado que los problemas de fatiga crónicos, los problemas relacionados con el estrés y otros problemas de la salud están asociados con las condiciones de trabajo a bordo.

Por todo ello, los principales objetivos de la presente tesis doctoral han sido:

- Realizar mediciones de las condiciones ambientales, ruido y temperatura en buques tipo ropax y tipo catamarán de pabellón español.
- Analizar las posibles causas que provocan fatiga en el personal a bordo de buques mercantes de navegación oceánica y costera, en base a las condiciones de navegación y organización del trabajo.
- Analizar las posibles causas que provocan fatiga en el personal a bordo de buques mercantes de navegación oceánica y costera, en base a las condiciones ambientales.
- Propuesta de soluciones para la reducción de dichos niveles de fatiga.

Todo ello atendiendo a la normativa nacional e internacional que afecta al buque como ámbito de estudio.



## **3. MATERIALES Y MÉTODOS**



### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

Como se ha mencionado anteriormente, el objetivo último de la presente tesis doctoral es analizar la fatiga que se puede producir en el personal que trabaja a bordo de un buque e intentar dar respuesta para una detección temprana de la misma.

Por este motivo, se ha procedido al estudio de la fatiga. La fatiga generalmente se puede definir como una disminución de la capacidad de respuesta o de acción de una persona, es la forma que posee nuestro organismo para pedir descanso (NTP, 1997) y está relacionada con diversas causas, entre ellas:

- La motivación, una motivación baja por el trabajo que se realiza puede producir una aparición de fatiga mucho antes de que si la motivación es alta.
- Una jornada laboral excesiva.
- Falta de descanso.
- Formación de la persona, una persona que no es adecuada para lo que exige el trabajo puede sentir fatiga antes de comenzar su jornada aunque haya descansado bien.
- Condiciones de trabajo a bordo, tanto las condiciones ambientales: ruido, temperatura, como de organización, tripulaciones mínimas, etc.
- Las exigencias del trabajo sobre el trabajador, etc.

El presente trabajo de investigación se ha estructurado según las principales causas de fatiga a bordo: las condiciones de trabajo y las condiciones ambientales. Si bien, una mejora de las condiciones de trabajo debe estar respaldada por las condiciones ambientales, por lo que esta segunda condición estaría dentro de la primera, se ha querido dividir así para poder analizar mejor lo que son datos empíricos, de lo que resulta de una percepción por parte del trabajador a bordo del buque. Al mismo tiempo, las condiciones ambientales se han subdividido en acústica y térmica, todo ello atendiendo a la normativa, tal y como puede verse en la Figura 3.1.

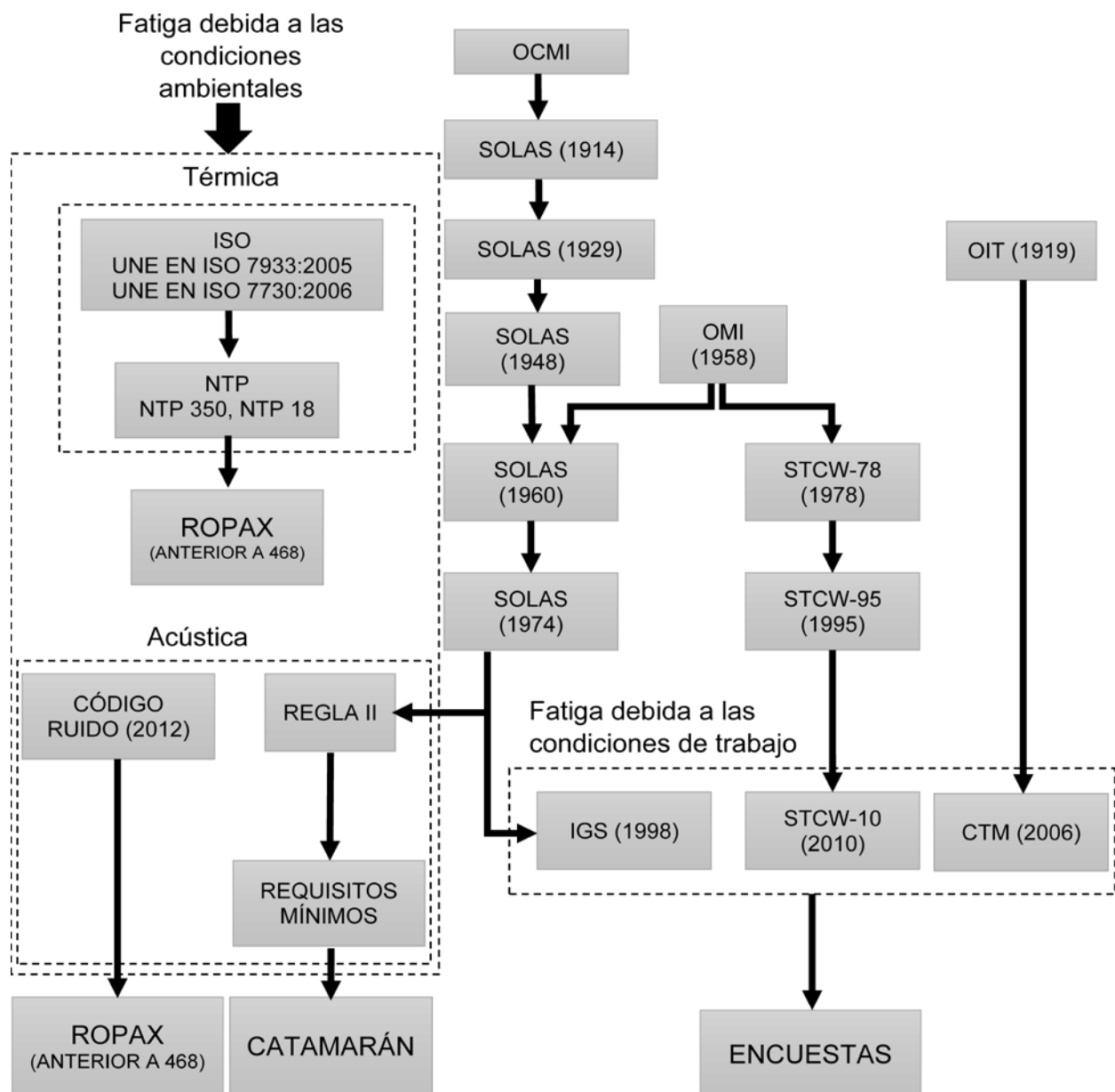


Figura 3.1. Normativa empleada para analizar las condiciones de trabajo y las condiciones ambientales a bordo del buque.

En la Figura 3.2 puede verse el método seguido para realizar el análisis de los casos prácticos en los que se basa el estudio de las condiciones de trabajo y de las condiciones ambientales.

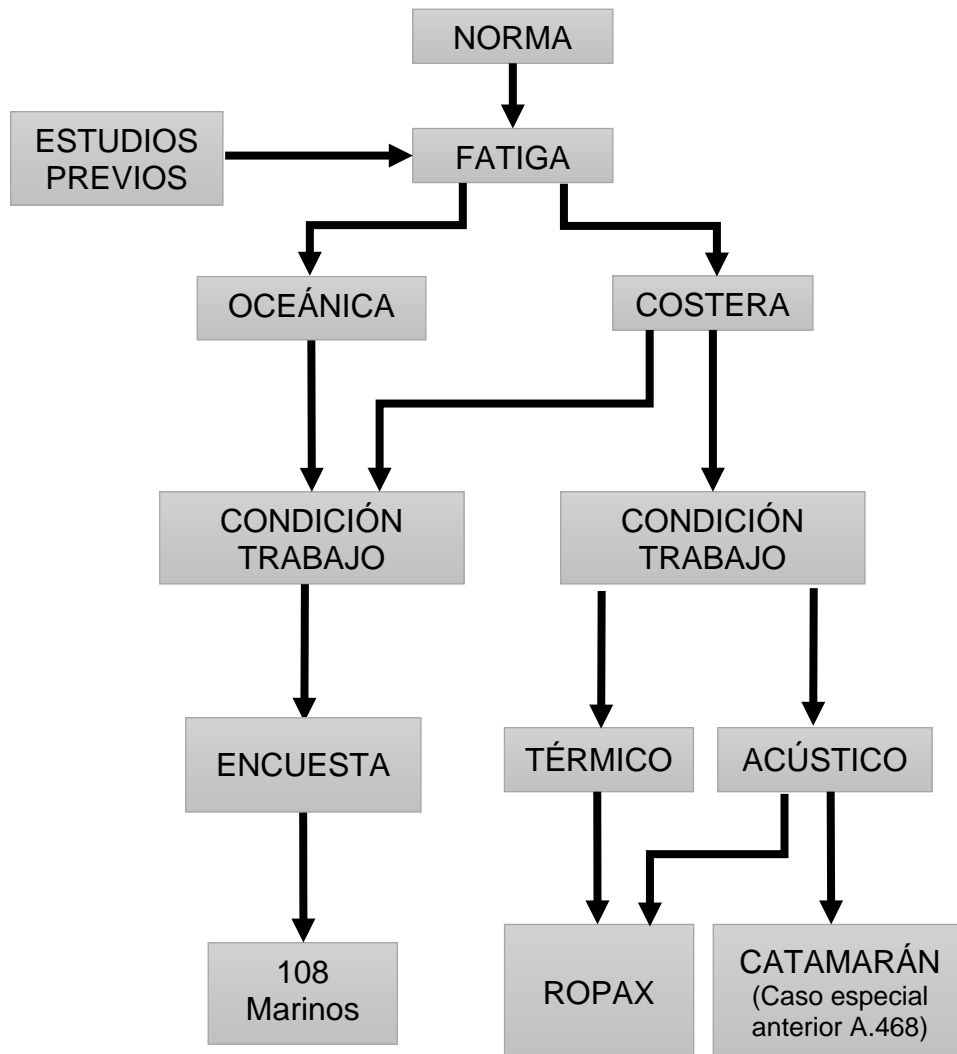


Figura 3.2. Metodología del análisis de los casos prácticos.

Dentro de este apartado de materiales y métodos se mostrarán los aparatos utilizados para medir y caracterizar ambientes interiores de buques, así como sus normativas asociadas.

### **3.1. Estudio de la fatiga debida a las condiciones de trabajo a bordo**

El primer punto a tratar será el de las condiciones de trabajo a bordo del buque. Para ello, se parte de una revisión de la normativa internacional y de trabajos de investigación recientes que tengan relación con la misma. A partir de estas directrices se ha desarrollado una encuesta entre el personal de la sección de máquinas que trabaja, o ha trabajado, a bordo de un buque mercante.

#### **3.1.1. Introducción a la normativa sobre fatiga debida a las condiciones de trabajo en buques**

Tal y como se ha mencionado anteriormente, en la resolución A.772 (18) “Factores que contribuyen a la aparición de la fatiga”, aprobada el 4 de Noviembre de 1993, se define la fatiga como la disminución del rendimiento humano (IMO, 1993), la disminución de los reflejos y la disminución de la capacidad para realizar juicios racionales. Es por esto que, la OMI, ha abordado la cuestión de la fatiga y las horas de descanso.

Las distintas manifestaciones de la fatiga se pueden unificar en tres grupos fundamentales:

- **Manifestaciones fisiológicas:** se caracterizan por la presencia de cambios asociados a una disminución de la capacidad para realizar esfuerzos.
- **Manifestaciones conductuales:** tienen que ver con el deterioro del nivel de rendimiento o en la aparición de expresiones físicas tales como el bostezo. Hay que señalar la presencia de estudios que muestran una tendencia a asumir un mayor nivel de riesgo a medida que se incrementa el grado de fatiga (Brown et al., 1970).
- **Manifestaciones subjetivas:** hacen referencia a la percepción por parte del trabajador de sentimientos tales como disconfort o dolor (fatiga física), de dificultad para mantener los ojos abiertos o para mantenerse despierto (fatiga relacionada con la somnolencia), o de dificultad para mantener la concentración, para tomar decisiones y para pensar con rapidez (fatiga mental) (Wiker et al., 1989).

La fatiga puede ser producida por diversos factores como: períodos largos de actividad física o mental, mal descanso, las condiciones ambientales (nivel de ruido, iluminación, temperatura, etc.) (Wickens et al., 2004) y las condiciones de organización bajo las que se realiza el trabajo, (estructura organizacional, estilo de supervisión, clima laboral, etc.). El nivel de estrés generado por las características de la tarea, por las condiciones ambientales y por las características de la organización en la que se desarrolla la actividad (Bowers,



1996), a menudo interfiere en cómo se procesa la información, aunque no siempre dicha interferencia vaya acompañada de una degradación del nivel de rendimiento (Driskel et al., 2013).

La fatiga relacionada con el trabajo depende directamente de las características del entorno laboral a las que se encuentra expuesto el trabajador y, concretamente, del tipo de demandas impuestas por la tarea. Los factores más importantes propios del trabajo que se encuentran relacionados con la posible aparición de una situación de fatiga serían (Gutiérrez et al., 2005):

- **Carga física:** la relación que existe entre la carga física y la aparición de fatiga suele ser debida a la exposición del trabajador a una situación de trabajo muscular continuo hasta llegar al agotamiento.
- **Carga mental:** cuando los trabajadores están sometidos a situaciones de sobrecarga mental puede aparecer la fatiga y ésta repercutir de manera negativa sobre el rendimiento del trabajador.
- **Ambiente físico:** factores como el nivel de ruido, las vibraciones, la iluminación o la temperatura, pueden suponer un riesgo para la salud del trabajador.
- **Momento del día y nivel de privación del sueño:** los ritmos circadianos afectan ampliamente tanto al nivel de rendimiento, como al grado de somnolencia que padece una persona. El rendimiento asociado al trabajo por turnos, podría ser el producto de una serie de actores que interactúan entre sí (las demandas de las diferentes tareas, el sistema de turnos específico y las diferencias individuales). Los principales causas de la somnolencia son la edad, la salud general, las exigencias cuantitativas, satisfacción en el trabajo, la fatiga del turno de noche, en el cual se ha demostrado que estos trabajadores manifiestan un mayor nivel general de la fatiga percibida que los trabajadores de turnos de día (Leung et al., 2006), y la calidad del sueño (Cotrim et al., 2017).
- **Condiciones psicosociales del trabajo:** las condiciones psicosociales del trabajo, tales como el contenido del mismo, el desempeño de roles, las relaciones interpersonales y grupales, las posibilidades de desarrollo de carrera, o el estilo de supervisión, se encuentran relacionados con el padecimiento de fatiga, en algunos casos a través de la pérdida de motivación por el trabajo.

La valoración por parte del trabajador del nivel de complejidad de una tarea, del nivel de esfuerzo que debe desarrollar para alcanzar el nivel de ejecución requerido, o de la cantidad de tiempo disponible para alcanzar el objetivo, entre otros, determinan en gran medida su ejecución, siendo en muchos casos la responsable de la puesta en práctica de conductas compensatorias,

como por ejemplo la adopción de criterios de bajo rendimiento (Lazarus & Folkman, 1987). Esto mismo ocurre en relación con los factores ambientales y organizacionales en los que se desarrolla el trabajo.

Junto a estos efectos inmediatos que la exposición a situaciones de sobrecarga e infracarga mental pueden tener sobre el rendimiento y el comportamiento del trabajador, cada vez se dedica más atención a la forma en que dichos efectos afectan de manera acumulativa, dando lugar a un estado de fatiga que puede degradar el rendimiento en tareas posteriores. Así, respecto a la sobrecarga mental, el incremento de carga es absorbido por la capacidad de atención del trabajador (Finkelman, 1994) hasta que llega un momento en el que resulta evidente la degeneración en el rendimiento y la aparición de fatiga.

La fatiga no sólo es importante debido a las consecuencias inmediatas y negativas que genera, también si el trabajador no consigue recuperarse puede llegar a constituir un importante problema para la salud y la calidad de vida (Phillips, 2015).

Como se ha mencionado anteriormente, la OMI posee un órgano rector que es la Asamblea, y ésta realiza su trabajo mediante comités y subcomités, siendo el Comité de Seguridad Marítima (MSC) el más antiguo y, en nuestro caso, el más influyente.

Durante el 68º período de sesiones del MSC, la Confederación Internacional de Organizaciones Sindicales Libres (CIOSL) presentó los resultados de una encuesta sobre las horas de trabajo, realizada por los miembros del Sindicato Nacional del Reino Unido (*National Union of Marine, Aviation and Shipping Transport Officers*) (NUMAST). Las conclusiones han sido interesantes para la revisión de la resolución A.481 (XII) "Principios Relativos a la Dotación de Seguridad" (IMO, 1998), alguna de las cuales se presentan a continuación:

- el personal a bordo de los buques se encuentran con un mayor volumen de trabajo como consecuencia de la disminución del número de tripulantes, lo que da lugar a que los tripulantes presenten fatiga.
- la navegación costera presenta mayor fatiga que la oceánica debido a la realización de escalas en puerto más frecuentes.
- la organización del trabajo y la estructuración de las tripulaciones se rigen por formas elaboradas hace demasiados años.
- los países menos desarrollados marítimamente hablando presentaban más problemas debido a la fatiga.
- los tripulantes consideran que la mayor causa de fatiga se produce porque las tripulaciones son insuficientes.

Tras esta encuesta, la CIOSL presentó ante el 69º periodo de sesiones del MSC un estudio sobre la fatiga realizado por la Federación Internacional de Trabajadores del Transporte (ITF). El estudio se basaba en las respuestas de 2500 marinos de 60 nacionalidades que prestaban servicio a bordo de 63 buques de distinto pabellón (ITF, 2006), y puso de manifiesto la gravedad del problema de las horas de trabajo y de descanso en el sector marítimo.

En España, la situación de las tripulaciones mínimas de seguridad se encuentra regulada en la Orden Ministerial del 14 de Julio, que fue publicada en el BOE el día 16 de julio del año 1964, y entró en vigor el 16 de septiembre de 1964 (BOE, 1964).

La forma en que esta Orden Ministerial determina el número de tripulantes y su categoría profesional pone de manifiesto la necesidad de ser actualizada, ya que, para ello, toma como base el Registro Bajo Cubierta (R.B.C) que es el comprendido hasta la cubierta alta, tenga o no el buque escotillas de las denominadas de arqueos, y como Potencia Efectiva (C.V.E.) de la maquinaria propulsora de los buques, (BOE, 1963) distintas formas según se trate de máquinas de vapor alternativas, turbinas de vapor, motores de combustión interna o de explosión.

Dado que esta Orden Ministerial se encuentra obsoleta, existe un nuevo proyecto de Orden Ministerial que fue publicado en octubre de 2010. La Tripulación Mínima de seguridad es determinada por la Dirección General de la Marina Mercante (DGMM) mediante resolución administrativa a requerimiento del Armador o Astillero cuando no se haya producido la entrega del buque y deberá ajustarse a criterios de seguridad, suficiencia y eficacia, por lo que al fijarse o revisar estas tripulaciones se tendrá en cuenta la necesidad de evitar o reducir al mínimo el exceso de horas de trabajo, así como garantizar un descanso suficiente y una limitación de la fatiga.

Este Proyecto de Orden consta de 18 artículos, 3 disposiciones adicionales y 1 transitoria para regular los procedimientos y criterios que determinarán la tripulación mínima de seguridad que deben llevar los buques. Esta Orden en sus distintos apartados, consideran:

- Un Informe del buque.
- Plano de Seguridad del buque.
- Zonas de Navegación, cabotaje, servicios regulares.
- Frecuencia y naturaleza de los viajes.
- Cuadro de Obligaciones e Instrucciones para casos de emergencia y manual del Código Internacional de Gestión de la Seguridad (IGS).
- Tareas y cometidos por la tripulación.
- Convenio Colectivo.
- Cualquier otra información considerada como relevante.

Con toda esta información, se procederá a la determinación de la tripulación mínima del buque, para conceder el Certificado estatutario correspondiente.

La tendencia es la de reducir las tripulaciones, ya de por sí escasas, alegando una evolución tecnológica, cosa a la que se oponen los trabajadores del sector marítimo (Aetinape, 2017) y que por ahora ha parado Marina Mercante para buques civiles que no sean de pesca.

En lo que se refiere a la regulación internacional, la resolución A.1047(27) (IMO, 2011), "Principios relativos a la dotación mínima de seguridad", que revoca a las resoluciones A.890 (21), "Principios relativos a la dotación de seguridad", y A.955 (23), "Enmiendas a los principios relativos a la dotación de seguridad", establece las directrices para la aplicación de los principios relativos a la dotación mínima de seguridad que garantice que el buque cuente con una dotación suficiente y eficiente para garantizar su seguridad y protección.

La dotación mínima de seguridad de un buque debería establecerse teniendo en cuenta todos los factores pertinentes, incluidos los siguientes:

- tamaño y tipo del buque;
- número, potencia y tipo de unidades propulsoras principales y auxiliares;
- grado de automatización del buque;
- construcción y equipo del buque;
- método de mantenimiento empleado;
- carga que se va a transportar;
- frecuencia de las escalas en los puertos, duración y naturaleza de los viajes que se van a realizar;
- zona(s) de navegación, rutas del buque y operaciones que realiza;
- medida en que se realizan actividades de formación a bordo;
- grado de apoyo que la compañía presta al buque desde tierra;
- prescripciones aplicables a las horas de trabajo y de descanso; y
- las disposiciones del plan de protección del buque aprobado.

Otro de los aspectos importantes que reflejó la encuesta hacía referencia a la organización del trabajo. El tiempo de trabajo en la Marina Mercante española se encuentra regulado en nuestro derecho en el Real Decreto 1561/1995, de 21 de septiembre, sobre jornadas especiales de trabajo. El régimen de jornada laboral y descanso de este Real Decreto se apoya en lo establecido en la Directiva 1999/63/CE. Esta Directiva aplica el Acuerdo firmado por varias organizaciones implicadas en el sector de la Marina Mercante. El Acuerdo se basa en el Convenio 180 de la OIT, consiguiéndose así una unión entre la normativa comunitaria y la internacional. El Real Decreto 1561/1995 se

ha visto modificado por el Real Decreto 285/2002, las modificaciones que se introducen sobre jornadas especiales de trabajo en lo relativo al trabajo en la mar se establecen mediante un único artículo, en el que se dice:

- Los trabajadores no podrán realizar una jornada total diaria superior a doce horas, incluidas las horas extraordinarias, independientemente de que el buque esté en puerto o navegando excepto en los siguientes casos:
  - Cuando sea necesario para mantener la seguridad del buque, de las personas o de la carga, o para socorrer a otros buques.
  - Para proveer al buque de combustible, víveres, etc. si apremia la necesidad.

La jornada total resultante no podrá exceder en ningún caso de catorce horas por cada período de veinticuatro horas, ni de setenta y dos horas por cada período de siete días.

El descanso entre jornadas se adecuará a las siguientes normas:

- Los trabajadores tendrán derecho a un descanso mínimo de ocho horas entre jornadas de trabajo, que será de doce horas si el buque está en puerto, excepto cuando sea necesario para realizar operaciones de carga y descarga, durante escalas de corta duración o para realizar trabajos necesarios para la seguridad y mantenimiento del buque, en estos casos se puede reducir a ocho horas.
- Los turnos de guardia en la mar no podrán tener una duración superior a cuatro horas, cada guardia irá seguida de un descanso de ocho horas ininterrumpidas.
- En los convenios colectivos se podrá acordar la distribución de las horas de descanso en un máximo de dos períodos, uno de los cuales deberá ser de, al menos, seis horas ininterrumpidas. En este supuesto, el intervalo entre dos períodos consecutivos de descanso no excederá de catorce horas.

En todos los buques se ha de colocar un cuadro, en un lugar visible, donde se especificará la organización del trabajo a bordo y en el que figuren el programa de servicio en la mar y puerto y el número máximo de horas de trabajo o el número mínimo de horas de descanso

También se ha de rellenar un registro por cada trabajador de las horas diarias de trabajo, o descanso, que deberá ser cumplimentado diariamente por cada trabajador y firmados semanalmente por el capitán o persona autorizada y por el propio trabajador, al que se le entregará mensualmente una copia de su registro (BOE, 1995), (BOE, 2002).

Como se ha comentado anteriormente, el Convenio Internacional sobre normas de titulación y guardia de la gente de mar (STCW, 1978), enmendado en el 2010, es la norma internacional que regula las horas mínimas de descanso, las reglas son aplicables a los oficiales y marineros que forman parte de la guardia de navegación, la guardia de máquinas o cuyas funciones incluyen cometidos designados de seguridad, prevención y protección.

Las horas mínimas de descanso de los marineros y oficiales a los que se asignan estos cometidos son de 10 horas en cada periodo de 24 horas y de 77 horas en cada periodo de 7 días. Pudiendo agruparse, como máximo, en dos periodos, uno de los cuales ha de ser, como mínimo, de 6 horas. El intervalo entre dos periodos consecutivos será, como máximo, de 14 horas.

Cuando un marino debe estar localizable (como es el caso de los espacios de máquinas sin dotación permanente) disfrutará de un periodo de descanso compensatorio si ha tenido que trabajar durante el periodo de descanso.

Como excepción, la Administración podrá permitir que el periodo de descanso tenga 70 horas de duración en un periodo de 7 horas, pero no estará permitido durante más de dos semanas.

Por otra parte, el CTM2006 también trata las horas de trabajo y descanso para la gente de mar. Una de las diferencias con el STCW radica en que, este último, establece solo las horas de descanso (STCW-10) mientras que el CTM 2006 establece también las horas máximas de trabajo, que no excederán de 14 por cada periodo de 24 horas ni de 72 por cada periodo de 7 días, en este caso, no contempla la excepción que permite un periodo de descanso de 70 horas en 7 días por un máximo de dos semanas.

Al mismo tiempo, el CTM 2006 reconoce que las horas de trabajo de la gente de mar, al igual que los demás trabajadores, deberán basarse en 8 horas, con un día de descanso semanal y los días de descanso que correspondan a los días festivos oficiales. No siendo esto un impedimento para que los Miembros posean procedimientos para un convenio colectivo que determine las horas normales de trabajo sobre una base no menos favorable que el Convenio.

Que el factor humano forma parte de la seguridad del buque queda reflejado en el Convenio STCW y en el CTM2006, al establecer las horas de trabajo y descanso de la tripulación; mediante la resolución A.1047 (27), al establecer directrices sobre tripulaciones mínimas; pero también en el Código IGS, que garantiza la seguridad marítima, evitando tanto las lesiones personales o pérdidas de vidas humanas, como los daños al medio ambiente, concretamente al medio marino o a los bienes.

Con posterioridad a la encuesta presentada por la CIOSL durante el 68º período de sesiones del Comité de Seguridad Marítima, este mismo Comité, en

su 71<sup>o</sup> periodo de sesiones abordó la cuestión de la fatiga y la dirección que deberían tomar las actuaciones de la OMI (IMO, 2001), elaborando, en su 74<sup>o</sup> período de sesiones, unas directrices donde se establecieron módulos para cada parte implicada en la seguridad del buque.

El objetivo de estas directrices era reunir la información que existía para adecuarla a un formato práctico y que llegara a todas las partes implicadas en la seguridad del buque.

Las directrices están compuestas de módulos destinados a cada una de las partes interesadas, a continuación se nombra cada uno de estos módulos:

- Módulo 1 La fatiga.
- Módulo 2 El marinero y la fatiga.
- Módulo 3 El oficial de buque y la fatiga.
- Módulo 4 El capitán y la fatiga.
- Módulo 5 Las instituciones de formación y el personal de gestión encargado de formación y la fatiga.
- Módulo 6 El propietario/armador/administrador y la fatiga a bordo.
- Módulo 7 El arquitecto naval y la fatiga a bordo.
- Módulo 8 El práctico y la fatiga.
- Módulo 9 El personal de remolcadores y la fatiga.
- Apéndice Documentación relativa a la fatiga.

Los módulos 2 y 3 que son el campo de estudio de esta tesis, establecen pautas para reconocer la fatiga en sí mismo y en los demás, dependiendo del puesto que ocupa a bordo.

La forma que establece para reconocer el efecto de la fatiga en un marinero difiere de la forma que establece para un oficial, así, en un marinero establece unos efectos físicos como pueden ser:

- Incapacidad de permanecer despierto.
- Dificultad en la coordinación de los movimientos y la vista.
- Problemas con el habla.
- Sensación de pesadez en los brazos y en las piernas o sensación de aletargamiento.
- Disminución de la capacidad de hacer esfuerzos físicos para levantar, empujar o arrastrar.
- Aumento de la frecuencia con que se dejan caer objetos como herramientas o piezas.
- Dolor de cabeza.
- Mareo.
- Palpitaciones/arritmia cardiaca.

- Respiración acelerada.
- Pérdida del apetito.
- Insomnio.
- Sudores repentinos.
- Dolores o calambres en las piernas.
- Problemas gastrointestinales.

Unos efectos emocionales tales como:

- Mayor disposición a correr riesgos.
- Mayor intolerancia y comportamiento antisocial.
- Preocupación injustificada.
- Disminución de la motivación para trabajar bien.
- Cambios de humor frecuentes (por ejemplo, irritabilidad, cansancio y depresión).

Por último, unos efectos mentales que son:

- Menor capacidad para calcular distancias, velocidad, tiempo, etc.
- Interpretación errónea de las situaciones (por ejemplo, se centra la atención en un problema poco importante, no se logra prever la gravedad de una situación o los peligros).
- Reacción lenta o nula ante situaciones normales, anormales y de emergencia.
- Disminución de la atención.
- Dificultad para concentrarse y pensar con claridad.
- Disminución de la capacidad de prestar atención.

Mientras que para un oficial los efectos que presentarían serían:

- Incapacidad de concentrarse.
- Disminución de la capacidad de adoptar decisiones.
- Mala memoria.
- Reacción lenta.
- Pérdida de la coordinación de los movimientos.
- Cambios de humor.
- Cambios de actitud.
- Dolor de cabeza.
- Mareo.
- Palpitaciones/arritmia cardíaca.
- Respiración acelerada.



- Pérdida del apetito.
- Insomnio.
- Sudores repentinos.
- Dolores o calambres en las piernas.
- Problemas gastrointestinales.

Como causas de la fatiga se establecen las deficiencias en el sueño o en el descanso, la repetición de los trabajos, el ruido, las vibraciones, el movimiento del buque, etc. En cuanto a los oficiales también establece el estrés como causa de la aparición de la fatiga.

Durante la propuesta de enmiendas a las Directrices sobre la fatiga que figuran en el anexo de la circular MSC/circ.1014 (IMO, 2015) se establece la programación como una herramienta para evaluar la fatiga: programar los turnos basándose en las necesidades de operación del buque y en los estudios de la fatiga permite anticiparse a sus posibles efectos.

Esta herramienta debería tener como objetivo principal identificar los programas de turnos de trabajo que pueden causar fatiga con el fin de mejorarlos. Hay situaciones imprevistas que pueden modificar los turnos, como pueden ser: enfermedades de la tripulación, problemas técnicos, las condiciones meteorológicas, etc. Se deben analizar los programas de turnos que se ponen en práctica realmente como medida para determinar posibles efectos de la fatiga.

En relación a los distintos métodos de medida de la fatiga, se encuentran los métodos fisiológicos (índices de fatiga muscular, cambios a nivel bioquímico, presión sanguínea, tasa cardíaca, etc.), métodos basados en el rendimiento (cálculos de tiempo de reacción, calidad del producto, etc.) y métodos subjetivos (de carácter unidimensional donde el trabajador debe responder a una única cuestión relativa a qué grado de cansancio siente, o multidimensional).

Los autores Åhsberg, Gamberale y Kjellberg (Åhsberg et al., 1997) han desarrollado un instrumento para la evaluación de la fatiga percibida en el trabajo al que han denominado Swedish Occupational Fatigue Inventory (SOFI), que integra cinco dimensiones de fatiga. Estas dimensiones fueron denominadas falta de energía, cansancio físico, incomodidad física, falta de motivación y somnolencia.

- **Falta de energía:** esta dimensión hace referencia a sentimientos generales de disminución de la fuerza.
- **Cansancio físico:** recoge sensaciones generales del cuerpo que pueden ser el resultado de un trabajo dinámico y, hasta cierto punto, el signo de un agotamiento metabólico.

- **Incomodidad física:** dimensión que describe sensaciones corporales más localizadas, pueden ser el resultado de una carga de trabajo estática.
- **Falta de motivación:** hace referencia al sentimiento de no estar comprometido con el trabajo ni entusiasmado con éste.
- **Somnolencia:** recoge sensaciones de somnolencia.

El examen de su validez se llevó a cabo a través de una serie de estudios experimentales y de carácter descriptivos, observándose el dominio de unas dimensiones sobre otras en función del tipo de trabajo que era evaluado. Originalmente, el SOFI (Åhsberg et al., 1997) estaba compuesto por 25 expresiones, cinco para cada dimensión, la escala de valoración era de 11 puntos.

En su primer estudio experimental, Åhsberg (Åhsberg & Gamberale, 1998) analizó la fatiga generada por dos tipos de trabajo físico. El segundo estudio experimental (Åhsberg et al., 2000a) tenía como objetivo identificar dimensiones de fatiga asociadas preferentemente con una forma de trabajo mental. Con el fin de analizar el papel del sistema de turnos sobre la fatiga percibida se utilizó el SOFI a trabajadores que trabajaban a turnos rotatorios (Åhsberg et al., 2000b). Finalmente, el SOFI se administró a personas que desarrollaban su actividad en cinco profesiones cuya carga de trabajo es cualitativamente distinta (Åhsberg, 2000).

El instrumento fue posteriormente revisado (Åhsberg, 2000) y el número de expresiones en cada dimensión se redujo a cuatro, por lo que el cuestionario consistió finalmente en 20 elementos y la escala de respuesta se cambió a una con siete puntos.

En España se ha realizado una investigación para comprobar la fiabilidad y validez del SOFI en la población española (González et al., 2005). Los resultados obtenidos han mostrado que la adaptación española del SOFI resulta un instrumento válido y fiable para evaluar la fatiga relacionada con el trabajo desde una perspectiva multidimensional en la población española.

La adaptación resultante al español incluye 15 expresiones relacionadas con respuestas fisiológicas, cognitivas, motoras y emocionales, a través de las cuales se pueden medir cinco dimensiones básicas de fatiga (falta de energía, falta de motivación, somnolencia, malestar físico y esfuerzo físico). La fiabilidad del instrumento fue satisfactoria y el examen de la convergencia también dio resultados alentadores. Esta adaptación constituye un producto muy relevante, teniendo en cuenta la falta previa de herramientas adecuadas para medir la fatiga relacionada con el trabajo en el contexto de la lengua española.

Tras esto, se desarrolló una modificación (Sebastian et al., 2008) de la versión española del SOFI llamada SOFI-SM (SOFI Spanish Modified version),

que permite evaluar una nueva dimensión llamada fatiga emocional o irritabilidad. La irritabilidad en esta versión se refiere a una dimensión que describe sensaciones de irritación, nerviosismo, enojo o irascibilidad.

Es interesante destacar que son necesarios desarrollar estos métodos subjetivos de la evaluación de la fatiga laboral para buques, puesto que su existencia es mínima (De Alwis et al., 2016).

En particular, estudios recientes han mostrado que como método de predicción de la fatiga se podrían emplear también herramientas informáticas, esto es, emplear programas informáticos para predecir los niveles de fatiga en operaciones concretas como método para evaluar los riesgos de la fatiga.

Por último, sólo resta indicar que todo ello se ha intentado tener en cuenta durante la elaboración de la presente tesis para la valoración de la fatiga.

### **3.1.2. La encuesta**

Como herramienta para evaluar la percepción que tienen los trabajadores del departamento de máquinas a bordo de un buque mercante de la fatiga que sienten desde el punto de vista de las condiciones de trabajo: organización desde el punto de vista de si la tripulación es la adecuada o falta personal, la motivación por el trabajo que desarrollan y las exigencias del puesto a bordo, se ha realizado un modelo de encuesta, tal y como puede verse en la Figura 3.1.2.1.

### FATIGA EN DEPARTAMENTO DE MÁQUINAS

Encuesta sobre fatiga abordo

¿Continúa trabajando en un buque?  
No

Tipo de buque

Tipo de navegación

Puesto

Tiempo en el puesto

Edad

Estudios

Turnos

La máquina está automatizada  
1- Nada  
5- Totalmente

**Demandas del puesto de trabajo: Mi puesto requiere esfuerzo físico**  
1- Nada de acuerdo  
5- Totalmente de acuerdo

**Demandas del puesto de trabajo: Dispongo de tiempo suficiente para realizar trabajos**  
1- Nada de acuerdo  
5- Totalmente de acuerdo

**Demandas del puesto de trabajo: En la realización de mi trabajo influye la presión por el tiempo**  
1- Nada de acuerdo  
5- Totalmente de acuerdo

**Demandas del puesto de trabajo: Puedo realizar descansos en medio de los trabajos**  
1- Nada de acuerdo  
5- Totalmente de acuerdo

**Demandas del puesto de trabajo: Estoy acostumbrado a tratar con situaciones complejas**  
1- Nada de acuerdo  
5- Totalmente de acuerdo

**Demandas del puesto de trabajo: Hay colaboración en los trabajos de otros compañeros**  
1- Nada de acuerdo  
5- Totalmente de acuerdo

**Demandas del puesto de trabajo: Exigencia de memorizar mucha información**  
1- Nada de acuerdo  
5- Totalmente de acuerdo

**Demandas del puesto de trabajo: En mi trabajo se respetan los periodos de embarque/vacaciones**  
1- Nada de acuerdo  
5- Totalmente de acuerdo

**Demandas del puesto de trabajo: Te sientes descansado cuando inicias tu jornada**  
1- Nada de acuerdo  
5- Totalmente de acuerdo

**Demandas del puesto de trabajo: Tu camarote tiene unos niveles de ruido confortables**  
1- Nada de acuerdo  
5- Totalmente de acuerdo

**Demandas del puesto de trabajo: Tu camarote tiene una temperatura confortable**  
1- Nada de acuerdo  
5- Totalmente de acuerdo

**Demandas del puesto de trabajo: Tienes posibilidad de bajar del barco en tu jornada de descanso**  
1- Nada de acuerdo  
5- Totalmente de acuerdo

**Demandas del puesto de trabajo: El ambiente en la sala de máquinas es confortable**  
1- Nada de acuerdo  
5- Totalmente de acuerdo

**Demandas del puesto de trabajo: El ambiente en el control de máquinas es confortable**  
1- Nada de acuerdo  
5- Totalmente de acuerdo

**Te sientes motivado en tu trabajo**  
1- Nada de acuerdo  
5- Totalmente de acuerdo

**Demandas del puesto de trabajo: Te sientes fatigado al final de tu jornada**  
1- Nada de acuerdo  
5- Totalmente de acuerdo

**Enviar**

No revele nunca su contraseña. No proporcione su información personal a personas que no sean de su confianza.  
[Notificar abuso](#)

Con tecnología de Microsoft Excel

OneDrive | Condiciones de uso | Privacidad y cookies | Ayudar a mejorar O

Figura 3.1.2.1. Encuesta online.

En este sentido, las opciones posibles a cada una de las preguntas del cuestionario han sido las siguientes.

- ¿Continúa trabajando en un buque?
  - Si
  - No
  
- Tipo de buque
  - Buque rápido
  - Ropax
  - Ro-Ro
  - Carga general
  - Portacontenedores
  - Gasero
  - Petrolero
  - Quimiquero
  - Remolcador de altura
  - Remolcador de puerto
  - Otros
  
- Tipo de navegación
  - Costera
  - Oceánica
  
- Puesto
  - Jefe de Máquinas
  - 1º Oficial de Máquinas
  - 2º-3º Oficial de Máquinas
  - Alumno
  - Sub-alterno
  
- Tiempo en el puesto
  - +10 años
  - 5-10 años
  - 2-5 años
  - 1-2 años
  - 0-1 años

- Edad
  - +55 años
  - 45-55 años
  - 35-45 años
  - 25-35 años
  - 20-25 años
  
- Estudios
  - Licenciatura/Ingeniería Superior/Máster
  - Diplomatura/Ingeniería Técnica/Grado
  - Formación Profesional Superior
  - Formación Profesional Media
  - Ninguno
  
- Turnos
  - Guardia de 00:00 a 04:00 y de 12:00 a 16:00
  - Guardia de 04:00 a 08:00 y de 16:00 a 20:00
  - Guardia de 08:00 a 12:00 y de 20:00 a 00:00
  - Máquina desatendida
  - Otros turnos
  
- Resto de preguntas
  - 1 - Totalmente en desacuerdo
  - 2 - En desacuerdo
  - 3 - Ni de acuerdo ni en desacuerdo
  - 4 - De acuerdo
  - 5 - Totalmente de acuerdo

La encuesta ha sido realizada a personal del departamento de máquinas. Estas entrevistas se han distribuido a través de una página de Facebook (Ing.Mar, 2017), Figura 3.1.2.2, especializada en Ingeniería Marina administrada por el profesor Felipe Antelo de la Universidad de A Coruña. Se ha escogido este medio de difusión y distribución de la encuesta, ante la dificultad de acceder en persona a un rango tan amplio de tipo de buques, el tipo de navegación y las rutas de los mismos.



Figura 3.1.2.2. Página de Ingeniería Marina en Facebook.

Antes de realizar este estudio, se ha informado a los participantes sobre el propósito del mismo y sobre cómo se utilizarían y publicarían los datos obtenidos. Estos datos son confidenciales y la participación ha sido de manera voluntaria.

La encuesta se ha estructurado en tres bloques: en un primer bloque se ha realizado una caracterización del entrevistado y una breve descripción del puesto a bordo. Consta de 6 preguntas, estas preguntas reflejan en qué tipo de buques navegan los entrevistados, el puesto a bordo, el tiempo que llevan desempeñado ese puesto, la edad, los estudios que poseen y los turnos de trabajo que realizan. En total se han entrevistado a 108 participantes: 26 Jefes de Máquinas, 31 Primeros Oficiales, 21 Oficiales de Segunda, 12 Alumnos de Máquinas y 16 Subalternos (calderetas, electricistas, engrasadores y mecánicos), con una edad media comprendida entre los 35 y 45 años.

En el segundo bloque de preguntas aparecen las demandas del puesto de trabajo. Las preguntas realizadas en el segundo bloque parten de la base del Inventario Sueco de Fatiga Ocupacional (SOFI) (Åhsberg et al., 1997). Tal y

como se ha indicado anteriormente, el SOFI es un instrumento multidimensional que consta de 25 ítems divididos en cinco subescalas: Esfuerzo Físico, Malestar Físico, Falta de Energía, Falta de Motivación y Somnolencia (Åhsberg, 2000) (Åhsberg & Gamberale, 1998) (Åhsberg et al., 2000b). Los ítems Esfuerzo Físico y Malestar Físico son factores físicos. La Falta de Motivación y la Somnolencia son principalmente factores mentales. Por último, la Falta de Energía es una dimensión más general y subyacente de la fatiga. Estos ítems han sido adaptados para una mayor comprensión por parte del entrevistado y para facilitar el análisis posterior. En esta adaptación se ha tratado de abordar los tres tipos de factores, factor físico, factor mental y factor subyacente de la fatiga.

Dentro del factor físico se encuentran las preguntas “Mi puesto requiere esfuerzo físico”, “Puedo realizar descansos en medio de los trabajos” y “Hay colaboración en los trabajos de otros compañeros”.

El factor mental se encuentra en las preguntas “Dispongo de tiempo suficiente para realizar trabajos”, “En la realización de mi trabajo influye la presión por el tiempo”, “Estoy acostumbrado a tratar con situaciones complejas”, “Mi puesto requiere esfuerzo mental” y “Exigencia de memorizar mucha información”

El último factor tenido en cuenta es el subyacente de la fatiga, en el cual se encuentran las preguntas “En mi trabajo se respetan los períodos de embarque y vacaciones”, “Te sientes fatigado al final de tu jornada”, “Te sientes fatigado al inicio de tu jornada”, “Tu camarote tiene unos niveles de ruido confortables”, “Tu camarote tiene una temperatura confortable”, “El ambiente en la sala de máquinas es confortable”, “El ambiente en el control de máquinas es confortable”, “La máquina está automatizada”, “Tienes posibilidad de bajar del barco en tu jornada de descanso” y “Te sientes motivado en tu trabajo”.

En la versión original del SOFI se requiere que el participante califique en una escala de 11 puntos con “0” indicando la menor extensión y “10” en la mayor extensión. Sin embargo, en esta encuesta se ha decidido reducir este número de respuestas, las preguntas fueron clasificadas en una escala de Likert, (NTP, 1982) la escala se construye según una serie de ítems que indican una actitud positiva o negativa, cada ítem posee cinco alternativas de respuesta que van del 1 al 5, donde “1” indica un fuerte desacuerdo y “5” indica totalmente de acuerdo.

El tercer bloque se ha realizado a posteriori de realizada la encuesta, y en él se encuentran agrupaciones y categorizaciones de la respuestas realizadas por los trabajadores del departamento de máquinas de los buques mercantes.



### **3.2. Estudio de la fatiga debida a las condiciones ambientales**

Dentro del estudio de las condiciones de fatiga debida a las condiciones ambientales en salas de máquinas de buques mercantes, el análisis se ha realizado atendiendo a las condiciones de ruido y temperatura. Para ello, se plantean tres casos prácticos de Ferry con navegación costera; un buque de pasaje tipo ropax para el análisis de estrés térmico, y dos buques más para el análisis de acústica, un buque tipo ropax y un buque rápido, tipo catamarán, este último por quedar fuera del Código sobre niveles de ruido de la OMI.

#### **3.2.1. Estudio de la fatiga debida a las condiciones ambientales**

##### **3.2.1.1. Materiales acústica**

Según la normativa establecida por la OMI mediante las resoluciones A.468 (XII) y MSC.3377 (91), los sonómetros empleados en la primera resolución se fabricarán según la norma 651 (1979) de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) y serán del tipo 0, 1 o 2. Según la resolución MSC.337 (91), los niveles de presión acústica se medirá empleando sonómetros integradores siguiendo la norma UNE- EN 61672-1.

La CEI también se conoce por sus siglas en inglés: IEC (International Electrotechnical Commission). Esta Comisión ha establecido las normas CEI 60651 (publicada originalmente como IEC 651 en 1979 y como IEC 60651 en 1993), y CEI 60804 (publicada originalmente como IEC 804 en 1985 y como IEC 60804 en 2000), donde se especifican las pautas que han de seguir los fabricantes de sonómetros, procurando de esta forma, que todas las marcas y modelos ofrezcan una misma medición ante un sonido dado. A partir del año 2003, la norma IEC 61672 unifica ambas normas en una sola y elimina las clases 0 y 3.

Los sonómetros deberán ajustarse, como mínimo, a las especificaciones de la norma UNE-EN 60651:1996 para los instrumentos de «clase 2» (disponiendo, por lo menos, de la característica «SLOW» y de la ponderación frecuencial A) o a las de cualquier versión posterior de dicha norma y misma clase (RD, 2006).

Se establece que los instrumentos deberán incluir las redes de ponderación A, B y C.

Según la Norma UNE-EN 61672-1 las especificaciones para los sonómetros de la clase 1 y clase 2 tienen los mismos objetivos de diseño, difieren principalmente en los límites de tolerancia y en el rango de temperaturas de funcionamiento. Los límites de las tolerancias para las especificaciones de la clase 2 son mayores o iguales que los de las especificaciones de la clase 1.

En los casos estudiados las medidas se realizaron con un sonómetro PCE Ibérica 999 cuyas especificaciones técnicas pueden verse en la Tabla 3.2.1.1.


	
Estándares	IEC651 Tipo 2, ANSI S1.4 Tipo 2
Rango de frecuencia	31,5 Hz... 8 kHz
Rango de medición	30... 130 dB
Valoración de frecuencia	A y C
Micrófono	Condensador Electret de 1 / 2 pulgadas
Pantalla	Pantalla LCD de 4 posiciones
Resolución	0,1 dB
Actualización de datos	cada 0,5 segundos
Valoración temporal	FAST (rápida) 125 ms, SLOW (lenta) 1 s
Precisión	± 1,5 dB con las condiciones de referencia a 94 dB y 1 kHz
Alarma	Muestra "Over" si el valor de medición actual es mayor o menor que el rango de medición seleccionado
Funciones	Valor MAX / Hold que mantiene el valor mayor Auto desconexión a los 15 minutos sin actividad Posibilidad de utilizar la iluminación de fondo
Sujeción	Dispositivo estándar de montaje para trípode
Alimentación	Batería de 9 V (normalmente para 50 horas operativo)
Temperatura operativa	0... 40 °C
Humedad operativa	10... 90 % Hr
Temperatura almacenado	-10... +60 °C
Humedad almacenado	10... 75 % Hr
Dimensiones	210 x 55 x 32 mm
Peso	230 g (batería incluida) batería de 9V

Tabla 3.2.1.1. Características técnicas del sonómetro.

### 3.2.1.2. Materiales térmica

Para el muestreo de la temperatura del aire se puede emplear cualquier método adecuado. En particular, el sensor empleado ha de estar protegido de manera que no se impida el paso del aire alrededor del mismo. El rango de medida necesario para este tipo de estudios es de 10°C a 60°C con una precisión de  $\pm 1^\circ\text{C}$  (ISO, 1989).

En la presente tesis doctoral, la temperatura del aire, la humedad relativa y la temperatura de globo se han controlado por medio de Data Loggers (Gemini, 2016) (PCE, 2016) cuyas características aparecen reflejadas en las Tablas 3.2.1.2 y 3.2.1.3

	
Rango temperatura	-40°C a +85°C
Resolución temperatura	0,01°C o mayor
Rango humedad relativa	0 a 100% de HR
Resolución humedad relativa	Mayor que 0,3% de HR

Tabla 3.2.1.2. Características técnicas del sensor de medida de temperatura y humedad relativa.

	
Diámetro	150 mm
Coeficiente de emisión medio	0,95
Rango de medida	20°C a 120°C
Precisión de la medida	rango de 20°C a 50°C: $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ; rango de 50°C a 120°C: $\pm 1^\circ\text{C}$

Tabla 3.2.1.3. Características técnicas del sensor de medida de temperatura de globo.

### **3.2.2. Metodología para el estudio de la fatiga causada por el ruido**

El ruido puede ser definido como un sonido no deseado o molesto. Dentro de los efectos producidos por una exposición prolongada al ruido podemos encontrar algunos como son: los trastornos del sueño, trastornos del sistema circulatorio y digestivo, sordera temporal y permanente, etc. La exposición a niveles excesivamente altos de ruido puede conducir a enfermedades como el tinnitus, en el que se pueden escuchar ruidos en ausencia de cualquier fuente de sonido externa (Abrahamsen, 2012). Es por esto que, el ruido es uno de los problemas más comunes de salud de la gente de mar (Tamura et al., 2002; Tamura et al, 1997), apareciendo la pérdida de audición provocada por el ruido como una enfermedad dentro de la lista europea de enfermedades profesionales (Muzet, 2007) (Directiva, 2003). Además de causar enfermedades, los altos niveles de ruido también pueden afectar a la seguridad del buque, en la medida en que puede dificultar la comunicación y la concentración en el trabajo y aumentar la fatiga en la tripulación debido a la disminución de la calidad del sueño (IMO, 2007).

El parámetro empleado para medir el ruido es el nivel de presión sonora que viene expresado en  $\mu\text{Pa}$  o Pa. Los niveles de presión sonora que son audibles para el oído humano se encuentran entre 20  $\mu\text{Pa}$  y 200 Pa. Trabajar con esta escala no resulta práctico por tratarse de una escala demasiado grande. En lugar de esto, se convierte esta escala en una escala logarítmica, mediante la ecuación [3.1], introduciendo así el nivel de presión acústica que se mide en decibelios (dB), la escala inicial de 20 millones de unidades se transforma en otra de 140 unidades en la que, el umbral de detección (20  $\mu\text{Pa}$ ) se hace corresponder con 0 dB y la máxima presión audible (200.000.000  $\mu\text{Pa}$ ) corresponde a 140 dB que es el umbral del dolor (Muzet, 2007).

$$L_p = 10 \cdot \log \left( \frac{P}{P_0} \right)^2 \quad [3.1]$$

Donde  $P_0$  es la presión de referencia (20·10<sup>-6</sup> Pa) y P es la presión acústica a la cual la tripulación ha sido expuesta.

Además de esto, el oído humano tiene diferentes niveles de sensibilidad a diferentes frecuencias de ruido y, por lo tanto, se deben emplear varios filtros o escalas de calificación. El filtro que más se emplea es el A, que elimina los sonidos de frecuencias bajas y muy altas. La ponderación A se aproxima a la respuesta del oído humano a niveles de ruido moderados. Los niveles de presión sonora utilizados se miden en decibelios A, dB(A) y se calcula de acuerdo con la ecuación [3.2].

$$L_{pA} = 10 \cdot \log \left( \frac{P_A}{P_0} \right)^2 \quad [3.2]$$

Donde  $P_A$  es la presión acústica ponderada A medida en Pascales.

Por otra parte, a pesar de que el ruido, junto con la temperatura, se considera un factor que influye en las condiciones de confort de un buque (Goujard et al., 2005), son pocos los trabajos de investigación que muestran las condiciones reales a bordo debido a la dificultad de tomar medidas durante la navegación y, por otra parte, los trabajos de investigación realizados, no utilizan modelos o procedimientos claros para mejorar esta situación a bordo.

El análisis de los niveles de ruido a bordo de un barco, ha revelado en estudios recientes que la sala de máquinas es la zona del buque donde hay mayor nivel de ruido (Gaggero et al., 2013). Además, el ruido que se produce en otras áreas también afecta a la salud de las personas y la seguridad del buque.

En el presente capítulo se analizan dos buques en los cuales se han tomado medidas de los niveles de ruido a bordo con el fin de definir la influencia de una fuente de ruido, en este caso los motores principales, sobre las zonas más cercanas, pudiendo afectar de esta manera a las personas que se encuentran a bordo y, no solo eso, sino también a la seguridad de la navegación debido a la dificultad de comunicarse (IMO, 2007).

### **3.2.2.1 Normativa acústica en buques**

La normativa que establece los límites máximos de exposición al ruido permitidos en un buque se dividirá en dos, por una parte, la que establece la Organización Marítima Internacional, MSC.337 (91), y por otra parte, la que establece la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

#### **Normativa Marítima Internacional**

Con el fin de poder entender un poco mejor cómo se ha ido gestando la nueva resolución de la OMI, la MSC.337 (91), resulta necesario remontarse a noviembre de 1981 cuando aparece el primer código sobre niveles de ruido a bordo de los buques.

##### **1. Aparición del primer Código sobre niveles de ruido en buques.**

El 19 de noviembre de 1981 se aprobó el Código sobre niveles de ruido a bordo de los buques mediante la resolución A.468 (XII). Con la aparición del Código se pretendía orientar a las Administraciones sobre los niveles máximos

de ruido y los límites de exposición (IMO, 1981). Este Código se estructuraba en 7 capítulos y 3 apéndices donde se pautaba la forma de realizar las mediciones, el equipo de medición, los límites máximos de exposición, etc. Dentro de los límites del nivel de ruido en distintos espacios, el análisis se centrará en los espacios de trabajo y alojamiento, encontrándose valores como los reflejados en la Tabla 3.2.2.1.

	Espacios	dB(A)
Espacios de Trabajo	Espacios de máquinas (con dotación permanente)	90
	Espacios de máquinas (sin dotación permanente)	110
	Cámaras de mando de máquinas	75
	Talleres	85
	Espacios de trabajos no especificados	90
Espacios de Alojamiento	Camarotes y enfermerías	60
	Comedores	65
	Salas de recreo	65
	Zonas de recreo al aire libre	75
	Oficinas	65

Tabla 3.2.2.1. Límites del nivel de ruido según la resolución A. 468(XII).

Estos límites se establecían para que la exposición a un ruido continuo equivalente durante un día o un período de 24 horas no excediera de 80 dB(A) como puede verse en la Figura 3.2.2.1.

Así mismo, el Código exige al personal que entre en espacios cuyo nivel de ruido sea superior a 85 dB(A) que utilice protectores auditivos.

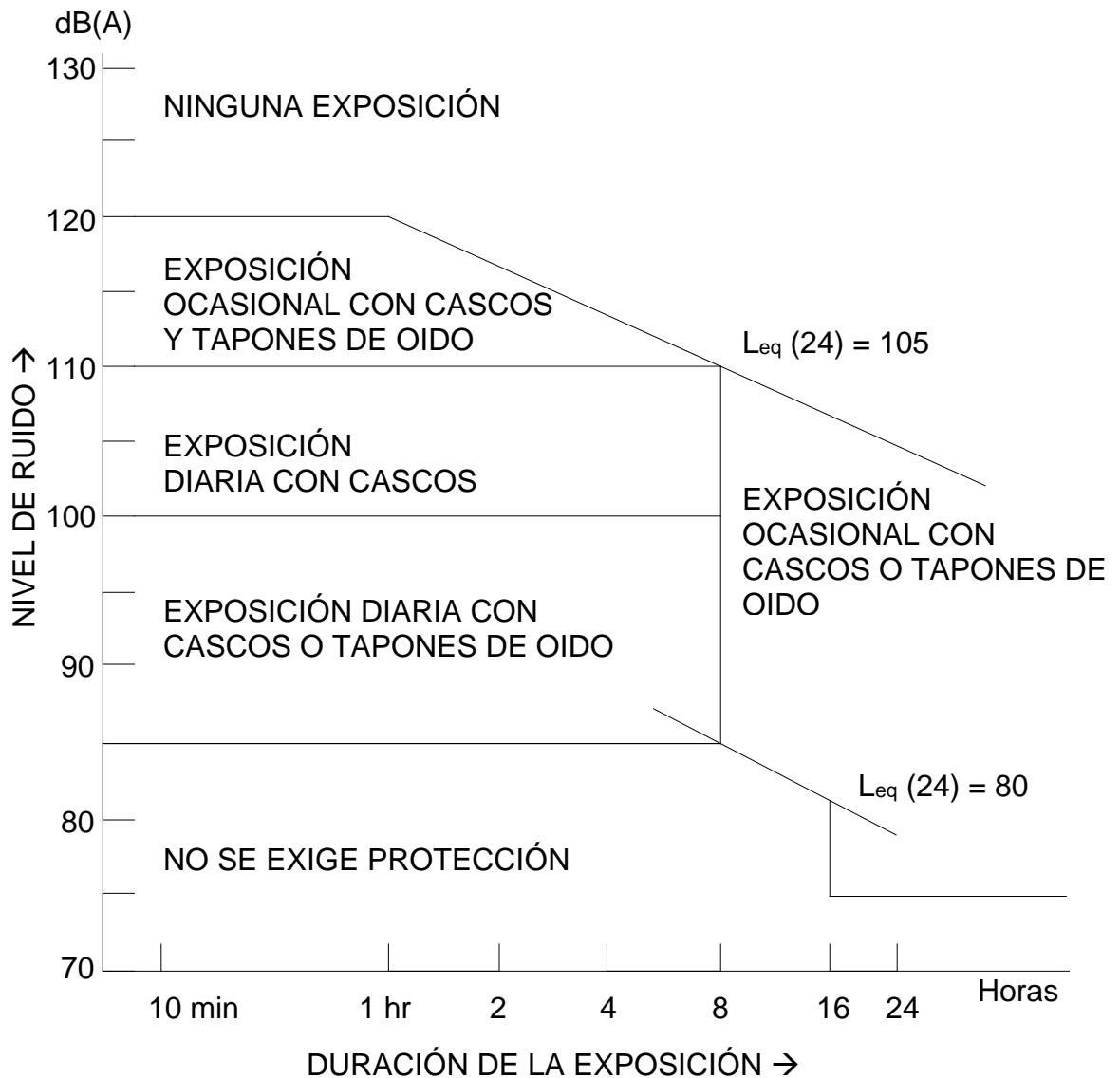


Figura 3.2.2.1. Límites de exposición al ruido.

Tal y como se observa en la Figura 3.2.2.1, una persona no estará expuesta a niveles de ruido superiores a 85 dB(A) durante más de 8 horas sin protectores. Cuando la permanencia a la exposición supere las 8 horas, el nivel de ruido no excederá de 80 dB(A).

Debido a que la mayor parte de los ruidos existentes varían con el tiempo, es decir, no hay el mismo nivel de ruido en todo el intervalo de tiempo, para realizar la medición se emplea el Nivel Sonoro Equivalente ( $L_{eq,T}$ ) donde T es la duración del intervalo de tiempo. En la Figura 3.2.2.1, este intervalo de tiempo será de 24 horas, y el valor obtenido será equivalente al de un ruido continuo durante ese período de tiempo. Para calcularlo se empleará la Ecuación [3.3].

$$L_{eq,T} = 10 \cdot \log \left[ \frac{1}{T} \cdot \int_{t_1}^{t_2} \left( \frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 \cdot dt \right] \quad [3.3]$$

## 2. Primera revisión del Código sobre niveles de ruido.

Varios Estados miembros de la OMI, durante la sesión número 83 del Comité de Seguridad Marítima (MSC) manifestaron la necesidad de tratar el tema de la protección contra el ruido a bordo de los buques, tras haber pasado más de dos décadas desde que se adoptara la resolución A.468 (XII), por entender que el ruido es un elemento dañino para la salud del marino, pudiendo también alterar la seguridad del buque al disminuir el rendimiento de la tripulación aumentando su fatiga como resultado de un mal descanso debido al mismo, a la vez que puede dificultar las comunicaciones a bordo. Además, la experiencia alcanzada durante este tiempo demostró la posibilidad de reducir el ruido durante la etapa de proyecto del buque (IMO, 2007). Todo ello hacía necesario una revisión del Código para conciliar el control del ruido con la experiencia, además de darle un carácter obligatorio al Código.

## 3. Enmiendas al Convenio SOLAS y al Código del ruido.

El Convenio SOLAS establece en su regla II-1/36, que se tomarán medidas para reducir el ruido en los espacios de máquinas (SOLAS, 2011), es por esto que durante el 53º período de sesiones del Subcomité de Proyecto y Equipo del Buque se analizaron propuestas para realizar la revisión del Código sobre niveles de ruido y para desarrollar enmiendas a la regla II-1/36 del SOLAS. Entre las propuestas del Convenio SOLAS está la de darle carácter obligatorio a los niveles de ruido introduciendo en la regla 36 la referencia al Código sobre niveles de ruido, “se tomarán las medidas necesarias para reducir en la mayor medida de lo posible el ruido a bordo y, en todo caso, el ruido no deberá superar los límites obligatorios de niveles máximos de ruido o los límites máximos de exposición al ruido estipulados en los capítulos 4.2 y 5 de la resolución A.468 (XII) de la OMI”.

Con todo ello pretendían establecer reglas internacionales que contuvieran límites de niveles de ruido según los espacios del buque y límites máximos de exposición al ruido.

Los límites establecidos por la resolución A.468 (XII) eran obligatorios para algunos Estados miembros de la OMI, lo que había demostrado que dotaban de una buena protección al tripulante, demostrando también que era posible mantener estos límites sin necesidad de realizar grandes cambios en el proyecto del buque. Dentro de las propuestas para la modificación del Código se



propusieron los límites establecidos en la Tabla 3.2.2.2, para los casos que nos ocupan, como son los espacios de trabajo y alojamiento.

Mientras que en la resolución A.468 (XII) se dividían los espacios en: espacios de trabajo, espacios de gobierno, espacios de alojamiento, espacios de servicio y espacios no ocupados habitualmente, en la propuesta de enmiendas a esta resolución solamente se hacen dos distinciones, espacios de trabajo y espacios de recreación.

A grandes rasgos puede observarse como comparando espacios tales como; máquinas, cámara de control de máquinas, talleres, camarotes, etc. hay una disminución de 5 dB(A) respecto de los valores establecidos en el Código (IMO, 2009).

	Espacios	dB(A)
Espacios de trabajo	Espacios de máquinas, incluido el servomotor del timón	105
	En caso de que haya máquina desactivada en los espacios de máquinas	85
	Talleres	80
	Cámara de separación independiente	85
	Cámaras de control de máquinas y sala de maniobras	70
	Cocina	70
	Puestos de escucha	70
	Oficinas en los espacios de alojamiento y de control de la cubierta	65
	Tiendas y quioscos	65
	Otras zonas de trabajo	85
Espacios de recreación	Salas de tratamiento (enfermería)	60
	Camarotes	55
	Salas de recreación y de ejercicio	65
	Comedores y otros espacios internos de alojamiento	60
	Zonas externas de recreación	70

Tabla 3.2.2.2. Enmiendas a la resolución A.468 (XII).

#### 4. Aportación de la Comunidad de Asociaciones de Astilleros Europeos (CESA) para la revisión del Código.

Con el fin de dotar de carácter obligatorio al Código sobre niveles de ruido a bordo de los buques era necesario como se ha mencionado anteriormente una revisión del mismo. Pero también era necesario tener en cuenta que el Código no debería aplicarse a los buques existentes y que además habría que hacer distinciones entre tipos de buques y tamaños.

Por otra parte, la evolución en cuanto a materia de supresión de ruido había abierto la posibilidad de reducirlo empleando una señal anti-ruido que imita a ese ruido con un desfase de 180°.

Por todo ello, en el 54º período de sesiones del subcomité de proyecto y equipo del buque celebrado en agosto de 2010 se planteó introducir un nuevo capítulo donde se hiciera referencia a equipos de supresión del ruido, tales como silenciadores activos, auriculares de supresión de ruido, etc. También acordaron establecer un grupo de trabajo por correspondencia bajo la coordinación de Dinamarca (IMO, 2010a) (IMO, 2010b).

Durante este periodo de sesiones la CESA presentó una propuesta para una estructuración revisada de los espacios y límites máximos futuros de los niveles de ruido, entre los que podemos observar en la Tabla 3.2.2.3.

La CESA vuelve a una estructuración de los límites de ruido próxima a la resolución A.468 (XII) al distinguir entre espacios de trabajo, espacios de gobierno, espacios de alojamiento y espacios de servicio, pero se omiten los espacios no ocupados habitualmente.

En los espacios que se han venido analizando, se mantiene los límites establecidos en el Código, al considerar que ofrecen buena protección y son viables mediante la construcción del buque.

Cabe destacar que se han mantenido espacios definidos por la propuesta anterior, si bien los límites no son los mismos, como son:

- En caso de que haya maquinaria desactivada en los espacios de máquinas 90 dB(A) (la propuesta anterior establece 85 dB(A))
- Cámaras de separación independientes 90 dB(A) (la propuesta anterior establece 85 dB(A))
- Espacios de trabajo no especificados 85 dB(A) no aparece reflejado en la propuesta anterior pero si en la resolución A.468 (XII) si bien el límite estaba en 90 dB(A)

	Espacios	dB(A)
Espacios de Trabajo	Espacios de máquinas (con dotación permanente)	90
	Espacios de máquinas (sin dotación permanente)	110
	En caso de que haya maquinaria desactivada en los espacios de máquinas	90 aplicable solamente cuando puedan desactivarse todos los motores que funcionen simultáneamente en un compartimento
	Cámaras de mando de máquinas y salas de maniobras	75
	Talleres	85
	Cámaras de separación independientes	90
	Espacios de trabajos no especificados	85 con el equipo desactivado
Espacios de Alojamiento	Camarotes	58
	Salas de tratamiento (enfermería)	60
	Comedores y otros espacios internos de alojamiento	65
	Salas de recreo y de ejercicio	65
	Oficinas en los espacios de alojamiento y de control de la cubierta	65
	Zonas de recreo al aire libre	70 con excepción del ruido del viento y del mar

Tabla 3.2.2.3. Límites propuestos por la Comunidad de Asociaciones de Astilleros Europeos (CESA).

#### 5. Resolución definitiva sobre el Código de niveles de ruido, MSC.337 (91)

Finalmente, mediante la resolución MSC.337 (91) adoptada el 30 de noviembre de 2012 se adoptó el Código sobre niveles de ruido a bordo de los buques, en vigor desde el 1 de julio de 2014.

El Código se estructura en 7 capítulos y 4 apéndices en los cuales se establecen, entre otros: el equipo que se debe emplear para realizar la medición, como realizar dicha medición, los límites máximos de presión acústica, los límites de exposición al ruido, las características de los protectores de oídos y la señalización, etc. (IMO, 2012).

El Código es aplicable a los buques nuevos de arqueo bruto igual o superior a 1600 GT, pero podrá aplicarse a los buques existentes en la medida

que sea razonable y posible a juicio de la Administración, del mismo modo podrá aplicarse a los buques nuevos de arqueo inferior a 1600 GT.

El Código tiene la consideración jurídica de vinculante, sin embargo algunas disposiciones tienen carácter de recomendación como puede ser el Capítulo 5 donde se establecen los límites de exposición al ruido, o los apéndices 2, 3 y 4 donde se establecen orientaciones sobre la inclusión de cuestiones relacionadas con el ruido en los sistemas de gestión de la seguridad, los métodos propuestos para la reducción del ruido y el procedimiento para determinar la exposición al ruido respectivamente.

En la Tabla 3.2.2.4 pueden observarse los límites del nivel de ruido establecidos en el Capítulo 4 del Código.

		dB(A)	
		Tamaño del buque	
Espacios		1600-10000 GT	≥10000 GT
Espacios de Trabajo	Espacios de máquinas	110	110
	Cámaras de mando de máquinas	75	75
	Talleres que no formen parte de los espacios de máquinas	85	85
	Espacios de trabajo no especificados	85	85
Espacios de Alojamiento	Camarotes y enfermerías	60	55
	Comedores	65	60
	Salas de recreo	65	60
	Zonas de recreo al aire libre	75	75
	Oficinas	65	60

Tabla 3.2.2.4. Resolución MSC. 337 (91).

Haciendo una comparativa con el Código sobre niveles de ruido a bordo de los buques aprobado mediante la resolución A.468 (XII) en relación a los espacios que se han venido estudiando anteriormente, se observa que mantiene la misma denominación, pero en el nuevo Código se hace distinción en los límites del nivel de ruido permitido atendiendo al tamaño del buque, según sea éste de más de 10000 GT o esté entre 1600 y 10000 GT.

Las diferencias que se pueden observar en los espacios de trabajo y en los espacios de alojamiento entre ambos Códigos son de 5 dB(A) en que se ha visto reducido el nivel permitido en los espacios de trabajo no especificado con el nuevo Código y en los camarotes y enfermerías, comedores, salas de recreo y oficinas pero sólo para buques de arqueo bruto superior a 10000 GT.

### **Normativa europea**

El Real Decreto 286/2006 (RD, 2006) (transposición al derecho español de la Directiva 2003/10/CE (Directiva, 2003)), tiene por objeto, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (PRL, 1995), establecer las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra los riesgos para su seguridad y su salud derivados o que puedan derivarse de la exposición al ruido, en particular los riesgos para la audición. El artículo 8 de este Real Decreto, donde se hace referencia a la limitación de la exposición, ha comenzado a ser aplicable a los buques a partir de febrero del 2011. Esto ha supuesto un cambio respecto el anterior Real Decreto 1316/1989 (transposición al derecho español de la Directiva 86/188/CEE) que dejaba expresamente fuera a los trabajadores del transporte aéreo y marítimo (RD, 1989). Un ejemplo de esta falta de adaptación a buques se mostraba al establecer el valor límite admisible (VLA) para la contaminación por ruido en el trabajo basándose en la jornada laboral de 8 horas diarias y 40 horas a la semana.

En el mar, una vez completada la jornada laboral, los miembros de la tripulación continúan a bordo del buque, considerándose que continúa en un medio ruidoso por lo que su exposición al ruido se puede encontrar en el lugar de la habilitación, debiéndose analizar en períodos de 24 horas (Grundevik et al., 2009).

El Real Decreto 286/2006 establece en su artículo 5 los valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción.

Para su implantación en el mundo marítimo se establecieron 5 años de prórroga, tras el cual, desde el 15 de Febrero de 2011 se aplica a todos los buques de bandera española. A los efectos de este Real Decreto, los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria, para una jornada de trabajo de 8 horas, se fijan en:

Valores límite de exposición:

$$L_{Aeq,d} = 87 \text{ dB(A)}$$

Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción (protectores auditivos, controles médicos, etc)

$$L_{Aeq,d} = 85 \text{ dB(A)}$$

Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción (protectores auditivos, etc)

$$L_{Aeq,d} = 80 \text{ dB(A)} \text{ (RD, 2006).}$$

Esto supone que, para todo el personal embarcado, los niveles de exposición al ruido durante un periodo de ocho horas no supere los 87 dB(A) y que para aquellos casos en los que este nivel de exposición a ruido supere los 80 dB(A) durante un periodo de ocho horas, se deben emplear protecciones auditivas por parte de los trabajadores afectados así como medidas de prevención de la salud mediante controles médicos periódicos (Beltrán, 2006).

Sin embargo, la normativa internacional, MSC.337 (91) no establece el empleo de las protecciones auditivas en la zona comprendida entre los 70 y los 85 dB(A), tal y como puede verse en la Figura 3.2.1.1, donde se establecía que el nivel de ruido no debía exceder de 85 dB(A) hasta las 8 horas de permanencia, si la permanencia es mayor, no deberá exceder de 80 dB(A).

Por otra parte, el Real Decreto 286/2006 es de aplicación a todos los buques que enarbolan bandera española. Sin embargo, este Real Decreto no establece distinción entre niveles de ruido según los distintos espacios ni tamaños del buque tal y como lo hace la normativa internacional.

Cabe destacar que, a diferencia de la resolución MSC.337(91), que hace distinción de los límites en los niveles de ruido según el tamaño del buque, el Real Decreto 286/2006 se aplica a todos los buques, siendo más restrictivo que la norma IMO.

Este Real Decreto hace referencia a los buques de pabellón español que empleen trabajadores nacionales y/o extranjeros. Sin embargo, el Reino Unido ha ido un paso más allá al aplicar la transposición de la Directiva 2003/10/EC a todo buque que recale en aguas jurisdiccionales británicas.

### **Metodología de muestreo acústico a bordo**

Según establece la resolución MSC.337 (91), las mediciones se realizarán con el micrófono colocado a una altura de entre 1,2 m (persona sentada) y 1,6 m (persona de pie) sobre cubierta. La distancia mínima entre dos puntos de medición será de 2 m, y en los espacios grandes en que no haya máquinas las mediciones deberían efectuarse en puntos cuya distancia intermedia no exceda de 10 m, 7 m para la resolución anterior, incluidos los caracterizados por tener niveles de ruido máximos.

De acuerdo con estudios previos (ISO, 2014; ISO, 1996), el proceso de toma de muestras de ruido a bordo debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. El viento no debe exceder de rango 4 en la escala Beaufort, especialmente al aire libre.
2. La condición del mar debe estar en calma.
3. Lluvia.

4. La profundidad del agua bajo la quilla no debe ser inferior a 3 veces el calado del buque.
5. La presencia de superficies altamente reflectantes cerca del micrófono.
6. Otra fuente de sonido que se debe considerar, por ejemplo, el ruido de los trabajadores durante sus tareas diarias.

Se consideran fuentes adicionales de ruido, por ejemplo, la velocidad de la embarcación. Es importante recordar que la principal fuente de ruido es la sala de máquinas, como se ha demostrado en estudios anteriores (Lois, 2004).

Las mediciones en los espacios de máquinas se efectuarán en los puestos principales de trabajo y en el control de las salas de máquinas. Las mediciones correspondientes a las máquinas que constituyen una fuente de sonido deberían hacerse a 1 m de las mismas y efectuarse del modo siguiente:

1. a 1 m de fuentes de ruido como las indicadas a continuación y a intervalos que no excedan de 3 m alrededor de ellas: turbinas o motores principales a cada nivel; engranajes principales; turbosoplantes; purificadoras; alternadores y generadores eléctricos; plataformas de encendido de calderas; ventiladores de tiro forzado o ventiladores extractores; compresores y bombas de carga (incluidos sus motores o turbinas de accionamiento);
2. en puestos de control locales, como el de maniobra principal o el de maniobra de emergencia de la máquina principal, y en las cámaras de mando de máquinas;
3. en todos los demás lugares no especificados en 1 y 2 que habitualmente se visitarían durante la inspección ordinaria y las operaciones corrientes de ajuste y mantenimiento;
4. en puntos de todas las vías de acceso normalmente utilizadas, a menos que ya quedaran comprendidos en las posiciones antes indicadas, a intervalos que no excedan de 10 m;
5. en recintos situados dentro del espacio de máquinas, como por ejemplo, talleres.

En los espacios de gobierno, se efectuarán mediciones en ambos alerones del puente de navegación, pero sólo cuando el alerón en que vaya a revisarse la operación esté a sotavento.

Por último, las mediciones en el espacio de alojamiento se realizarán de acuerdo a las siguientes indicaciones:

1. Se efectuará una medición en el medio del espacio. El micrófono se desplazará lentamente en sentido horizontal y/o vertical a una distancia de 1 m. Se realizarán mediciones adicionales en otros puntos si existen

diferencias considerables, de más de 10 dB(A) entre niveles acústicos dentro del alojamiento, especialmente a la altura de la cabeza de una persona sentada o echada.

2. Como novedad, la nueva resolución MSC.337 (91) introduce los siguientes puntos:
  - a. Se efectuarán mediciones a, como mínimo, el 40% del número total de camarotes. En todo caso deberán examinarse los camarotes que evidentemente se ven afectados por el ruido, por ejemplo, los camarotes adyacentes a las máquinas o guardacalores.
  - b. En el caso de los buques que tengan un gran número de camarotes para la tripulación, tales como los buques de pasaje o de crucero, se podrá reducir el número de lugares de medición. La selección de los camarotes que han de someterse a examen será representativa al seleccionar aquellos que estén más cercanos a las fuentes de ruido.
  - c. En cubiertas expuestas, se realizarán mediciones en todas las zonas de recreo.



### 3.2.2.2. Caso práctico Buque Ferry Catamarán

#### Características Principales del Buque:

El buque analizado es un tipo de buque denominado High Speed Craft (HSC), este tipo de buque es un buque de alta velocidad tipo catamarán. Se considera nave de gran velocidad aquella nave cuya velocidad máxima (en m/s) sea igual o superior a  $3,7 \times \Pi^{0,1667}$  ( $V_{\max} \geq 3,7 \times \Pi^{0,1667}$  donde  $\Pi$  es el desplazamiento expresado en metros cúbicos correspondiente a la flotación de proyecto).

Las mediciones han sido realizadas durante la navegación a la velocidad normal del buque, entre 30-36 nudos, con el aire acondicionado y la música en servicio y no menos de 200 pasajeros a bordo.

Cabe mencionar que, tanto el tamaño como la distribución son muy similares a todos los buques catamaranes de la serie INCAT astillero situado en Australia, por lo que, las conclusiones extraídas de este estudio, podrían ser de aplicación a otros buques de este tipo.

En particular, el buque objeto de estudio presenta las siguientes dimensiones: 98,00 m de eslora; 26,60 m de manga; 7,13 m de puntal y 6.662 GT.

A la hora de analizar el nivel de ruido en el buque, las fuentes más importantes de ruido se identificarán como el sistema de propulsión y maniobra. La propulsión en este tipo de buques se realiza con 4 motores de combustión interna 4tMAN B&W 16V RK280 con inyección electrónica y una capacidad total aproximada de 29500 kW.

Cada motor de propulsión lleva asociado, mediante un embrague, un conjunto de propulsión tipo WATERJET, por lo que cualquier tipo de maniobra se realiza mediante la orientación del chorro de agua desalojada.

La energía eléctrica es producida por 4 motores con alternador asociado CAT 6L 3406B de 1.500 rpm y 230 kW.

El proceso de toma de muestras se llevó a cabo en varios puntos con el fin de identificar el origen de los problemas del ruido.

Como se ha comentado anteriormente, la normativa que rige los niveles de ruido a bordo de un buque se dividía en dos:

1. Por una parte, la que establece la OMI, MSC.337 (91),
2. y por otra parte, la que establece la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

En cuanto a la primera norma, cabe recordar que entró en vigor el 1 de julio de 2014. Hasta ese momento, existía la resolución A.468 (XII), se hace este recordatorio porque para esta resolución el ámbito de aplicación del Código sobre niveles de ruido a bordo no era de aplicación a:

- a) naves de sustentación dinámica;
- b) buques pesqueros;
- c) gabarras de tendido de tuberías;
- d) gabarras-grúa;
- e) unidades móviles de perforación mar adentro;
- f) yates de recreo no dedicados al tráfico comercial;
- g) buques de guerra y buques para el transporte de tropas;
- h) buques carentes de propulsión mecánica.

Una nave de sustentación dinámica es una nave que puede operar en la superficie del agua o por encima de ésta, y cuyas características sean distintas de las de los buques de desplazamiento de tipo ordinario. Dentro del marco de esta definición, toda nave que presente una u otra de las siguientes características:

- a) El peso, o una parte importante de éste, está contrarrestado por fuerzas distintas de las hidrostáticas.
- b) Naves que tengan una relación de  $\frac{V_{max}}{\sqrt{g \cdot L}} \geq 0,9$  donde L es la eslora correspondiente a la flotación y g es la aceleración debido a la gravedad.

Sin embargo, debido a la evolución tecnológica en el desarrollo de nuevos buques, la nueva resolución MSC.337 (91) deja fuera del Código sobre niveles de ruido a bordo, además de lo anteriormente citado, a otro tipo de buques como son:

- a) Naves de gran velocidad, que es el caso del buque que se analiza.
- b) Gabarra de hinca de pilotes y
- c) Dragas.

A medida que avanzaron las nuevas construcciones de naves de gran velocidad, apareció un nuevo Código, el Código para Naves de Gran Velocidad (HSC Code) aprobado el 20 de Mayo de 1994 y que ha sido enmendado posteriormente. La nueva resolución MSC.337 (91) no se aplica a las naves de sustentación dinámica, ni a las naves de gran velocidad. Según esto, el buque objeto de estudio, por tratarse de un buque tipo HSC, no le sería de aplicación la nueva resolución MSC.337(91) pero sí la anterior A.468 (XII). Se realiza el

análisis de los puntos de muestreo atendiendo a la norma que debía cumplir el buque y atendiendo a la nueva norma si quedara dentro del ámbito de aplicación de la misma. En las Figuras 3.2.2.2, 3.2.2.3, 3.2.2.4 y 3.2.2.5 se muestran las mediciones en las diferentes cubiertas del buque objeto de estudio.

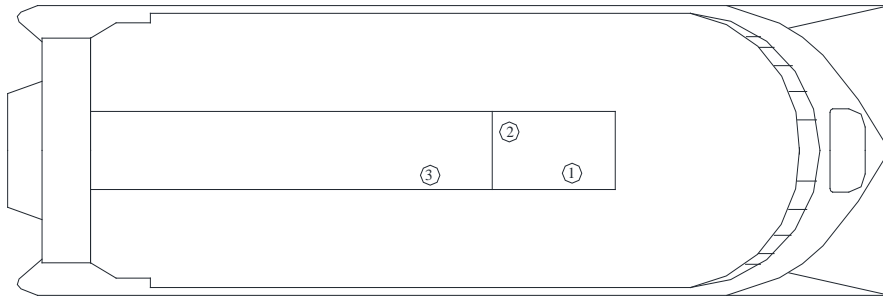


Figura 3.2.2.2: Cubierta principal.

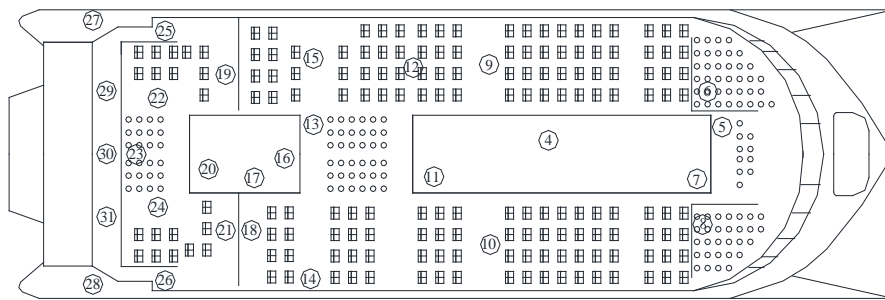


Figura 3.2.2.3: Cubierta pasaje.

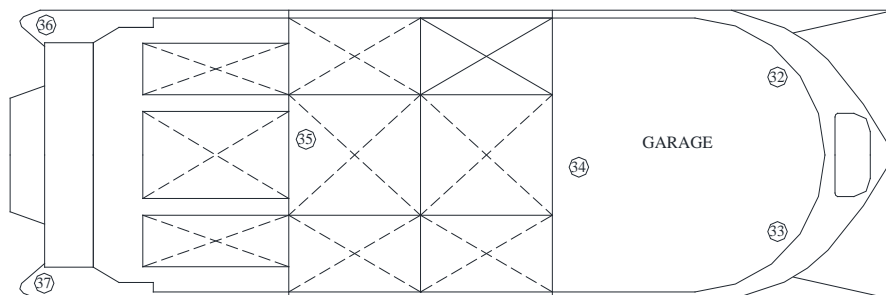


Figura 3.2.2.4: Cubierta garaje.

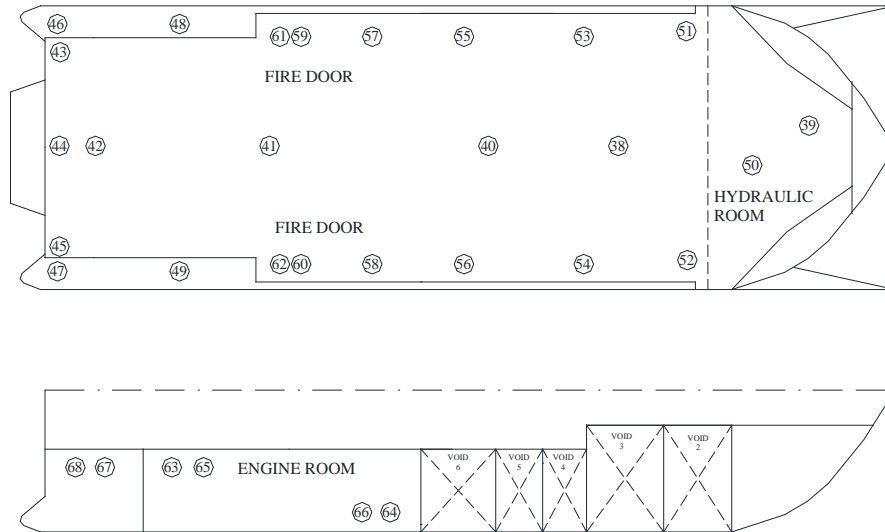


Figura 3.2.2.5: Espacios de garaje y Sala de Máquinas.

### 3.2.2.3. Caso práctico Buque Ferry Ropax

Como ya se ha mencionado anteriormente, la exposición al ruido durante un largo período de tiempo puede afectar a la salud física y mental de una persona. Además, el ruido también puede causar problemas de salud como hipertensión, problemas digestivos, respiratorios, insomnio, estrés y pérdida de audición (Babisch, 2005). En este apartado, se analizará el ambiente interior de un buque ropax durante la navegación, en puerto y durante la maniobra del mismo.

#### Características principales del buque

La nave objeto de estudio posee una eslora de 116,80 m, una manga de 20,70 m, un puntal de 7,50 m y un registro bruto de 11023 GT. El buque fue construido en el año 1992 y navega bajo pabellón español. La capacidad máxima de este buque para llevar pasajeros es de 847 de los cuales 443 plazas son en butacas y 404 en camarotes. A su vez, el buque puede cargar 280 turismos, o bien, 47 camiones y 34 turismos.

Para la propulsión el buque posee dos motores de combustión interna 4T MAN B&W 12V 28/32 A, con una potencia aproximada de 5300 kW. La planta eléctrica está compuesta por cuatro generadores MAN B&W 4T 23/30 de 750 r.p.m. y 800 kW cada uno.

#### Zonas de muestreo

Los puntos de muestreo fueron seleccionados de acuerdo con el fin de comparar las zonas consideradas más ruidosas con las zonas en las que se espera un especial confort para el pasaje y la tripulación que tiene que vivir en dicho buque, es por esto, que se han dejado al margen las demás cubiertas del buque.

Las Figuras 3.2.2.6, 3.2.2.7 y 3.2.2.8 exponen los puntos principales de muestreo a los que se hará alusión en esta investigación.

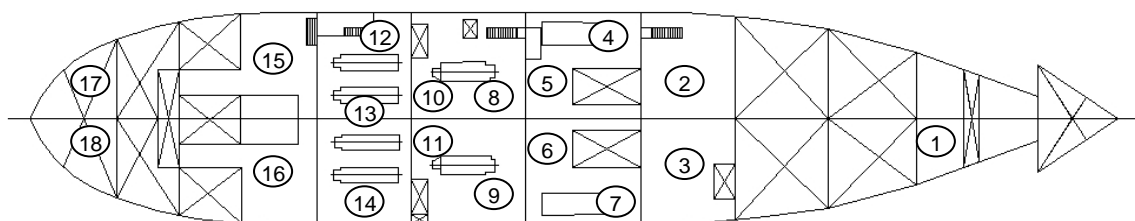


Figura 3.2.2.6. Espacios de medición del ruido en la sala de máquinas.

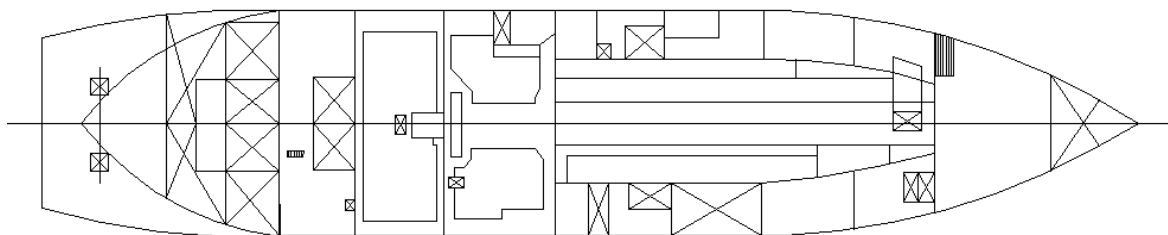


Figura 3.2.2.7. Espacios de medición del ruido en la cubierta 1.

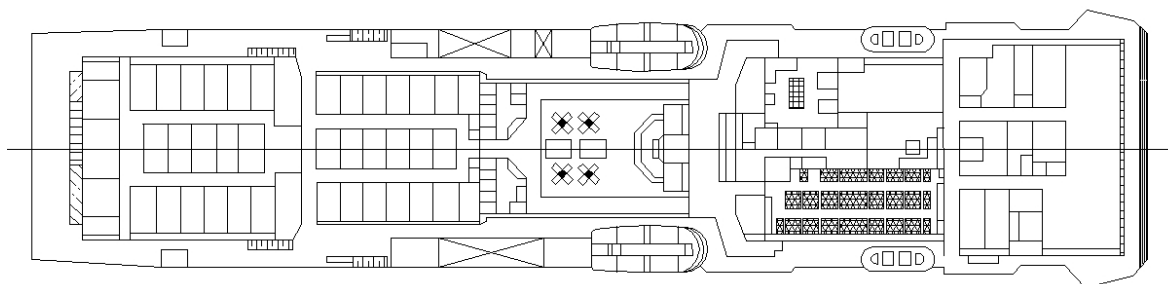


Figura 3.2.2.8. Espacios de medición del ruido en la cubierta 6.

### **3.2.3. Metodología para el estudio de la fatiga causada por la temperatura**

La sala de máquinas es una zona del buque donde las condiciones de trabajo presentan altas temperaturas, claramente superiores a los 35°C. Esto implica que, en muchos casos, los oficiales de máquinas puedan llegar a tener una sensación térmica muy alta, lo que aumenta el riesgo para su salud, estas condiciones raramente se muestran en otros lugares de trabajo. Sin embargo, no existe una guía o sistema para una detección temprana de la aparición de trastornos en la salud cuando se está trabajando en estos ambientes térmicos extremos.

Como consecuencia de esto, los oficiales deben definir sus propios periodos de trabajo, intercalando los periodos de actividad y descanso basándose en el sentido común, de tal manera que, en determinadas circunstancias (Orosa & Oliveira, 2010), por ejemplo, para completar una tarea y evitar un nuevo período de exposición, el oficial puede prolongar la exposición a niveles peligrosos con un riesgo claro de golpe de calor.

Por ello, son necesarios más estudios que muestren las tareas exactas de la sala de máquinas y de las condiciones en las que se realizan, amén de sus peligros asociados, con el objetivo claro y conciso de formar una base para futuras recomendaciones y normas más ambiciosas. En este sentido, es interesante hacer hincapié en las carencias existentes en el SOLAS en torno a este apartado. Por este motivo, ha sido necesario recurrir a la normativa europea sobre ambiente térmico moderado ((ISO, 2005) ISO 7730:2005) y extremo (7933:2004 (ISO, 2004a)) las cuales, en teoría, también comprende los ambientes marinos aunque no se tratan de manera específica.

También es interesante destacar la transposición de estas normativas a las normativas nacionales por medio de las Notas Técnicas de Prevención o NTP (NTP 74, NTP 322 y NTP 18), las cuales no son de obligado cumplimiento, pero favorecen el procedimiento de cálculo por medio de nomogramas.

Cabe destacar, que la UNE EN 27243:1995 muestra el índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) que es el método de temperatura de globo y de bulbo húmedo, para definir el estrés térmico, pero no ofrece los tiempos máximos de permanencia en el ambiente extremo ni los mínimos para recuperarse, tal y como muestran las ISO y NTP anteriormente comentadas.

En este sentido, en base a estas normas, cabe destacar el estudio de (Orosa & Oliveira, 2010) en el que han definido las primeras curvas que muestran el tiempo máximo que un oficial de máquinas puede estar trabajando en la sala de máquinas reales. Lo que es más, el trabajo de Palella et al. (Palella et al., 2016), ha propuesto ir más allá e hizo hincapié en la necesidad de controlar el microclima de las áreas más críticas a bordo como las salas de máquinas y prestar atención al cálculo de los índices de estrés, a través del monitorización

del microclima teniendo en cuenta las cuatro variables físicas que afectan a la sensación térmica.

### **3.2.3.1. Normativa sobre fatiga producida por la temperatura en buques**

El estrés térmico puede ser definido como la carga neta de calor a la que un trabajador se encuentra expuesto como consecuencia de las condiciones del ambiente en el que trabaja, la actividad física que realiza y la ropa que emplea.

Como respuesta a esta sobrecarga térmica del cuerpo, diferentes normas (NTP, 2011) definen el balance térmico del cuerpo humano y las condiciones necesarias para que el individuo mantenga la temperatura en el nivel adecuado. En particular, el riesgo de estrés térmico para una persona expuesta a un ambiente caluroso depende de la producción de calor de su organismo como resultado de su actividad física y de las características del ambiente que le rodea, que condiciona el intercambio de calor entre el ambiente y su cuerpo. Cuando el calor generado por el organismo no puede ser emitido al ambiente, se acumula en el interior del mismo y la temperatura de éste tiende a aumentar, pudiendo producirse daños irreversibles (NTP, 1993). Un lugar de trabajo con excesivo calor puede dar lugar a un bajo rendimiento y riesgos para la salud.

Para poder estudiar el ambiente térmico es necesario conocer las variables del tipo de trabajo, del individuo y del ambiente. Muchas de estas variables que se dan en el ambiente laboral dan lugar a situaciones de no confort, pero no por ello suponen un riesgo para la salud. En pocas ocasiones el ambiente térmico supone un riesgo para la salud, y en menor medida se encuentran situaciones laborales consideradas térmicamente confortables.

Las normas internacionales en las cuales se especifican los métodos de medida y evaluación de los ambientes interiores distinguen entre ambientes térmicos moderados y ambientes térmicos extremos.

Cuando se trata de ambientes moderados se emplean los índices PMV (Voto Medio Estimado, del inglés "Predicted Mean Vote") que pronostica la sensación térmica general del cuerpo y el índice PPD (Porcentaje Estimado de Insatisfechos, del inglés "Predicted Percentage of Dissatisfied") que proporciona datos sobre la incomodidad térmica basándose en la estimación del porcentaje de personas susceptibles de sentir demasiado calor o demasiado frío en unas condiciones ambientales dadas. El PPD puede ser obtenido a partir del PMV, tal y como muestra la ISO 7730 (ISO, 2005).

Ambos índices se ven influenciados por la actividad física y la ropa. La actividad física se cuantifica a través de la tasa metabólica. El cuerpo humano mantiene un porcentaje mínimo de producción de calor en unos 60 W durante el sueño. La tasa metabólica se expresa a menudo en Met (Equivalente Metabólico



de Actividad – Metabolic Equivalent of Task). Un Met equivale a una producción de calor de  $58 \text{ W/m}^2$  de superficie corporal (ISO, 2005), cuya actividad correspondería a la producción de calor que tiene estando en reposo y sentado. Por otro lado, la ropa actúa como aislante, reduciendo la pérdida de calor del cuerpo. La unidad llamada Clo se emplea normalmente para cuantificar el aislamiento de los diferentes tipos de ropa. En términos de resistencia térmica 1 Clo equivale a  $0,155 \text{ m}^2\text{K/W}$  (ISO, 2005).

En cuanto a los ambientes calurosos, el índice empleado es el WBGT. Este índice se calcula a partir de dos parámetros, la temperatura del globo y la temperatura de bulbo húmedo, en ocasiones también se emplea la temperatura seca del aire (UNE, 1995).

Si se sobrepasan los valores límite de WBGT o se precisa un análisis más detallado, la Norma ISO 7933 proporciona un método analítico para evaluar el ambiente (ISO, 2004a).

El índice PMV indica el valor medio de los resultados obtenidos de un grupo de personas basándose en una escala de sensación térmica de 7 niveles según el equilibrio térmico del cuerpo, Tabla 3.2.3.1. Este equilibrio se consigue cuando la producción interna de calor del cuerpo es igual a su pérdida hacia el ambiente (ISO, 2005).

+3	Muy caluroso
+2	Caluroso
+1	Ligeramente caluroso
0	Neutro
-1	Ligeramente fresco
-2	Fresco
-3	Frío

Tabla 3.2.3.1. Escala de sensación térmica de siete niveles.

Con este índice, PMV, los votos individuales estarán dispersos alrededor del valor medio, por lo que resultará útil estimar el número de personas que podrán sentirse incómodas debido al calor o al frío. Para ello, se emplea el índice PPD, que determina una predicción cuantitativa del porcentaje de personas que se sentirán insatisfechas por notar demasiado frío o calor, estas son las que votan fresco o frío, caluroso o muy caluroso.

En lo que respecta al índice de estrés térmico WBGT, para evaluar los ambientes calurosos en el interior de los edificios y en exteriores sin carga solar, este índice se expresa como se puede observar en la ecuación [3.4].

$$WBGT = 0,7 t_{nw} + 0,3 t_g \quad [3.4]$$

En exteriores, se expresa tal y como se ve en la ecuación [3.5].

$$WBGT = 0,7 t_{nw} + 0,3 t_g + 0,1 t_a \quad [3.5]$$

Donde:

$t_{nw}$  es la temperatura húmeda natural, es el valor indicado por un sensor de temperatura recubierto de un tejido humedecido que es ventilado de forma natural cuyas características están presentadas en la Tabla 3.2.1.2

$t_g$  es la temperatura de globo, es el valor indicado por un sensor colocado en el centro de una esfera cuyas características están presentadas en la Tabla 3.2.1.3.

$t_a$  es la temperatura del aire, es la temperatura del aire medida con un termómetro convencional de mercurio.

El valor WBGT del ambiente caluroso se compara con un valor WBGT de referencia (UNE, 1995).

La ecuación de confort desarrollada por Fanger (Fanger, 1992) e introducida en la norma UNE-EN 7933-2005 especifica un método para evaluar e interpretar el estrés térmico que presenta un individuo en un ambiente caluroso. La norma describe el método de cálculo del balance térmico, así como de la tasa de sudoración que el cuerpo humano habría de producir para mantener en equilibrio ese balance. Esta tasa recibe el nombre de “tasa de sudoración requerida” y se determina según la ecuación [3.6]. La evaporación requerida para el equilibrio térmico se calcula a través de la ecuación [3.7].

$$S_{w_{req}} = \frac{E_{req}}{r_{req}} \quad [3.6]$$

y

$$E_{req} = M - W - C_{res} - E_{res} - C - R \quad [3.7]$$

Dónde:

$E_{req}$  es la evaporación requerida para el equilibrio térmico.

$M$  es el consumo metabólico.

$W$  es el trabajo mecánico útil.

$C_{res}$  es la pérdida respiratoria de calor por convección.

$E_{res}$  es la pérdida respiratoria de calor por evaporación.

$C$  es el intercambio de calor en la piel por convección.

$R$  es el intercambio de calor en la piel por radiación.

$Sw_{req}$  es la tasa de sudoración requerida para el equilibrio térmico.

$r_{req}$  es el rendimiento evaporativo a la tasa de sudoración requerida.

El cálculo del índice de WBGT corresponde a una primera fase de valoración de las condiciones que pueden resultar peligrosas para la salud. Cuando se detecta un posible riesgo, se puede aplicar el método de Sobrecarga Térmica.

Ambas normas se centran en un mismo concepto; deben cumplirse dos condiciones para mantener el confort térmico en un ambiente moderado y evitar trastornos de salud en ambientes extremos.

La primera es que la combinación de la temperatura de la piel y temperaturas corporales internas conducen a una sensación de comodidad neutral.

La segunda implica mantener el balance de energía entre el cuerpo y el medio ambiente. En este sentido, el calor metabólico total producido por el cuerpo debe de ser igual a la pérdida de calor por el mismo, tal y como refleja el modelo PMV desarrollado por Fanger (Fanger, 1972) y las normativas de ASHRAE (ANSI/ASHRAE, 2013) e ISO (ISO, 2005), tal y como se refleja por medio de la ecuación [3.8].

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036 \cdot M} + 0,028) \cdot [(M - W) - H - E_c - C_{res} - E_{res}] \quad [3.8]$$

Dónde:

$M$  producción interna de calor por actividad metabólica ( $W/m^2$ ).

$W$  potencia mecánica efectiva ( $W/m^2$ ).

$H$  pérdida de calor sensible.

$E_c$  intercambio de calor por evaporación en la piel.

$C_{res}$  intercambio de calor por convección durante la respiración.

$E_{res}$  intercambio de calor por evaporación durante la respiración.

A partir del PMV se puede definir el porcentaje de personas insatisfechas con un ambiente dado de acuerdo con la ecuación [3.9].

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2)} \quad [3.9]$$

Una vez definido el procedimiento de estudio de ambientes moderados, se procede a describir la metodología a emplear en ambientes extremos.

En ambientes extremos se ha utilizado los nomogramas definidos por las normas UNE-EN 7933-2005 y sus transposiciones nacionales a las NTP 350 y NTP 18. En este sentido, los principales objetivos de la Norma UNE-EN 7933-2005 son:

- a) La evaluación del estrés térmico en los ambientes capaces de provocar elevaciones de la temperatura interna del cuerpo o pérdidas de agua importantes en un sujeto típico.
- b) La determinación de las modificaciones de la situación de trabajo que habrían de adoptarse para reducir o eliminar esos efectos.
- c) La determinación de los tiempos de exposición máximos permisibles para limitar la sobrecarga fisiológica a un nivel tolerable (ISO, 2004a).

Por otra parte, y dentro de esta introducción a la metodología, cabe destacar que, para facilitar los procedimientos de cálculo, se han utilizado los diagramas ofrecidos por dichas NTP.

### **3.2.3.2. Caso práctico Buque Ferry Ropax**

En la presente sección de esta tesis doctoral se llevará a cabo un estudio de las condiciones ambientales interiores a bordo de un buque mercante de pasaje que cubre la ruta entre las Islas Canarias y la costa mediterránea española. Dicho buque ha sido un ferry de 200 m de eslora, 34 de manga, con una capacidad para transportar 50 pasajeros.

Las mediciones de temperatura y humedad relativa se han realizado en la sala de máquinas por tener unas condiciones de trabajo especiales, como se ha detallado anteriormente. En consecuencia, se analizaron los datos de temperatura y humedad relativa adquiridos desde la sala de máquinas y otros lugares para obtener índices de estrés térmico. A partir del análisis de estas condiciones reales, fue posible definir el límite de tiempo para que una persona trabaje sin estrés, de conformidad con la normativa ISO.

Durante los estudios de casos prácticos es necesario realizar mediciones de campo durante largos períodos de tiempo en espacios reducidos. Debido a esto, es necesario emplear registradores de datos portátiles para la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del aire. Estos registradores de datos necesitan menos espacio que los aparatos de medida de confort térmico y podrían estar ubicados cerca del trabajador durante largos períodos de tiempo.

La temperatura del aire y humedad relativa se han controlado por medio de Data Loggers (Gemini, 2016) a bordo de un buque mercante durante su viaje en la temporada de invierno.

En el estudio se emplearon como lugares de medición la sala de máquinas y la sala de control. Simultáneamente, los datos del aire exterior también se obtuvieron con el propósito de comparación. En un plazo de 7 días se recogieron más de 11000 mediciones, con una frecuencia de muestreo de 40 segundos.

En estos lugares de trabajo es habitual encontrar condiciones extremas que se encuentran fuera de las indicaciones de la ISO 7933:2004 (ISO, 2004a). Por lo tanto, para estas mediciones se utilizaron Data Loggers (PCE, 2016).

La temperatura de globo indica la cantidad de calor intercambiado por un cuerpo en particular debido a la radiación y, en consecuencia, está influenciado por la velocidad del aire, temperatura del aire, y la temperatura radiante. Después de medir la temperatura globo, se utilizó el índice WBGT, el cual establece unos valores en los que un ambiente presenta riesgos de estrés térmico.

Las sondas se han colocado a una distancia cerca del supuesto centro de gravedad de los trabajadores para conseguir unos resultados experimentales en el medio ambiente de los oficiales de máquinas cuando están realizando un trabajo en aquellos locales donde no se puedan prever los puestos de trabajo fijos, los puntos de medida se deberán poner separados al menos 0,6 m de

paredes o aparatos fijos de calefacción o climatización, evitando así interferencias de acuerdo con las recomendaciones de INNOVA (Kvisgaard, 1997). Lo que es más, en este estudio de campo, se tomaron las variables del aire interior de la sala de máquinas y de control en el centro de las mismas.

### **3.3. Referencias**

(Abrahamsen, 2012) Abrahamsen, K., 2012. The ship as an underwater noise source. Proceedings of Meetings on Acoustics. Volume 17, 11th European Conference on Underwater Acoustics, ECUA 2012; Edinburgh; United Kingdom; 2 July.

(Aetinape, 2017) <http://www.aetinape.com/infogeneral/marina-mercante-frena-el-proyecto-de-tripulaciones-minimas>. (Acceso en abril de 2017).

(Åhsberg, 2000) Åhsberg, E., 2000. Dimensions of fatigue in different working populations. *Scandinavian Journal of Psychology*, 41(3), pp. 231-241.

(Åhsberg & Gamberale, 1998) Åhsberg, E. and Gamberale, F., 1998. Perceived fatigue during physical work: An experimental evaluation of a fatigue inventory. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 21(2), pp. 117-131. DOI: 10.1016/S0169-8141(96)00071-6.

(Åhsberg et al., 1997) Åhsberg, E., Gamberale, F. and Kjellberg, A., 1997. Perceived quality of fatigue during different occupational tasks development of a questionnaire. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 20(2), pp. 121-135. DOI: 10.1016/S0169-8141(96)00044-3.

(Åhsberg et al., 2000a) Åhsberg, E., Gamberale, F. and Gustafsson, K., 2000. Perceived fatigue after mental work: An experimental evaluation of a fatigue inventory. *Ergonomics*, 43(2), pp. 252-268.

(Åhsberg et al., 2000b) Åhsberg, E., Kecklund, G., Åkerstedt, T. and Francesco Gamberale, 2000. Shiftwork and different dimensions of fatigue. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26(4), pp. 457-465.

(ANSI/ASHRAE, 2013) ANSI/ASHRAE Standard 55-2013. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

(Babisch, 2005) Babisch, W., 2005. Noise and health. *Environmental health perspectives*, 113(1), pp. A14-A15.

(Beltrán, 2006) Beltrán, Publio, 2014. Ruido en buques: las consecuencias de la entrada en vigor del real decreto 286/2006 y su aplicación al transporte marítimo. *Revista mensual de la industria naval, marítima y pesquera*, 516, 2014, pp. 32-38.

(Brown et al., 1970) Brown, I.D., Tickner, A.H. and Simmonds, D.C.V., 1970. Effect of Prolonged Driving on Overtaking Criteria. *Ergonomics*, 13(2), pp. 239-242. DOI: 10.1080/00140137008931137.

(BOE, 1963) BOE-A-1963-9465, 1963. Decreto 629/1963, de 14 de marzo, sobre títulos profesionales de las Marinas Mercante y de Pesca.

(BOE, 1964) BOE-A-1964-12700, 1964. Orden de 14 de julio de 1964 por la que se fija el cuadro indicador de tripulaciones mínimas para buques mercantes y de pesca.

(BOE, 1995) BOE-A-1995-21346, 1995. Real Decreto 1561/1995, de 21 de septiembre, sobre jornadas especiales de trabajo.

(BOE, 2002) BOE-A-2002-6472, 2002. Real Decreto 285/2002, de 22 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1561/1995, de 21 de septiembre, sobre jornadas especiales de trabajo, en lo relativo al trabajo en la mar.

(Bowers, 1996) Bowers, C.A., Weaver, J.L., Morgan, B.B., 1996. Moderating the performance effects of stressors. *Stress and Human Performance*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

(Cotrim et al., 2017) Cotrim, T., Carvalhais, J., Neto, C., Teles, J., Noriega, P. and Rebelo, F., 2017. Determinants of sleepiness at work among railway control workers. *Applied Ergonomics*, 58, pp. 293-300. DOI: 10.1016/j.apergo.2016.07.006.

(De Alwis et al., 2016) De Alwis, M.P., Lo Martire, R., Äng, B.O. and Garne, K., 2016. Development and validation of a web-based questionnaire for surveying the health and working conditions of high-performance marine craft populations. *BMJ Open*, 6(6), Article number: e011681. DOI: 10.1136/bmjopen-2016-011681.

(Directiva, 2003) Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 6 de febrero de 2003 sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido).

(Driskel et al., 2013). Driskell, T., Driskell, J.E. and Salas, E., 2013. Stress, performance, and decision making in organizations. *Judgment and Decision Making at Work*. pp. 251-276.

(Fanger, 1972) Fanger, P.O., 1972. *Thermal Comfort Analysis and Applications in Environmental Engineering*. McGraw-Hill USA.

(Finkelman, 1994) Finkelman, J.M., 1994. A large database study of the factors associated with work-induced fatigue. *Human factors*, 36(2), pp. 232-243.

(Gaggero et al., 2013) Gaggero, T. and Rizzuto, E., 2013. Noise on board Ro-pax vessels: Measured levels on existing ships and new pre-normative

requirements. Paper presented at the Analysis and Design of Marine Structures - Proceedings of the 4th International Conference on Marine Structures, MARSTRUCT 2013, pp. 45-52.

(Gemini, 2016) Gemini Data Loggers. <http://www.geminiataloggers.com/> (Accessed July 2016).

(González et al., 2005) González Gutiérrez, J.L., Jiménez, B.M., Hernández, E.G. and López, A.L., 2005. Spanish version of the Swedish Occupational Fatigue Inventory (SOFI): Factorial replication, reliability and validity. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(8), pp. 737-746. DOI: 10.1016/j.ergon.2005.02.007.

(Goujard et al., 2005) Goujard, B., Sakout, A. and Valeau, V., 2005. Acoustic comfort on board ships: An evaluation based on a questionnaire. *Applied Acoustic*, 3, pp. 1063-1073.

(Gutiérrez et al., 2005) Gutiérrez, J.L.G., Jiménez, B.M., Hernández, E.G. and López, A.L., 2005. Mental workload and fatigue in special nursing services. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 37(3), pp. 477-492.

(IMO, 1981) International Maritime Organization, 1981. Resolución A.468 (XII) "Código sobre niveles de ruido a bordo de los buques" adoptada el 19 de noviembre de 1981.

(IMO, 1993) International Maritime Organization, 1993. Resolution A.772(18) – Factores que contribuyen a la fatiga. Adoptada el 4 de noviembre de 1993.

(IMO, 1998) International Maritime Organization, 1998. Subcomité de Normas de Formación y Guardia. STW 30/7/1 octubre 1998. Examen detallado de la resolución A.481(XII) titulada "Principios relativos a la dotación de seguridad".

(IMO, 2001) International Maritime Organization, 2001. Orientaciones acerca de la reducción y gestión de la fatiga. MSC/Circ.1014 del 12 de junio del 2001.

(IMO, 2007) International Maritime Organization, 2007. Comité de Seguridad Marítima, 83º período de sesiones. MSC 83/25/13 de 3 de julio de 2007.

(IMO, 2009) International Maritime Organization, 2009. Subcomité de proyecto y equipo del buque, 53º período de sesiones. DE 53/10 de 18 de diciembre de 2009. "Propuestas para elaborar enmiendas a la regla II-1/36 del Convenio SOLAS y someter a revisión el Código sobre niveles de ruido a bordo de los buques".



(IMO, 2010a) International Maritime Organization, 2010. Subcomité de proyecto y equipo del buque, 54º período de sesiones. DE 54/14 de 9 de agosto de 2010. “Cuestiones prácticas que deben examinarse antes de establecer límites obligatorios de los niveles de ruido y propuestas conexas para la revisión del código sobre niveles de ruido a bordo de los buques”.

(IMO, 2010b) International Maritime Organization, 2010. Subcomité de proyecto y equipo del buque, 54º período de sesiones. DE 54/14/3 de 20 de agosto de 2010. “Propuesta para una protección contra los ruidos a bordo de los buques obligatoria y técnicamente viable”.

(IMO, 2011) International Maritime Organization, 2011. Resolución A.1047 (27) Adoptada el 30 de noviembre de 2011. Principios Relativos A La Dotación Mínima De Seguridad.

(IMO, 2012) International Maritime Organization, 2012. Resolución MSC.337 (91) “Código sobre niveles de ruido a bordo de los buques” adoptada el 30 de noviembre de 2012.

(IMO, 2015) International Maritime Organization, 2015. Subcomité de factor humano, formación y guardia 3º periodo de sesiones Punto 8 del orden del día. HTW 3/8/1 del 29 octubre 2015.

(Ing.Mar, 2017) <https://www.facebook.com/IngenieriaMarina?fref=ts> (Acceso en enero de 2017).

(ISO, 1989) ISO 7243:1989. Hot environments. Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature).

(ISO, 1996) ISO 2923:1996. Acoustics - Measurement of noise on board vessels.

(ISO, 2004a) ISO 7933:2004. Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain.

(ISO, 2004b) ISO 8996:2004. Ergonomics of the thermal environment. Determination of metabolic rate.

(ISO, 2005) ISO 7730:2005. Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.

(ISO, 2014) ISO 16283-1:2014. Acoustics - Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation.

(ITF, 2006) International Transport Workers' Federation, 2006. Lucha contra la fatiga, la seguridad de los buques requiere de una dotación realista. ISBN: 9781904676195.

(Kvisgaard, 1997) Kvisgaard, B. Thermal Comfort. INNOVA Air Tech Instruments A/S, Denmark [Brüel&Kjær] 1997.

(Lazarus & Folkman, 1987) Lazarus, R.S., Folkman, S., 1987. Transactional theory and research on emotions and coping. *European Journal of Personality*, 1, pp. 141-169.

(Leung et al., 2006) Leung, A.W.S., Chan, C.C.H., Ng, J.J.M. and Wong, P.C.C., 2006. Factors contributing to officers' fatigue in high-speed maritime craft operations. *Applied Ergonomics*, 37(5), pp. 565-576. DOI: 10.1016/j.apergo.2005.11.003.

(Lois, 2004) Lois, P., Wang, J., Wall, A. and Ruxton, T. (2004). Formal safety assessment of cruise ships. *Tourism Manage.*, 25 (6), 93–109.

(Muzet, 2007) Muzet, A., 2007. Environmental noise, sleep and health. *Sleep Medicine Reviews*, 11(2), pp. 135-142. DOI: 10.1016/j.smr.2006.09.001.

(NTP, 1982) Notas Técnicas de Prevenían. NTP 15, 1982. Construcción de una escala de actitudes tipo Likert.

(NTP, 1982) Notas Técnicas de Prevención. NTP 18, 1982. Estrés térmico. Evaluación de las exposiciones muy intensas Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

(NTP, 1983) Notas Técnicas de Prevención. NTP 74, 1983. Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación.

(NTP, 1993) Notas Técnicas de Prevención. NTP 322, 1993. Valoración del riesgo de estrés térmico. Índice WBGT. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

(NTP, 1997) Notas Técnicas de Prevención. NTP 445, 1997. Carga mental de trabajo: fatiga.

(NTP, 2011) Notas Técnicas de Prevención. NTP 922, 2011. Estrés térmico y sobrecarga térmica: evaluación de los riesgos (I). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

(UNE, 1995) UNE EN 27243:1995. Ambientes calurosos. Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT (Temperatura húmeda y temperatura de globo) (ISO 7243:1989).

(Orosa & Oliveira, 2010) Orosa, J.A. and Oliveira, A.C., 2010. Assessment of work-related risk criteria onboard a ship as an aid to designing its onboard environment. *Journal of Marine Science and Technology*, 15(1), pp. 16-22. DOI: 10.1007/s00773-009-0067-0.

(Palella et al., 2016) Palella, B.I., Quaranta, F. and Riccio, G., 2016. On the management and prevention of heat stress for crews onboard ships. *Ocean Engineering*, 112, pp. 277-286. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.12.030.

(PCE, 2016) PCE IBERICA. <https://www.pce-instruments.com/f/t/us/main.htm> (Acceso en julio de 2016).

(Pérez et al., 2016a) Pérez, J.A., Orosa, J.A. and Grueiro, T., 2016. A three-dimensional CFD simulation study to reduce heat stress in ships. *Applied Thermal Engineering*, 94, pp. 413-420. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2015.11.001.

(Phillips, 2015) Phillips, R.O., 2015. A review of definitions of fatigue - And a step towards a whole definition. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 29, pp. 48-56. DOI: 10.1016/j.trf.2015.01.003.

(PRL, 1995) Ley 31/1995, de 8 de noviembre (RCL 1995, 3053), de Prevención de Riesgos Laborales.

(RD, 1989) Real Decreto 1316-1989 de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

(RD, 2006) Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

(Sebastian et al., 2008) Sebastian, C., Idoate, G.V., Llano, L., Almanzor, E.F., 2008. SOFI-SM: cuestionario para el análisis de la fatiga laboral, física y psíquica. *Revista Digital de Seguridad y Salud en El Trabajo*, 2, pp. 1-22.

(Simonson et al., 2001) Simonson, C.J., Salonvaara, M., Ojanen, T., 2001. Improving Indoor Climate and Comfort with Wooden Structures. Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland.

(SOLAS, 2011) Convenio SOLAS (Convenio para la seguridad de la vida humana en el mar) regla I-1/36.

(STCW, 1978) IMO, International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW). Adoption: 7 July 1978; Entry into force: 28 April 1984; Major revisions in 1995 and 2010. [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-on-Standards-of-Training,-Certification-and-Watchkeeping-for-Seafarers-\(STCW\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-on-Standards-of-Training,-Certification-and-Watchkeeping-for-Seafarers-(STCW).aspx). (Acceso en julio de 2016).

(Tamura et al., 1997) Tamura, Y., Kawada, T. and Sasazawa, Y., 1997. Effect of ship noise on sleep. *J. Sound. Vibration*. 205 (4), pp. 417-425.

(Tamura et al., 2002) Tamura, Y., Horiyasu, T. and Sano, Y., 2002. Habituation of sleep to a ship's noise as determined by actigraphy and a sleep questionnaire. *J. Sound. Vibration*, 250 (1), pp. 107-113.

(UNE, 1995) UNE-EN 27243:1995: Ambientes calurosos. Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT (Wet Bulbe Globe Temperature).

(Wickens et al., 2004) Wickens, C.D., Lee, J.D., Liu, Y., Becker, G.S.E., 2004. *An introduction to human factors engineering*. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River.

(Wiker et al., 1989) Wiker, S.F., Chaffin, D.B. and Langolf, G.D., 1989. Shoulder posture and localized muscle fatigue and discomfort. *Ergonomics*, 32(2), pp. 211-237. DOI: 10.1080/00140138908966080.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSION**



## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Condiciones de fatiga debida a las condiciones de trabajo**

Una vez realizada la encuesta definida en la sección “3.1 Materiales y Métodos para el estudio la fatiga debida a las condiciones de trabajo a bordo”, se han obtenido una serie de resultados que serán presentados en la siguiente sección.

#### **4.1.1. Resultados del estudio sobre fatiga debida a las condiciones de trabajo**

Para facilitar la interpretación de los resultados, se han agrupado las respuestas en tres grupos que permitan identificar a los entrevistados y la descripción del puesto a bordo. A continuación las demandas del puesto de trabajo, y por último, se han creado variables agrupadas para su posterior interpretación.

- BLOQUE 1. Caracterización del entrevistado y descripción del puesto a bordo.
- BLOQUE 2. Demandas del puesto de trabajo.
- BLOQUE 3. Agrupación de estudio de variables.

#### **BLOQUE 1. Caracterización del entrevistado y descripción del puesto a bordo**

Dentro de este primer bloque de caracterización del entrevistado y del puesto, la primera pregunta que se ha realizado a los encuestados, ha sido: “Tipo de Buque”, en donde las opciones que se presentaban y el porcentaje global de cada una de las respuestas, se pueden observar en la Figura 4.1.1.1.

Los resultados han mostrado que el 21,3% de los encuestados son tripulantes de buques Ropax, seguidos con el 20,4% por Otros y el 17,6% de Buques Rápidos.

La segunda pregunta está relacionada con el puesto desempeñado dentro del Departamento de Máquinas de un buque. El 28,7% de los encuestados son 1º Oficiales de Máquinas, seguidos del 24,1% cuyo cargo dentro de este departamento es el de Jefes de Máquinas, estas respuestas se pueden observar en la Figura 4.1.1.2.

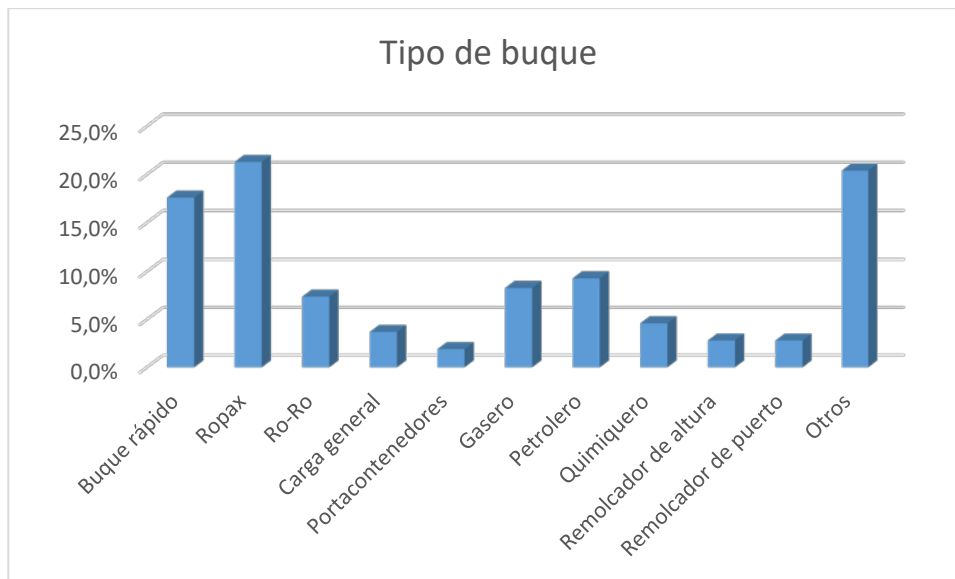


Figura 4.1.1.1. Porcentajes de las respuestas de “Tipo de Buque”.

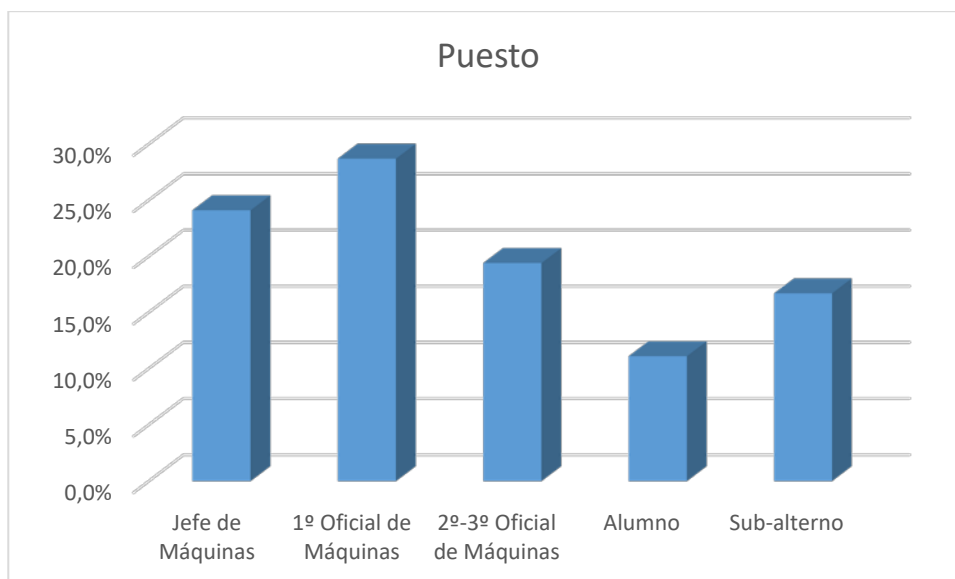


Figura 4.1.1.2. Porcentajes de las respuestas de “Puesto a bordo”.

Por otra parte, en la Figura 4.1.1.3 se muestra la experiencia acumulada en el puesto indicado anteriormente, el 28,7% lleva entre 2 y 5 años desempeñando el mismo cargo, mientras que el 26,9% lleva más de 10 años.



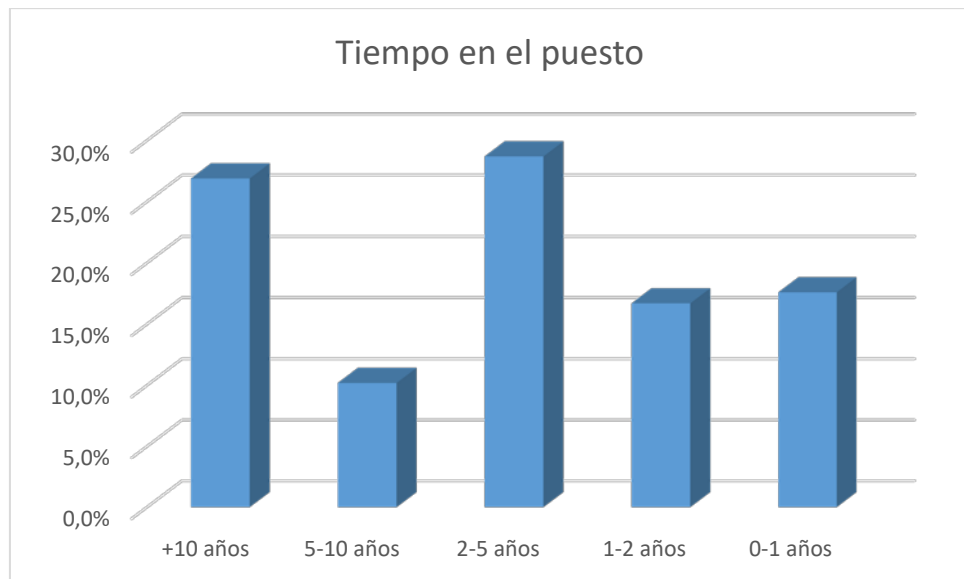


Figura 4.1.1.3. Porcentajes de las respuestas de “Tiempo en el puesto”.

Cabe destacar que la mayoría de los encuestados tienen estudios académicos superiores, en concreto, el 47,2% de los encuestados, tal y como puede verse en la Figura 4.1.1.4, dichos estudios conducen al título profesional de Jefe de Máquinas.

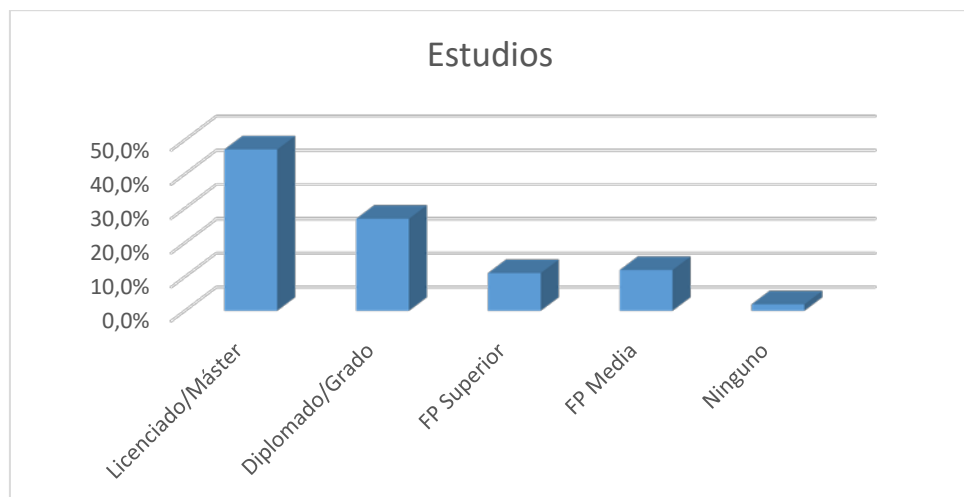


Figura 4.1.1.4. Porcentajes de las respuestas de “Estudios”.

La edad de los encuestados, Figura 4.1.1.5, oscila principalmente entre los 25 y 45 años, el 37% poseen una edad comprendida entre los 35 y 45 años, mientras que el 36,1% poseen una edad comprendida entre los 25 y 35 años.

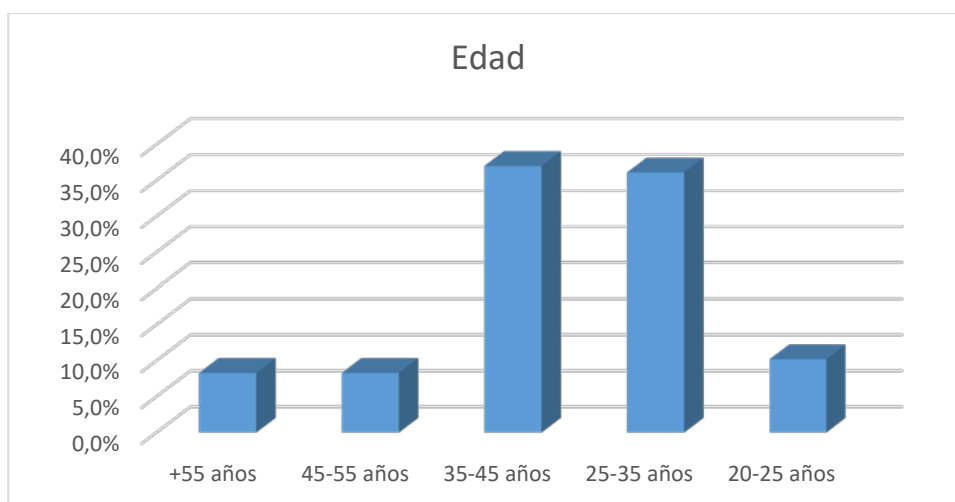


Figura 4.1.1.5. Porcentajes de las respuestas de “Edad”.

Los turnos más habituales dentro de la población encuestada han sido otros turnos diferentes a los propuestos dentro de la encuesta con un 41,7%, seguido de la respuesta máquina desatendida con un 33,3%. Las opciones de los turnos propuestos para su respuesta están presentes en la Figura 4.1.1.6.

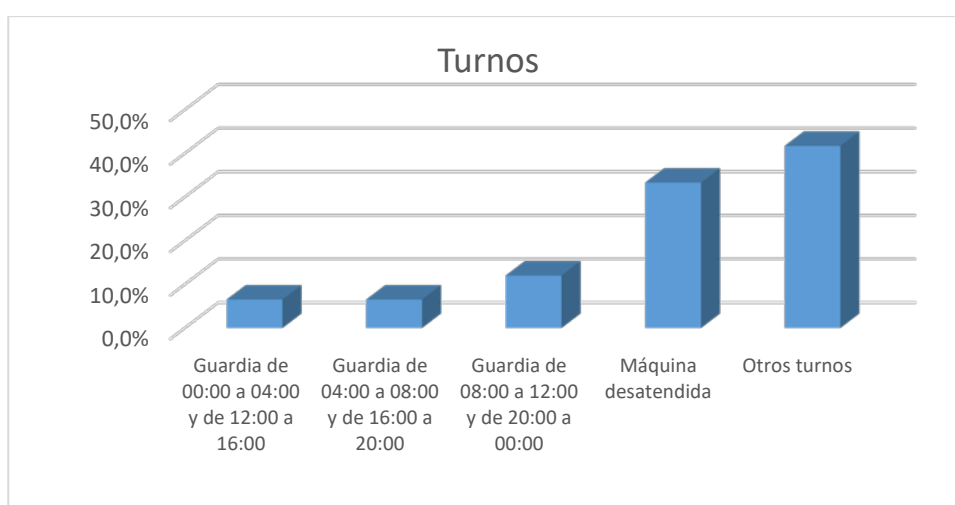


Figura 4.1.1.6. Porcentajes de las respuestas de “Turnos de trabajo”.

El rápido desarrollo tecnológico y la reducción de oficiales en el departamento de máquinas de los buques, han contribuido a una mayor carga de trabajo (Oldenburg et al., 2010), además de verse alteradas las tareas a realizar (Lundh & Rydstedt, 2016).

Por otra parte, el nivel de automatización de la máquina en donde desempeñan su trabajo, Figura 4.1.1.7, se puede considerar medio o medio alto, dado que, en una escala del 1 al 5, el 31,5% le ha dado una nota de 3 y el 30,6%

ha contestado con un valor de 4. Si recordamos que, en una escala de 1 a 5, el valor 5 indica estar totalmente de acuerdo con lo preguntado, podemos indicar que el 30,6 % está bastante de acuerdo.

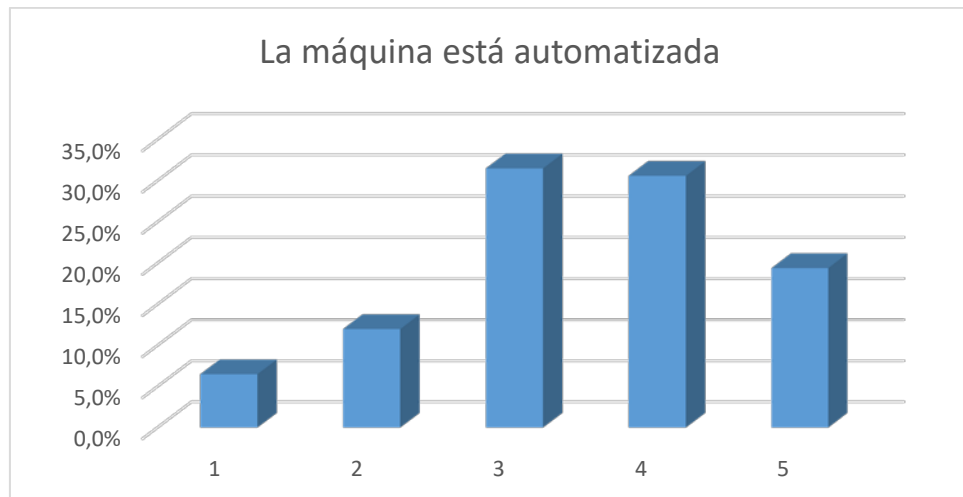


Figura 4.1.1.7. Porcentajes de las respuestas de “La máquina está automatizada”.

Se puede observar en la Figura 4.1.1.8 el tipo de navegación que realizan. Analizando en detalle estas respuestas se ha puesto de manifiesto que el 56,5% del personal entrevistado navega en buques que realizan viajes cerca de la costa, “navegación costera” y el 42,6% navega en buques que se alejan de la costa, “navegación oceánica”.

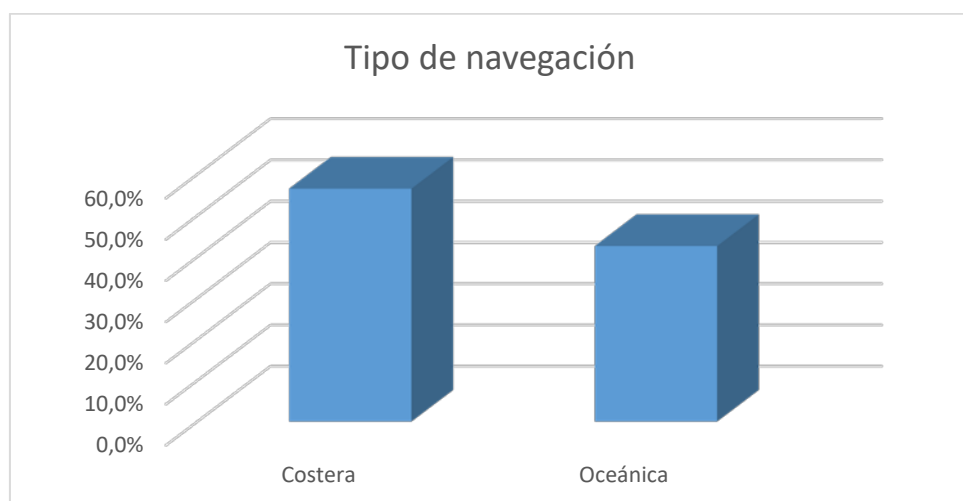


Figura 4.1.1.8. Porcentajes de las respuestas de “Tipo de navegación”.

Por último, dentro de este apartado, se ha querido conocer el grado de motivación de los encuestados, ante la pregunta: “Te sientes motivado en tu trabajo” el personal de máquinas ha declarado sentirse motivado, dado que, el 74,9% de los encuestados han respondido sentir entre un nivel medio de motivación y un nivel muy alto (valores de las respuestas entre 3 y 5), tal y como se puede apreciar en la Figura 4.1.1.9.



Figura 4.1.1.9. Porcentajes de las respuestas a “Te sientes motivado en tu trabajo”.

## **BLOQUE 2. Demandas del puesto de trabajo**

El objetivo de esta sección es definir, dentro de las demandas del puesto de trabajo, las que podrían ser utilizadas como factores que explican la fatiga relacionada con el trabajo, tales como: la carga física, la carga mental, la motivación, las exigencias del trabajo, la tripulación insuficiente, etc. Tal como se había dicho anteriormente, al hablar de las posibles causas de la fatiga.

En la primera figura de este bloque, Figura 4.1.1.10, puede verse como el mayor porcentaje de respuestas relacionadas con la primera pregunta, “Mi puesto requiere esfuerzo físico” ha sido 3, que corresponde con un 33,3% de los encuestados. Esto indica que su puesto de trabajo requiere de un esfuerzo físico medio, mientras que, la segunda respuesta dada, en términos de porcentajes, concretamente el 31,5%, deja ver que los encuestados consideran que su puesto requiere un nivel de esfuerzo elevado.

En cuanto a la segunda pregunta, “Mi puesto requiere esfuerzo mental”, la respuesta mayoritaria, con un 58,3% ha sido un 5, lo que significa que están totalmente de acuerdo con esta afirmación y, por tanto, aseguran requerir de un elevado esfuerzo mental para desarrollar su función a bordo.

En la Figura 4.1.1.11 se pueden ver los porcentajes correspondientes a las preguntas: “Te sientes fatigado al inicio de tu jornada” y “Te sientes fatigado al final de tu jornada”. La respuesta mayoritaria en el primer caso, con un 36,1% de los resultados, corresponde a una fatiga media, con un valor de 3 sobre 5. El 10,2% de los encuestados consideraron sentirse muy fatigados al inicio de la jornada, comparado este dato con el porcentaje más alto registrado en la segunda pregunta, donde el 48,1% de los encuestados aseguraron encontrarse muy fatigados al final de su jornada indica una recuperación durante las horas de descanso.

En la Figura 4.1.1.12 donde se representan la temperatura y el ruido en los camarotes, y el ambiente en la sala y control de máquinas. Considerando el confort en los camarotes como un factor dependiente del ruido y de la temperatura y excluyendo otros posibles factores que pudieran ser debidos a su ubicación, espacio, etc. Según representa esta figura, la insatisfacción del camarote procede del nivel de ruido que alcanza, y no tanto de la temperatura, o percibiendo la temperatura como adecuada. Esto estaría relacionado con la fatiga debida a las condiciones ambientales que se tratará más adelante.

En esta misma Figura 4.1.1.12, como cabría esperar, el 76% de los encuestados valora entre confortable y muy confortable el control de la sala de máquinas. Por el contrario, como también era predecible, el 83,4% de los encuestados valoran negativamente el nivel de confort en la sala de máquinas.

En la Figura 4.1.1.13, las respuestas dadas a las preguntas: “Dispongo de tiempo suficiente para realizar trabajos” y “Puedo realizar descansos en medio de los trabajos” la mayoría de los encuestados están bastante de acuerdo con esta afirmación, a la vez que ponen de manifiesto que es posible realizar estos trabajos.

La figura también evidencia una elevada colaboración entre el personal del departamento de máquinas. Atendiendo a la respuesta dada por los encuestados del CIOSL parece que aunque el número de tripulantes resulta insuficiente, hay un compromiso de ayuda entre ellos.

En la Figura 4.1.1.14 los resultados parecen mostrar que los trabajadores perciben su trabajo como de elevada complejidad, debido a la necesidad que conlleva retener mucha información y verse presionados por el tiempo disponible para realizarlo, esta puede ser una causa clara de fatiga al final de la jornada debido al estrés. Anteriormente manifestaban estar bastante de acuerdo con disponer de tiempo para realizar los trabajos, pero dejan en evidencia que es necesario realizarlo en ese tiempo marcado, de ahí la percepción de presión por el tiempo.

En la Figura 4.1.1.15 se extrae que el 69,4% de los encuestados consideran que su compañía respeta su período de embarque/vacaciones.

Debido a la diversidad de los encuestados, dependiendo de si su tipo de navegación es oceánica o costera y el tiempo de estancia en puerto, pueden presentar mayor facilidad para bajar del barco en su jornada de descanso.

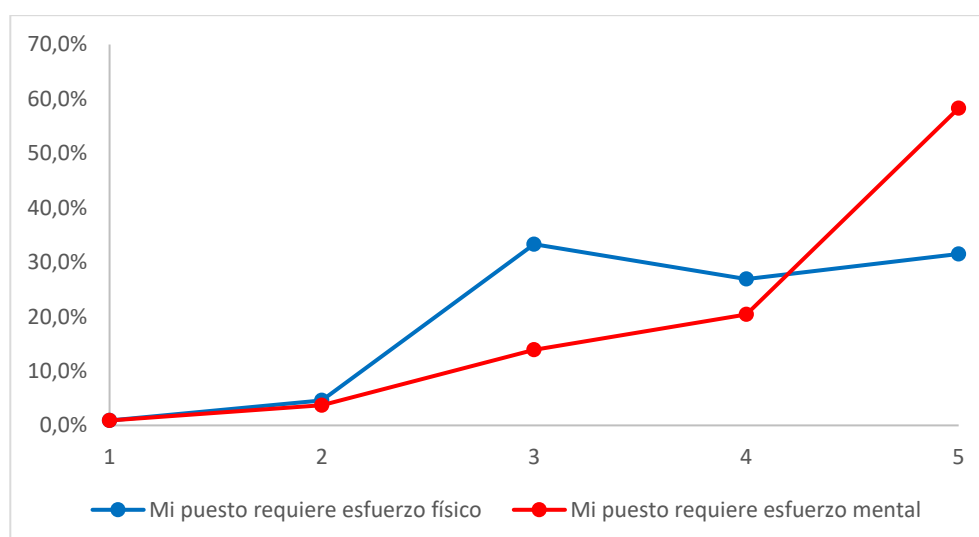


Figura 4.1.1.10. Respuestas a “Mi puesto requiere esfuerzo físico” y “Mi puesto requiere esfuerzo mental”.

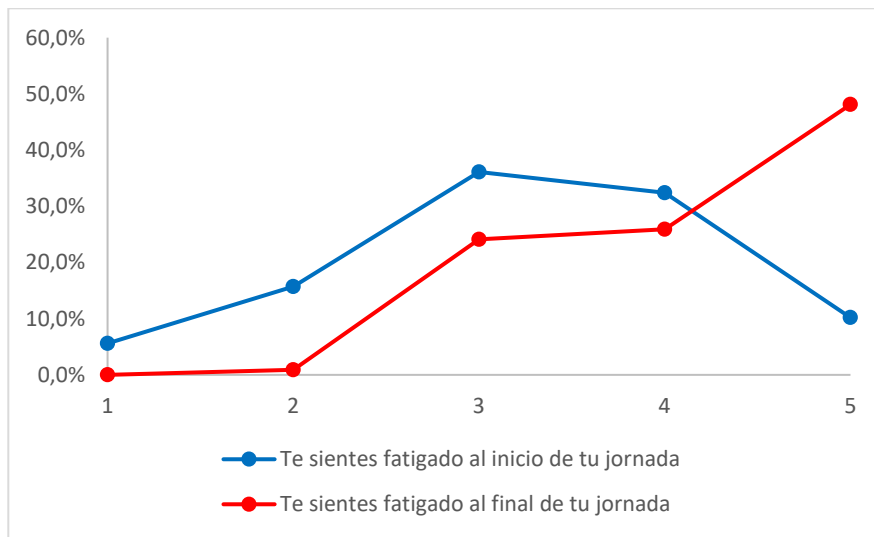


Figura 4.1.1.11. Respuestas a “Te sientes fatigado al inicio de tu jornada” y “Te sientes fatigado al final de tu jornada”.

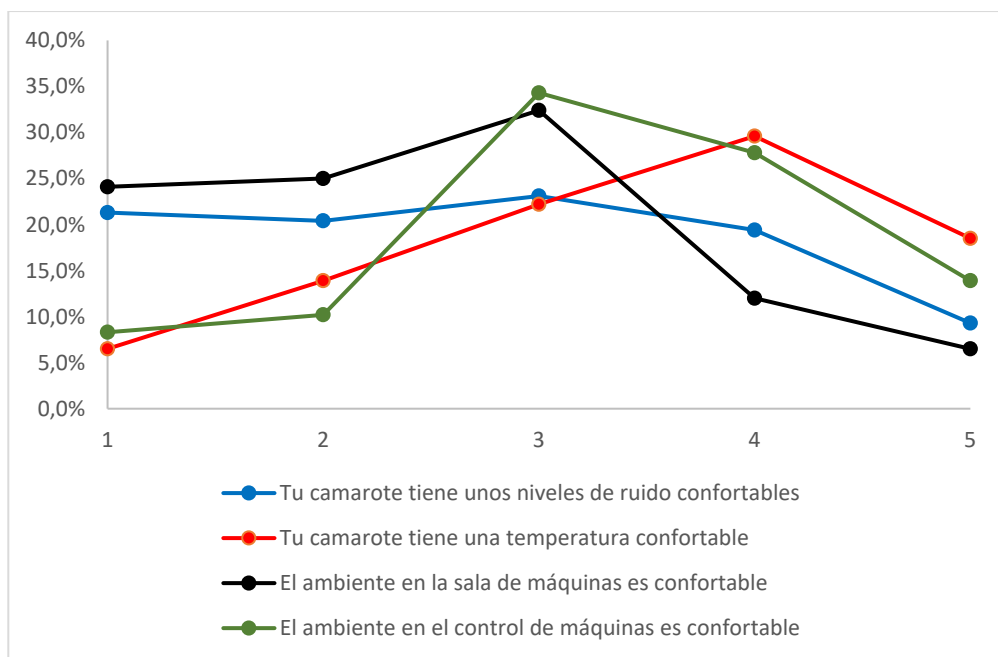


Figura 4.1.1.12. Respuestas a “Tu camarote tiene unos niveles de ruido confortables”, “Tu camarote tiene una temperatura confortable”, “El ambiente en la sala de máquinas es confortable” y “El ambiente en el control de máquinas es confortable”.

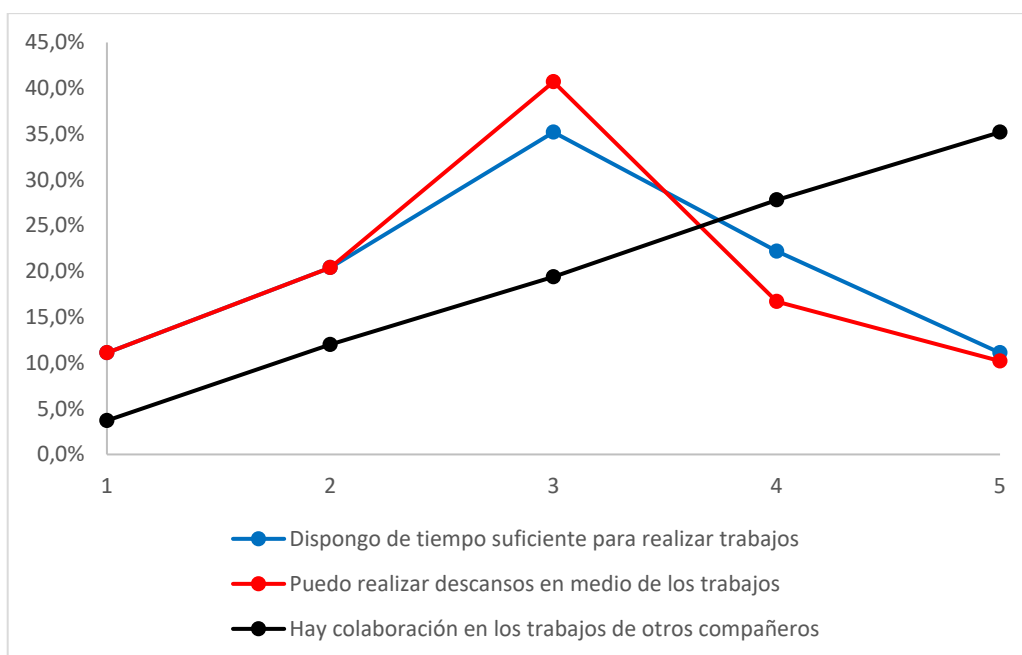


Figura 4.1.1.13. Respuestas a “Dispongo de tiempo suficiente para realizar trabajos”, “Puedo realizar descansos en medio de los trabajos” y “Hay colaboración en los trabajos de otros compañeros”.

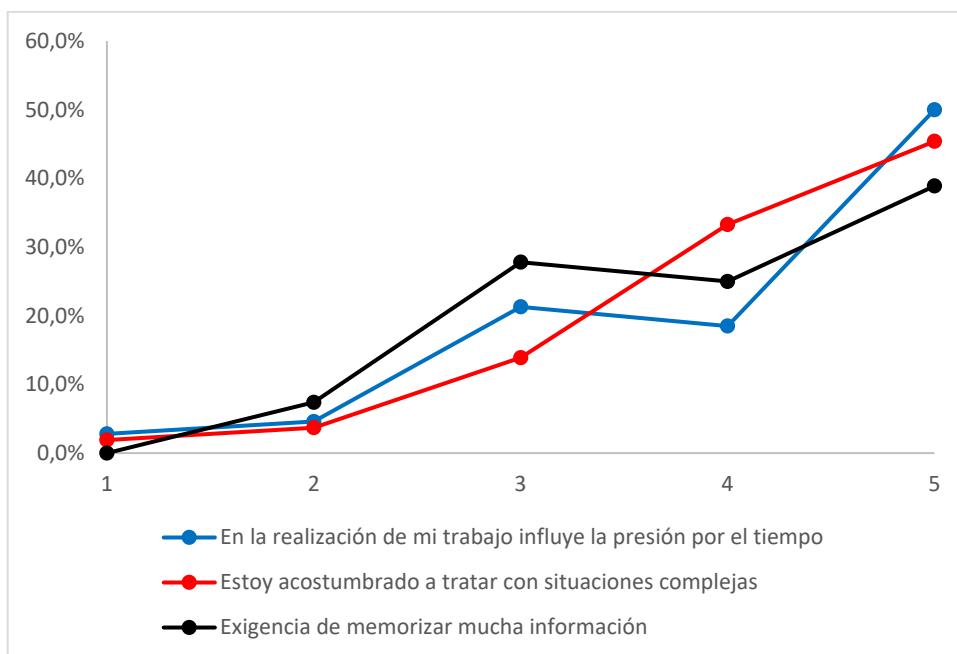


Figura 4.1.1.14. Respuestas a “En la realización de mi trabajo influye la presión por el tiempo”, “Estoy acostumbrado a tratar con situaciones complejas” y “Exigencia de memorizar mucha información”.



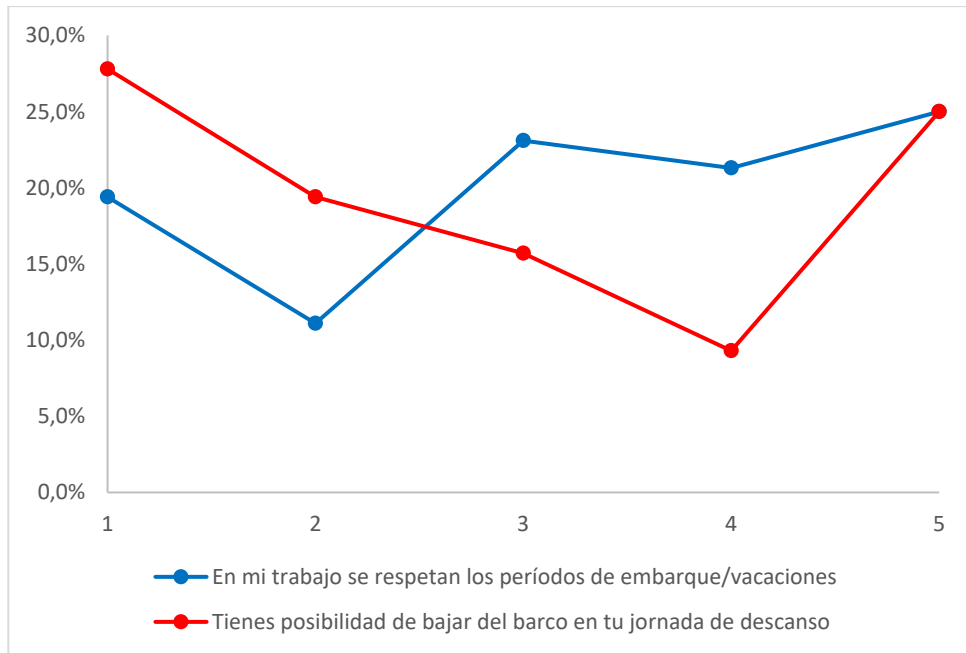


Figura 4.1.1.15. Respuestas a “En mi trabajo respetan los períodos de embarcaciones/vacaciones”, “Tienes posibilidad de bajar del barco en tu jornada de descanso”.

### BLOQUE 3. Agrupación de estudio de variables

Este bloque muestra los resultados obtenidos de agrupar y categorizar las distintas variables de la encuesta con el fin de disponer de un menor número de variables que den mejor respuesta a las posibles causas de fatiga a bordo. En primer lugar, se agrupan los resultados obtenidos en el bloque 2. Cada gráfica mostrada en este bloque representa las variables que se han tenido en cuenta en cada una de las agrupaciones y, a continuación, se realiza una categorización de cada agrupación. Los límites de estas categorizaciones están representados en cada figura mediante líneas verticales rojas.

La Figura 4.1.1.16 muestra la variable agrupada "Esfuerzo" que resulta de la suma de las respuestas "*Mi puesto requiere esfuerzo físico*" + "*Mi puesto requiere esfuerzo mental*". En esta figura las líneas rojas, muestran los límites de cada una de las categorías de la variable agrupada, los límites establecidos para esta categorización son los siguientes:

"Bajo esfuerzo" $\leq 7$	28,7%
$7 < \text{"Medio esfuerzo"} \leq 9$	39,8%
"Alto esfuerzo" $>9$	25,9%

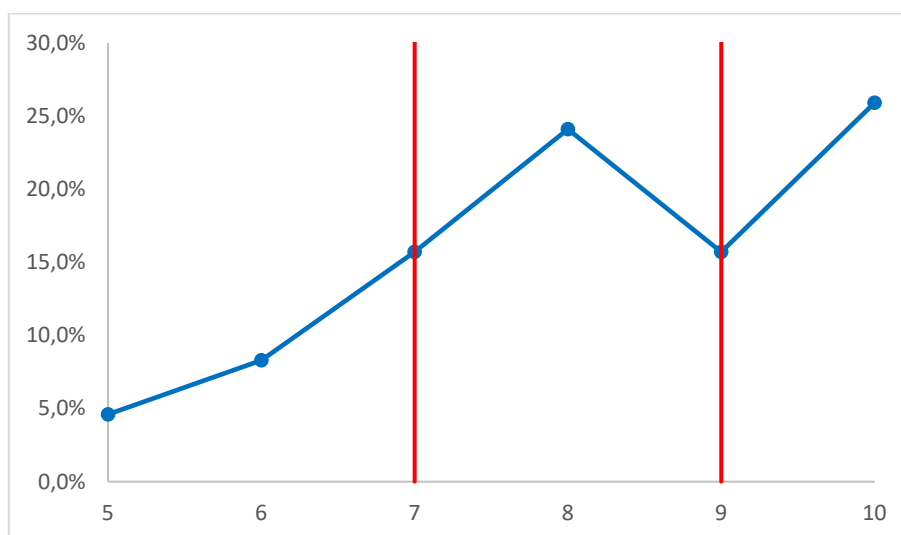


Figura 4.1.1.16. Resultados de "Esfuerzo físico y mental".

Siguiendo el mismo procedimiento que en el caso anterior, se muestra la variable agrupada "Fatiga en el puesto de trabajo", que es la suma de las respuestas "Fatiga al inicio de tu jornada" + "Fatiga al final de tu jornada".

Las líneas verticales de la Figura 4.1.1.17, muestran la categorización de esta variable de la siguiente forma:

“Mucha Fatiga” $\leq -3$	8,3%
$-3 < \text{“Fatiga”} \leq -1$	54,6%
$-1 < \text{“No Fatiga”} \leq 0$	29,6%
“Descanso” $> 0$	6,5%

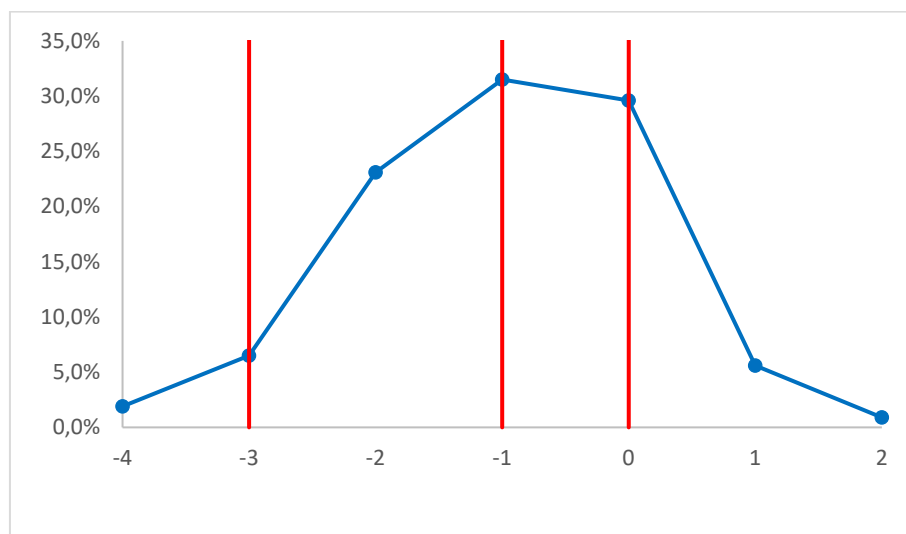


Figura 4.1.1.17. Resultados de “Fatiga en el puesto de trabajo”.

A continuación, se muestra la variable agrupada que denominaremos “Camarote”, Figura 4.1.1.18. Esta variable es la suma de las respuestas “Camarote niveles ruido confort” + “Camarote nivel temperatura confort”. Las líneas rojas de esta misma figura muestran la categorización de esta variable agrupada de la siguiente forma:

“Poco confortable” $\leq 5$	32,4%
$5 < \text{“Confortable”} \leq 8$	46,3%
“Muy confortable” $> 8$	11,1%

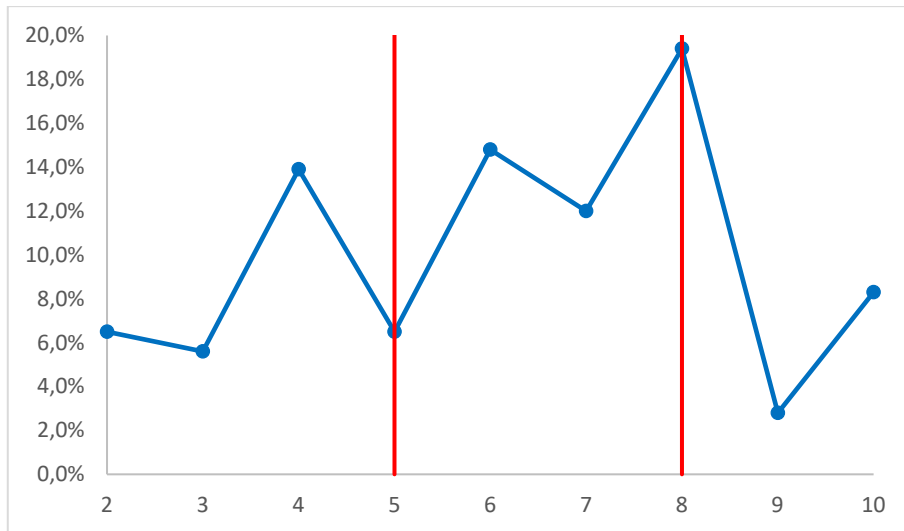


Figura 4.1.1.18. Resultados de “Nivel de confort en el camarote”.

La línea azul de la Figura 4.1.1.19 muestra la variable agrupada “Confort en alojamientos del personal de máquinas”. Esta variable es la suma de las respuestas "*Camarote ruido*" + "*Camarote temperatura*" + "*Ambiente sala de máquinas confortable*" + "*Ambiente sala de control confortable*". La categorización de esta variable quedaría de la siguiente forma:

“Poco confortable” $\leq 9$	36,1%
$9 < \text{“Confortable”} \leq 15$	35,2%
“Muy confortable” $> 15$	16,7%

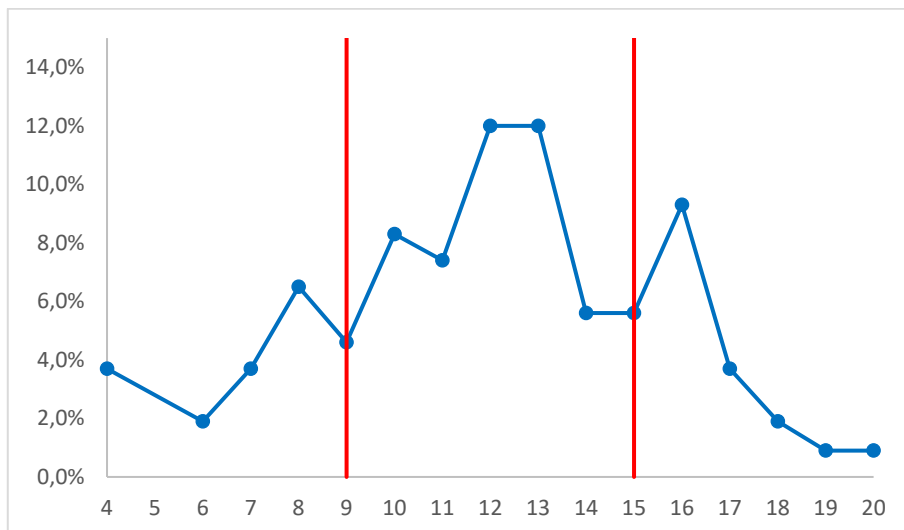


Figura 4.1.1.19. Resultados de “Confort en alojamientos del personal de máquinas”.

La variable agrupada “Confort Sala y Control de Máquinas”, Figura 4.1.1.20, es la suma de las respuestas “Ambiente sala de máquinas confort” + “Ambiente sala de control confort”. Los límites establecidos a continuación muestran la categorización de esta variable:

“Poco confortable” $\leq 5$	40,7%
$5 < \text{“Confortable”} \leq 7$	34,3%
“Muy confortable” $> 7$	19,4%

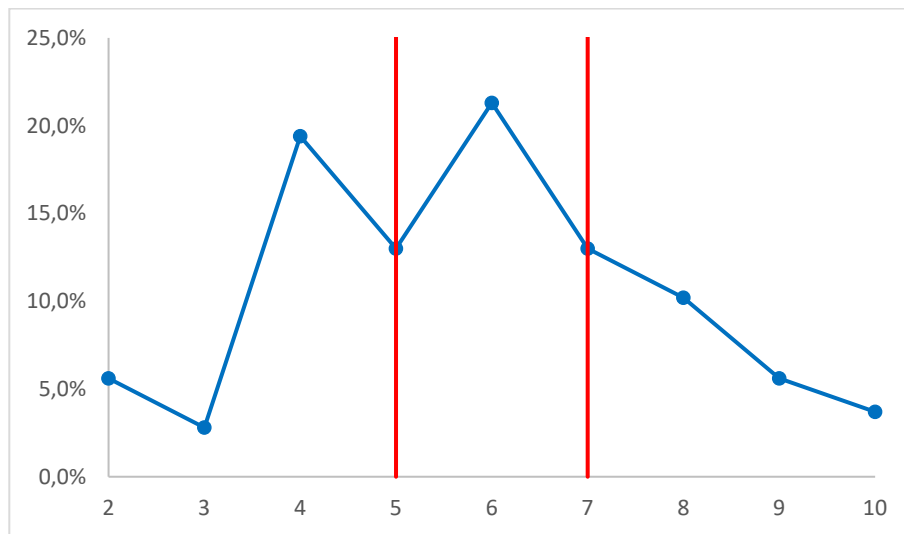


Figura 4.1.1.20. Resultados de “Confort Sala y Control de Máquinas”.

La variable agrupada “Calidad del trabajo a bordo”, es la suma de las respuestas “Tiempo suficiente para realizar trabajos” + “Descansos entre trabajos” + “Colaboración trabajos con otros compañeros”. A partir de esta agrupación, se crea la siguiente categorización mostrada en la Figura 4.1.1.21.

“Poca calidad” $\leq 8$	25,0%
$8 < \text{“Calidad”} \leq 12$	57,3%
“Mucha calidad” $> 12$	18,5%

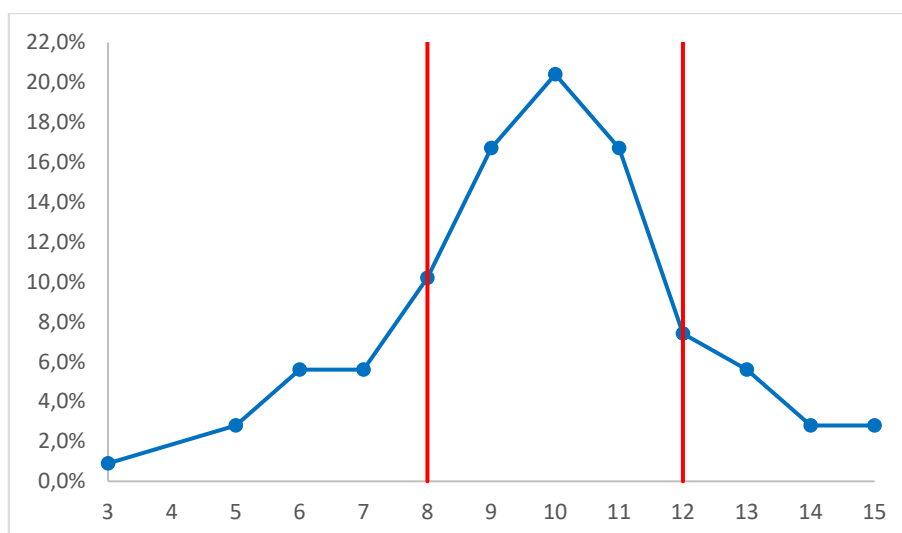


Figura 4.1.1.21. Resultados de “Calidad del trabajo a bordo”.

Por último, se crea la variable agrupada “Complejidad del trabajo a bordo” que se puede observar en la Figura 4.1.1.22. Esta agrupación es el resultado de la suma de las respuestas “*Realización trabajos influye la presión por el tiempo*” + “*Acostumbrado a tratar situaciones complejas*” + “*Exigencia de memorizar mucha información*”. Por otro lado, la categorización de esta variable queda como sigue:

“Poco complejo” $\leq 9$	11,1%
$9 < \text{“Complejo”} \leq 12$	35,2%
“Muy complejo” $> 12$	49,1%

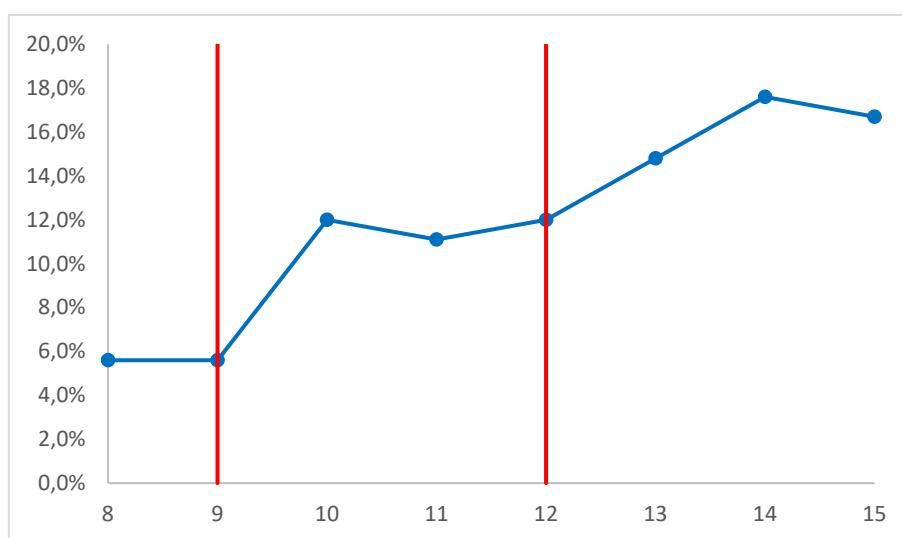


Figura 4.1.1.22. Resultados de “Complejidad del trabajo a bordo”.

#### **4.1.2. Discusión de resultados sobre las causas de fatiga debida a las condiciones de trabajo**

A continuación, en la Tabla 4.1.2.1, se pueden ver los resultados medios de la encuesta realizada para los trabajadores dentro del Departamento de Máquinas.

Como causa de la fatiga, en las directrices que establece la OMI (IMO, 2001), aparece el estrés asociado a los puestos a bordo. Las respuestas obtenidas a través de las encuestas realizadas reflejan un nivel de complejidad alto del trabajo en el departamento de máquinas.

Por otra parte, en nivel de esfuerzo necesario para la realización del trabajo también es alto, debido a que se requiere tanto un esfuerzo físico como un esfuerzo mental muy elevado.

También es interesante comentar que se dispone, para la realización de los trabajos, de tiempo suficiente y que existe una gran presión para que los trabajos estén realizados en el tiempo fijado. Por todo lo comentado, los trabajadores muestran unos niveles de fatiga relativamente altos como se puede ver en la Tabla 4.1.2.1, pudiendo pensar en este caso, que el nivel de fatiga está asociado al estrés producido por estas condiciones de trabajo. Si bien cabe destacar que los encuestados consideran que el trabajo que desempeñan tiene una calidad media o aceptable, pudiendo ser debido a que existe una gran colaboración entre los compañeros y que pueden realizar algún descanso entre trabajos.

	Respuesta
Tiempo en el puesto	2-5 años
Edad	35-45 años
Turnos	Máq. Desatendida
Mi puesto requiere esfuerzo físico	4
Dispongo de tiempo suficiente para realizar trabajos	3
En la realización de mi trabajo influye la presión por el tiempo	5
Puedo realizar descansos en medio de los trabajos	3
Estoy acostumbrado a tratar con situaciones complejas	4
Hay colaboración en los trabajos de otros compañeros	4
Mi puesto requiere esfuerzo mental	5
Exigencia de memorizar mucha información	4
En mi trabajo se respetan los períodos de embarque/vacaciones	3
La máquina está automatizada	4
Te sientes fatigado al final de tu jornada	4
Te sientes fatigado al inicio de tu jornada	3
Te sientes descansado cuando inicias tu jornada	3
Tu camarote tiene unos niveles de ruido confortables	3
Tu camarote tiene una temperatura confortable	4
Tienes posibilidad de bajar del barco en tu jornada de descanso	3
El ambiente en la sala de máquinas es confortable	3
El ambiente en el control de máquinas es confortable	3
Te sientes motivado en tu trabajo	4
Agrupada "Esfuerzo" físico & mental	8
Transformada "Esfuerzo" físico & mental	Mucho Esfuerzo
Agrupada "Fatiga en el puesto de trabajo"	-1
Transformada "Fatiga en el puesto de trabajo"	Fatiga
Agrupada "Camarote"	6
Transformada "Camarote"	Confortable
Agrupada "Confort en alojamientos del personal de máquinas"	12
Transformada "Confort en alojamientos del personal de máquinas"	Confortable
Agrupada "Confort Sala y Control de Máquinas"	6
Transformada "Confort Sala y Control de Máquinas"	Confortable
Agrupada "Calidad del trabajo a bordo"	10
Transformada "Calidad del trabajo a bordo"	Aceptable
Agrupada "Complejidad del trabajo a bordo"	13
Transformada "Complejidad del trabajo a bordo"	Muy Compl.

Tabla 4.1.2.1. Resultados medios de la encuesta.



### **Análisis según tipo de navegación**

Tal y como se ha indicado anteriormente, durante el 68<sup>o</sup> período de sesiones del MSC, la CIOSL presentó los resultados de una encuesta sobre las horas de trabajo, realizada por los miembros del sindicato NUMAST, esto resultó interesante para la revisión de la resolución A.481(XII). Una de las conclusiones a las que se llegó mediante esta encuesta ha sido que la navegación costera presentaba mayor fatiga que la oceánica al tener mayores escalas en puerto. Sin embargo, tras la consulta realizada, 61 tripulantes en navegación costera y 46 en navegación oceánica, ver Tabla 4.1.2.2, la fatiga en el puesto, entendiendo ésta como el sumatorio de la fatiga al inicio de la jornada, más la fatiga al final de la jornada, indica que no existe diferencia apreciable entre los dos tipos de navegación, aunque sí cabe destacar, que en ambos casos los encuestados manifiestan sentir fatiga.

En relación con la fatiga, dependiendo del tipo de buque, llama la atención que, ante la pregunta “Tienes posibilidad de bajar del barco en tu jornada de descanso”, mientras que en la navegación costera la mediana ha dado un valor de 4, es decir, están de acuerdo con esta afirmación, en la navegación oceánica el valor de la mediana ha sido de 2, es decir, están bastante en desacuerdo. Sin embargo, a pesar de lo que se pueda creer en un principio, el hecho de poder bajar del barco durante la jornada de descanso no implica que se sientan más descansados una vez que inician su jornada laboral. La motivación en el trabajo es superior en oceánica (4) que en costera (3).

En la Tabla 4.1.2.2 puede verse también que, en cuanto a la máquina, está más automatizada en navegación oceánica que en costera. Tanto el hecho de que la máquina esté más automatizada en buques de navegación oceánica que en buques de navegación costera, como el hecho de que se encuentren más motivados los tripulantes de este tipo de buques frente a los que realizan travesías más corta al tratarse de buques más confortables, viene justificado por tratarse de buques más modernos. Según la Sociedad de Pequeños y Medianos Astilleros de Reconversión (PYMAR), en su informe de actividad del sector de construcción naval de 2014 (PYMAR, 2014) la mejoría en la contratación mundial de buques solo se pudo apreciar en dos grupos, buques de pasaje y buques gaseros. Sin embargo, este aumento tiene poco peso sobre la contratación de arqueo bruto. El mayor porcentaje de buques entregados durante este período correspondiente al 31,2% es de buques graneleros, seguido de buques portacontenedores con el 20,5% y de los buques tanque con 14,5% en cualquiera de estos casos el tipo de navegación que realizan suelen ser travesías largas.

Mientras tanto, en los buques de navegación costera, esta motivación viene correlacionada con el respeto por sus períodos de embarque y vacaciones y a poder bajar del barco durante su período de descanso.

	<b>Costera</b>	<b>Oceánica</b>
Tiempo en el puesto	2-5 años	2-5 años
Edad	35-45 años	35-45 años
Turnos	Otros turnos	Máq. desatendida
Mi puesto requiere esfuerzo físico	4	4
Dispongo de tiempo suficiente para realizar trabajos	3	3
En la realización de mi trabajo influye la presión por el tiempo	5	5
Puedo realizar descansos en medio de los trabajos	3	3
Estoy acostumbrado a tratar con situaciones complejas	4	4
Hay colaboración en los trabajos de otros compañeros	4	4
Mi puesto requiere esfuerzo mental	5	5
Exigencia de memorizar mucha información	4	4
En mi trabajo se respetan los períodos de embarque/vacaciones	4	3
La máquina está automatizada	3	4
Te sientes fatigado al final de tu jornada	4	5
Te sientes fatigado al inicio de tu jornada	3	3
Te sientes descansado cuando inicias tu jornada	3	3
Tu camarote tiene unos niveles de ruido confortables	3	3
Tu camarote tiene una temperatura confortable	4	4
Tienes posibilidad de bajar del barco en tu jornada de descanso	4	2
El ambiente en la sala de máquinas es confortable	3	2
El ambiente en el control de máquinas es confortable	3	3
Te sientes motivado en tu trabajo	3	4
Agrupada "Esfuerzo" físico & mental	8	8
Transformada "Esfuerzo" físico & mental	Mucho Esfuerzo	Mucho Esfuerzo
Agrupada "Fatiga en el puesto de trabajo"	-1	-1
Transformada "Fatiga en el puesto de trabajo"	Fatiga	Fatiga
Agrupada "Camarote"	6	7
Transformada "Camarote"	Confortable	Confortable
Agrupada "Confort en alojamientos del personal de máquinas"	12	12
Transformada "Confort en alojamientos del personal de máquinas"	Confortable	Confortable
Agrupada "Confort Sala y Control de Máquinas"	6	6
Transformada "Confort Sala y Control de Máquinas"	Confortable	Confortable
Agrupada "Calidad del trabajo a bordo"	10	10
Transformada "Calidad del trabajo a bordo"	Aceptable	Aceptable
Agrupada "Complejidad del trabajo a bordo"	13	13
Transformada "Complejidad del trabajo a bordo"	Muy Compl.	Muy Compl.

Tabla 4.1.2.2. Resultados medios por tipo de navegación.

**Análisis según tipo de navegación, oceánica y costera, y puesto a bordo**

Analizando un poco más en detalle las diferencias encontradas entre los dos tipos de navegación, oceánica y costera, se continua con la discusión de los resultados de la encuesta y los puestos a bordo. Estos resultados se pueden observar en las Tablas 4.1.2.3.(a) y 4.1.2.3.(b).

	Costera - Jefes	Oceánica - Jefes	Costera - 1º Oficial	Oceánica - 1º Oficial	Costera - 2º/3º Oficial	Oceánica - 2º/3º Oficial	Costera - Subalternos	Oceánica - Subalternos
Tiempo en el puesto (años)	2-5	+ 10	2-5	2-5	1-2	2-5	5-10	5-10
Edad (años)	35-45	35-45	35-45	35-45	25-35	25-35	35-45	35-45
Turnos	Otros turnos	Otros turnos	Otros turnos	Máq. Desatendida	04:00-08:00 y 16:00-20:00	Máq. Desatendida	Otros turnos	Otros turnos
Mi puesto requiere esfuerzo físico	3	4	4	4	5	4	5	4
Dispongo de tiempo suficiente para realizar trabajos	3	2	3	3	3	4	3	4
En la realización de mi trabajo influye la presión por el tiempo	5	5	5	3	5	4	3	5
Puedo realizar descansos en medio de los trabajos	3	3	3	3	3	3	3	3
Estoy acostumbrado a tratar con situaciones complejas	4	5	5	4	4	5	4	5
Hay colaboración en los trabajos de otros compañeros	5	4	4	4	4	4	4	5
Mi puesto requiere esfuerzo mental	5	5	5	5	5	4	5	4
Exigencia de memorizar mucha información	4	5	4	4	5	4	4	5
En mi trabajo se respetan los periodos de embarque/vacaciones	5	3	3	4	4	3	2	3
La máquina está automatizada	4	3	4	4	3	4	3	3
Te sientes fatigado al final de tu jornada	5	4	4	5	5	4	4	4
Te sientes fatigado al inicio de tu jornada	3	4	3	4	4	3	3	4
Te sientes descansado cuando inicias tu jornada	3	3	3	3	2	3	4	3
Tu camarote tiene unos niveles de ruido confortables	2	3	2	4	3	4	3	2
Tu camarote tiene una temperatura confortable	3	4	3	4	4	4	4	3

Tabla 4.1.2.3.(a) Resultados por tipo de navegación y puesto a bordo.

Tienes posibilidad de bajar del barco en tu jornada de descanso	Costera - Jefes	5	Oceánica - Jefes	1	Costera - 1º Oficial	3	Oceánica - 1º Oficial	2	Costera - 2º/3º Oficial	2	Oceánica - 2º/3º Oficial	2	Costera - Subaltermos	4	Oceánica - Subaltermos	3
El ambiente en la sala de máquinas es confortable		3		3		3		2		3		2		3		3
El ambiente en el control de máquinas es confortable		4		3		3		4		4		3		4		3
Te sientes motivado en tu trabajo		4		5		3		4		3		4		3		3
Agrupada "Esfuerzo" físico & mental		8		9		8		8		9		8		9		8
Transformada "Esfuerzo" físico & mental	Mucho Esfuerzo		Mucho Esfuerzo		Mucho Esfuerzo		Mucho Esfuerzo		Mucho Esfuerzo		Mucho Esfuerzo		Mucho Esfuerzo		Mucho Esfuerzo	
Agrupada "Fatiga en el puesto de trabajo"		-2		0		-1		-1		-1		-1		-2		-1
Transformada "Fatiga en el puesto de trabajo"	Fatiga		No Fatiga		Fatiga		Fatiga		Fatiga		Fatiga		Fatiga		Fatiga	
Agrupada "Camarote"		6		7		6		7		7		7		7		4
Transformada "Camarote"	Confortable		Confortable		Confortable		Confortable		Confortable		Confortable		Confortable		Poco Confort.	
Agrupada "Confort en alojamientos del personal de máquinas"		13		12		11		12		13		13		13		12
Transformada "Confort en alojamientos del personal de máquinas"	Confortable		Confortable		Confortable		Confortable		Confortable		Confortable		Confortable		Confortable	
Agrupada "Confort Sala y Control de Máquinas"		6		6		6		6		6		6		7		6
Transformada "Confort Sala y Control de Máquinas"	Confortable		Confortable		Confortable		Confortable		Confortable		Confortable		Confortable		Confortable	
Agrupada "Calidad del trabajo a bordo"		10		9		10		10		10		10		10		12
Transformada "Calidad del trabajo a bordo"	Aceptable		Aceptable		Aceptable		Aceptable		Aceptable		Aceptable		Aceptable		Aceptable	
Agrupada "Complejidad del trabajo a bordo"		13		14		13		12		13		12		11		15
Transformada "Complejidad del trabajo a bordo"	Muy Compl.		Muy Compl.		Muy Compl.		Complejo		Muy Compl.		Complejo		Complejo		Muy Compl.	

Tabla 4.1.2.3.(b) Resultados por tipo de navegación y puesto a bordo.

### **Fatiga y motivación en el trabajo**

Los datos muestran que tanto los Jefes de Máquinas de oceánica como de costera llegan igual de descansados cuando inician su jornada. Sin embargo, los Jefes de Máquinas de costera terminan su jornada más fatigados. Esto puede ser debido al mayor número de maniobras que tiene que realizar el Jefe de un buque costero en comparación con un Jefe de navegación oceánica, lo que se traduce en una sensación de fatiga por parte de los Jefes de Máquinas de navegación costera y no en los de oceánica. Por otra parte, los Jefes de Máquinas de navegación oceánica se sienten más motivados, factor importante también a la hora de sentir fatiga.

Al igual que en el caso de los Jefes de Máquinas, los 1º Oficiales dicen llegar igual de descansados al puesto de trabajo. Sin embargo, terminan más fatigados los de oceánica que los de costera, a la inversa de lo que sucede con los Jefes de Máquinas. La sensación de fatiga debida al puesto es igual para ambos primeros. También dicen estar más motivados con su trabajo los 1º de oceánica que los de costera, y destaca que esta motivación cae un punto por debajo de la de los Jefes de Máquinas.

Los 2º-3º Oficiales de costera dicen estar poco descansados cuanto inician su jornada laboral, mientras que los de oceánica muestran unos niveles de descanso medio. Al final de la jornada laboral, los 2º-3º Oficiales de costera dicen estar muy fatigados y los de oceánica simplemente fatigados. Pero ambos muestran el mismo nivel de fatiga debida al puesto de trabajo. En este caso, también siguen estando más motivados con su trabajo los de oceánica que los de costera.

En términos generales, los oficiales de buques que realizan una navegación oceánica, dicen sentirse más motivados con su trabajo que los oficiales de buques que realizan navegación costera. Esto puede ser debido a que en navegación costera el viaje se hace más rutinario y monótono.

En cuanto a la fatiga en la jornada laboral de los subalternos, ambos terminan con la misma sensación de fatiga, pero no comienzan igual de descansados su jornada, encontrándose más descansados los de costera que los de oceánica. A pesar de esta diferencia en cuanto al descanso, en ambos tipos de navegación afrontan su trabajo con un nivel medio de motivación.

### **Confort en camarotes**

En cuando al confort de los camarotes reservados para los Jefes de Máquinas, cabe destacar que los camarotes de los Jefes de Máquinas de oceánica muestran mejores características tanto térmicas como acústicas que los de costera. También son más confortables los camarotes de los 1º Oficiales de navegación oceánica que los de costera. Ante la pregunta “Tu camarote tienen unos niveles de ruido confortables” la respuesta de los 1º de costera ha sido estar en desacuerdo, mientras que los 1º de oceánica estaban de acuerdo con esta afirmación. En cuanto a los camarotes de los 2º-3º Oficiales, no se aprecia tanta diferencia como en los dos casos anteriores, pero siguen teniendo un confort algo mayor los de oceánica que los de costera. Se ha comentado anteriormente que esto puede ser debido a que se trata de buques más modernos.

Al contrario de lo que veníamos observando en los camarotes de los Jefes y Oficiales de Máquinas, los camarotes de los subalternos son de peor calidad en los buques de navegación oceánica que en los buques de navegación costera. Los camarotes de oceánica tienen una insonorización deficiente y mantienen la temperatura a niveles de confort medio, mientras que los de costera tienen una temperatura confortable y unos niveles de ruido aceptablemente buenos.

### **Complejidad del trabajo**

Tanto los Jefes de Máquinas de oceánica como los de costera perciben que su trabajo es muy complejo. Analizando los distintos valores se aprecia que en ambos casos, se sienten presionados por el tiempo para la realización de sus trabajos. Sin embargo, los Jefes de Máquinas de oceánica están más acostumbrados a tratar con situaciones complejas y a memorizar mucha información, mientras que los Jefes de Máquinas de costera tienen un punto menos en estos dos aspectos. Esto puede ser debido a que un buque que navegue entre puertos siempre puede tener el apoyo de collas de trabajo para realizar mantenimientos si fuera necesario, mientras que los buques de oceánica, por lo general, carecen de este soporte.

Tanto los 1º Oficiales como los 2º-3º Oficiales de costera han manifestado que su trabajo es muy complejo, mientras que los de oceánica consideran su trabajo complejo. En ambos casos, 1º y 2º-3º Oficiales, influye mucho más la presión por el tiempo en la realización del trabajo en los buques de navegación costera que en los de navegación oceánica, siendo esta diferencia mucho mayor en los 1º Oficiales que en los 2º-3º Oficiales. Analizando las preguntas de “exigencia de memorizar mucha información” y “estoy acostumbrado a tratar con situaciones complejas”, los 2º-3º Oficiales de costera consideran que la



exigencia de memorizar mucha información es ligeramente mayor que la de los 2º-3º Oficiales de oceánica. Por el contrario, los 2º-3º Oficiales de oceánica dicen estar más acostumbrados a tratar situaciones complejas que los de costera. Para los 1º Oficiales la exigencia de memorizar es igual en ambos tipos de navegación, y en cuanto a tratar situaciones complejas, al contrario que en el caso anterior, dicen estar más acostumbrados los de costera que los de oceánica.

Es llamativa la percepción de la complejidad que tienen sobre su trabajo los subalternos de oceánica, consideran su trabajo muy complejo, estando completamente de acuerdo con las afirmaciones de “En la realización de mi trabajo influye la presión por el tiempo”, “Estoy acostumbrado a tratar con situaciones complejas” y “Exigencia de memorizar mucha información”. Por otro lado, los subalternos de costera consideran su trabajo complejo, sin llegar a los niveles anteriores. Esta percepción de la complejidad, en ocasiones puede estar relacionado, no tanto con la dificultad del propio trabajo, si no con la preparación para llevarlo a cabo.

Cabe recordar que en las directrices para reconocer la fatiga elaboradas por la OMI, la forma para reconocer el efecto en un subalterno difiere de la forma para reconocerla en un oficial, estableciendo el estrés del oficial como causa de la aparición de la fatiga, estrés que se ha venido asociando a la complejidad del trabajo.

## 4.2. Condiciones de fatiga debida a las condiciones ambientales

En este apartado se han escogido tres buques tipo Ferry para el análisis de las condiciones de fatiga debida a las condiciones ambientales, tanto acústica como térmica.

### 4.2.1 Resultados y Discusión: Fatiga acústica

Se han escogido dos tipos de buque de navegación costera con el fin de poder identificar las zonas donde se alcanzan los mayores niveles de ruido, tal y como se muestra en la siguientes secciones.

#### 4.2.1.1. Caso práctico Buque Ferry Catamarán

Para el primer caso práctico, se han muestreado los niveles de decibelios en las zonas indicadas por la Tabla 4.2.1.1 de acuerdo con la metodología anteriormente indicada. Cabe destacar que se ha prescindido de algunos compartimentos estancos (void spaces) por no haber ningún equipo dentro de ellos, indicando el valor máximo permitido por el Código de ruido A.468(XII) y el nuevo Código de ruido MSC.337(91) para un buque inferior a 10000 GT que es el caso de estudio.

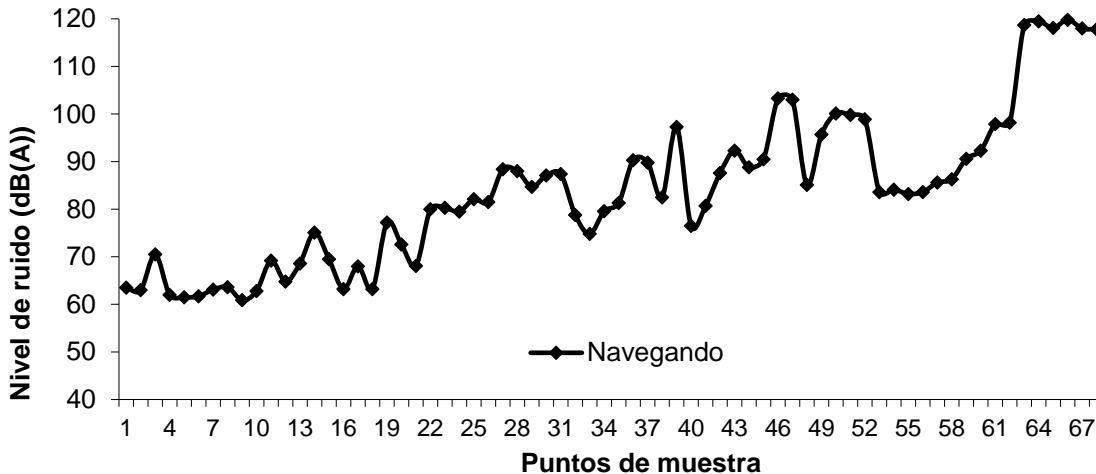


Figura 4.2.1.1. Mapa del nivel de ruido en el buque catamarán.

#### 4. Resultados y discusión

Punto	Espacio	Pr	Pp	Br	Er	Centro	A.468 (XII)	MSC.337 (91)
1 y 2	Puente de Gobierno	63,5	63,0	-	-	-	65	65
3	Alerones	-	70,5	-	-	-	70	70
4	Salón proa – WC (acomodación)	-	-	-	-	62,0	65	65
5 al 8	Bar de Proa (acomodación)	61,5	63,1	61,7	63,6	-	65	65
9 y 10	Salón de Proa (acomodación)	-	-	60,9	62,8	-	65	65
11	Tienda (acomodación)	-	-	-	-	69,2	65	65
12 al 14	Salón de Popa (en la Proa) (acomodación)	-	-	64,8	75,1	68,6	65	65
16 y 17	Bar de Popa (acomodación)	63,2	68,0	-	-	-	65	65
15 y 18	Salón de Popa (en la Popa) (acomodación)	-	-	69,5	63,2	-	65	65
19 y 21	Salón Club (en la Proa) (acomodación)	-	-	77,2	68,1	-	65	65
20, 22, 23 y 24	Salón Club (acomodación)	72,6	80,3	79,4	80,0	-	65	65
25 al 28	Acomodación Hall y escaleras garaje	-	-	82,1 88,4	81,5 88,0	-	65	65
29 al 31	Zona de popa (acomodación)	-	-	84,7	87,4	87,1	75	75
32 al 35	Garaje Superior (Trabajo)	-	81,3	78,8	74,8	79,6	90	85
36 y 37	Maniobra (Trabajo)	-	-	90,3	89,8	-	90	85
38	Garaje Inferior (Trabajo)	82,5	-	-	-	-	90	85
40 al 42	Garaje Centro (Trabajo)	76,5	87,6	-	-	80,7	90	85
43 al 45	Garaje Principal (Trabajo)	-	-	90,5	92,3	88,8	90	85
46 y 47	Bajadas maniobra (Trabajo)	-	-	89,2	103,3	-	90	85
48 y 49	Antesala de la máquina (Trabajo)	-	-	95,7	103	-	90	85
39 y 50	Sala hidráulica (Trabajo)	97,3	100,1	-	-	-	90	85
51 y 52	Compartimento estanco n°1 (Trabajo)	-	-	99,8	98,9	-	90	85
53 y 54	Compartimento estanco n°2 (Trabajo)	-	-	83,6	84,1	-	90	85
55 y 56	Compartimento estanco n°3 (Trabajo)	-	-	83,2	83,6	-	90	85
57 y 58	Compartimento estanco n°4 (Trabajo)	-	-	85,6	86,3	-	90	85
59 y 60	Compartimento estanco n°5 (Trabajo)	-	-	90,6	92,3	-	90	85
61 y 62	Compartimento estanco n°6 (Trabajo)	-	-	97,9	98,2	-	90	85
63 y 64	Sala de máquinas Br (Trabajo)	119,5	118,7	-	-	-	110	110
65 y 66	Sala de máquinas Er (Trabajo)	119,8	118,1	-	-	-	110	110
67 y 68	Sala de Jets (Trabajo)	-	-	118,0	117,8	-	90	85

Tabla 4.2.1.1. Puntos de discusión buque catamarán.



Figura 4.2.1.2. Vista de la sala de máquinas del buque catamarán.



Figura 4.2.1.3. Vista del generador y del conducto de ventilación de la sala de máquinas del buque catamarán.

De igual manera, se ha procedido a la representación de dichos valores para obtener una imagen más visual del nivel de ruido a bordo, tal y como se refleja en la Tabla 4.2.1.1. En dicha Tabla se aprecia que los mayores niveles se alcanzan entre los puntos 63 a 68, cercanos o situados en las salas de máquinas. En particular, dichos valores corresponden con las ubicaciones de los motores principales, motores auxiliares y las salas de jets, véanse las Figuras 4.2.1.2 y 4.2.1.3.

En este sentido, es interesante destacar que cada sala de máquinas posee dos motores propulsores cuya potencia alcanza los 14700 kW, al mismo tiempo, en cada una de las salas de máquinas se encuentran dos motor-generador, estando uno en marcha durante la toma de medidas. A todo esto, hay que sumarle el ruido de la ventilación dado que también se puede considerar relevante a la hora de definir el ambiente acústico presente, Figura 4.2.1.3.

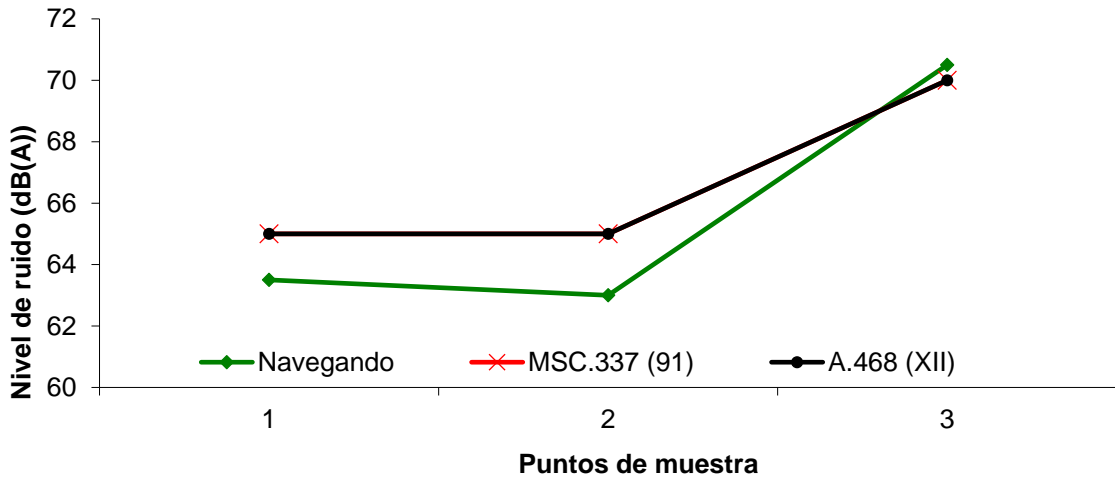


Figura 4.2.1.4. Nivel ruido en la cubierta principal del buque catamarán.

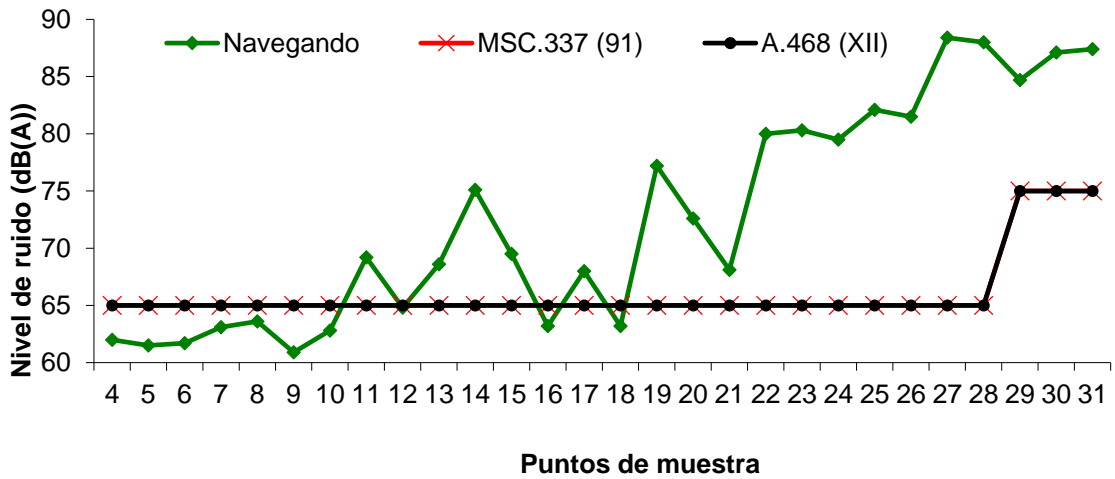


Figura 4.2.1.5. Nivel ruido en la cubierta de pasaje del buque catamarán.

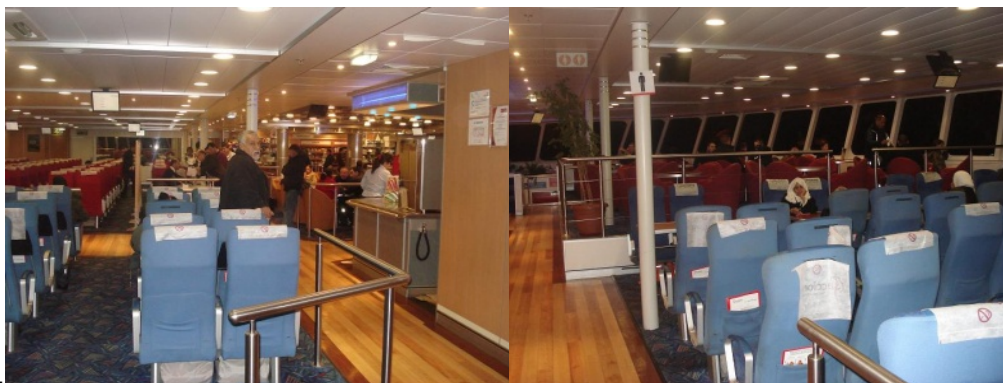


Figura 4.2.1.6. Vista de los salones de pasaje del buque catamarán.

De esta manera, tal y como se aprecia en la Figura 4.2.1.4, los valores de ruido permitidos por ambas resoluciones son los mismos, por lo que se solapan su curvas de valores límite. Durante la navegación, los puntos 1 y 2, que corresponden al puente de gobierno, se encuentran por debajo del valor máximo permitido, mientras que el punto 3 correspondiente a alerón es ligeramente superior, no siendo este un valor destacable.

En el caso del nivel de decibelios en la cubierta de pasaje, la Figura 4.2.1.5, también los niveles de ruido máximo permitidos son los mismos para ambas resoluciones. Durante la navegación se observan picos de nivel, como son los correspondientes a la zona de salones y tienda, Figura 4.2.1.6, debido a la presencia del pasaje, siendo también más altos a medida que se encuentran más próximos a la popa, como consecuencia del ruido procedente de las salas de máquinas.

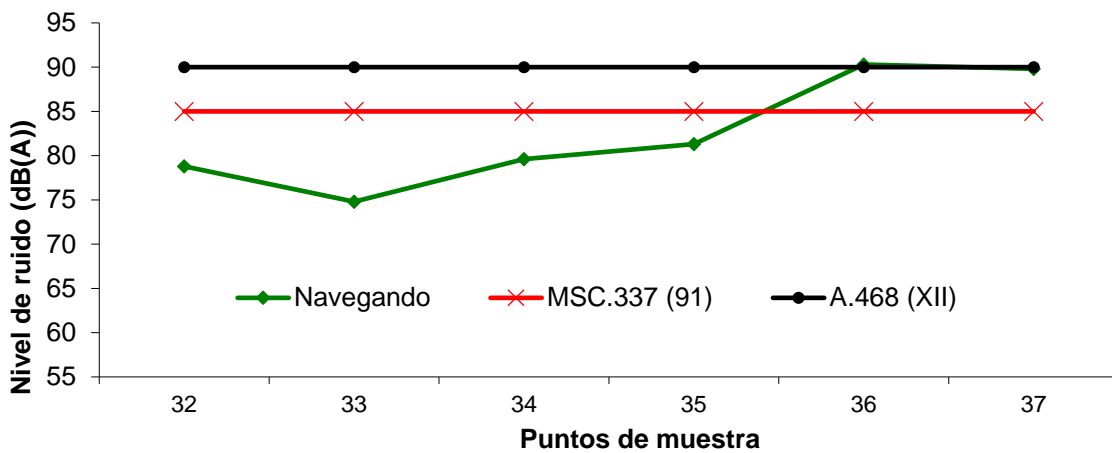


Figura 4.2.1.7. Nivel ruido en la cubierta de garajes del buque catamarán.

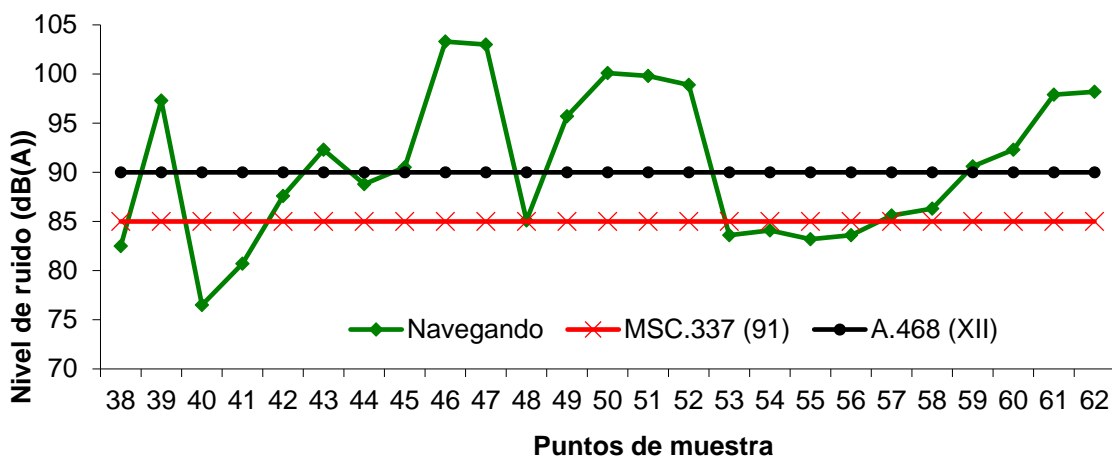


Figura 4.2.1.8. Nivel ruido en los espacios de garaje del buque catamarán.

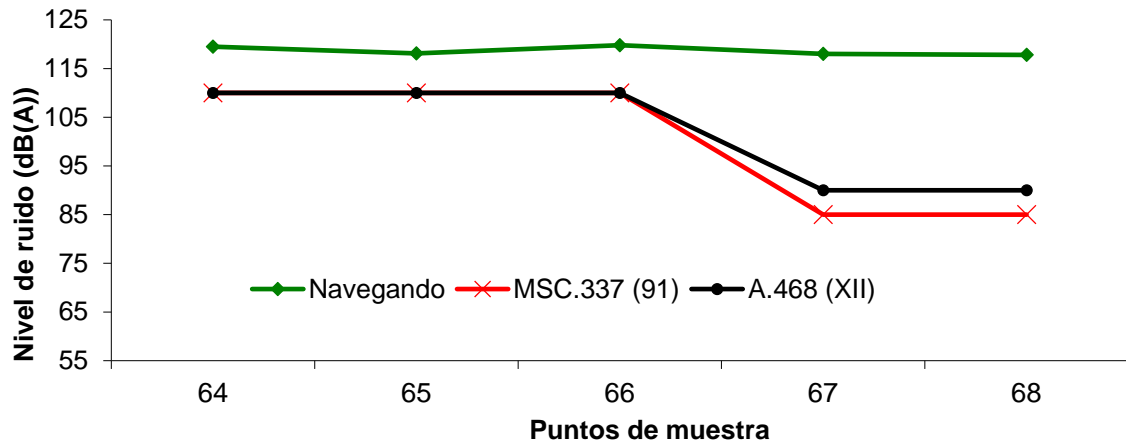


Figura 4.2.1.9. Nivel ruido en la sala de máquinas del buque catamarán.

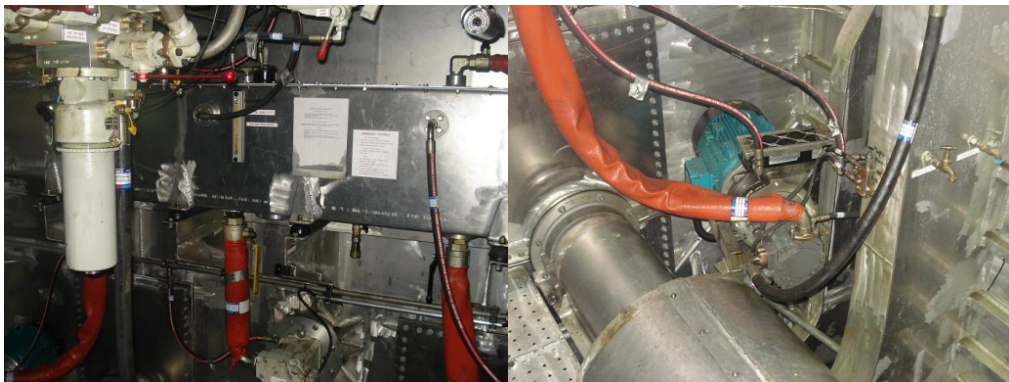


Figura 4.2.1.10. Vista de la sala de jets del buque catamarán.

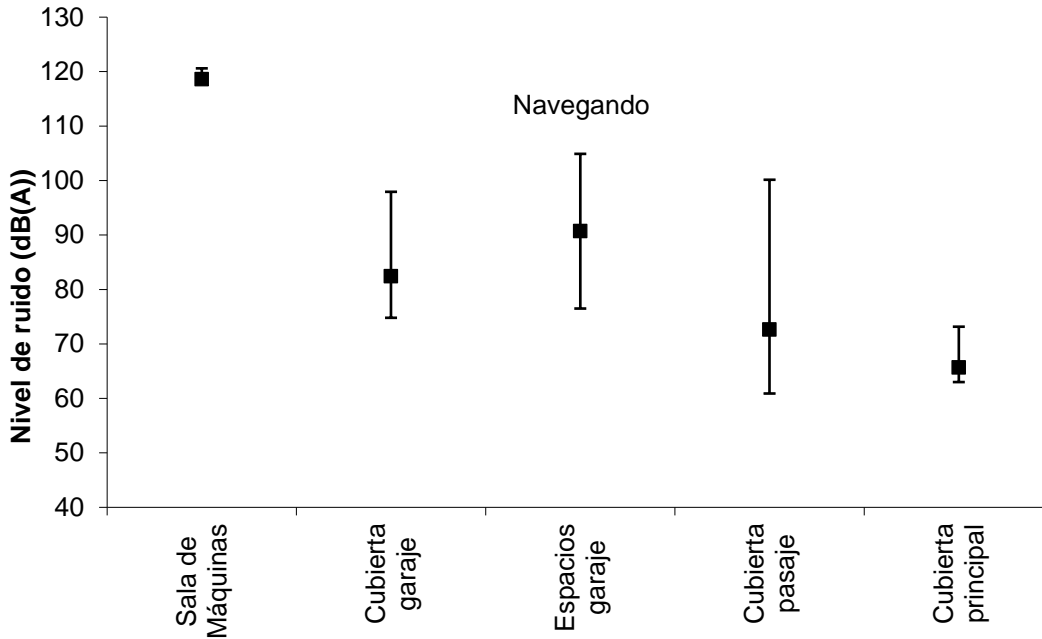


Figura 4.2.1.11. Valores promedios, máximos y mínimos de cada una de las zonas del buque catamarán navegando.

Si analizamos ahora el nivel de ruido en las cubiertas de garajes durante la navegación, se aprecia un descenso del nivel máximo permitido de la nueva norma, resolución MSC.337(91), respecto de la resolución A.468(XII), en 5 dB(A), tal y como se observa en la Figura 4.2.1.7. A pesar de ello, en esta figura se aprecia que los niveles de ruido muestreados en las distintas zonas se encuentran, en su mayoría, por debajo de los límites permitidos. Únicamente se han alcanzado valores equivalentes a los permitidos en la anterior resolución en los puntos 36 y 37, que se corresponden con la zona de popa donde se realiza la maniobra. Podemos decir que se cumple la norma puesto que este tipo de buque queda fuera de la nueva resolución MSC.337(91).

El nivel de ruido alcanzado en los espacios de garaje, Figura 4.2.1.8, presenta un análisis muy dispar. Una vez más, cabe destacar que la nueva resolución MSC.337(91) fija el límite máximo permitido 5 dB(A) por debajo de la anterior resolución A.468 (XII). Los puntos más elevados corresponden a zonas donde no se encuentra personal durante la navegación, como son los puntos 46 y 47, bajada a la maniobra de popa; los puntos 48 y 49 que son las antesalas de las salas de máquinas, donde los equipos que contribuyen a la aparición de ruido, son los compresores de aire de arranque de los motores y los extractores de gases. La sala de hidráulica (punto 50) posee tres bombas capaces de levantar una presión de 210 bar para el accionamiento hidráulico del estabilizador (T-Foil) y de las maquinillas de proa. El elevado nivel de ruido medido en los espacios colindantes (puntos 51 y 52) se debe al ruido radiado



desde esta sala de hidráulica, ya que estos dos puntos corresponden a espacios vacíos.

Del punto 57 al 62, los valores medidos se alejan de los permitidos por la nueva resolución MSC.337 (91). Aquí se encuentran los espacios estancos número 4, donde se encuentran los tanques de combustible para largo recorrido (57 y 58); los espacios estancos número 5, donde se encuentra el tanque de agua dulce sanitaria con sus unidades de bombeo y el tanque séptico con su equipo de tratamiento de aguas sucias y, por último, los espacios estancos número 6, donde se encuentran los módulos de combustible, con las bombas de alimentación y circulación de combustible.

En la Figura 4.2.1.9 se observa que los niveles de ruido alcanzados durante la navegación en las salas de máquinas y sala de jets, Figura 4.2.1.10, se alejan de los límites máximos permitidos en cualquiera de las dos resoluciones. Siendo, en el caso de la zona de jets, de una diferencia de hasta más de 30 dB(A). Si bien es cierto, que durante la navegación no es una zona en la que deba ir personal, salvo que hubiera algún imprevisto, el ruido en estas salas es producido por las bombas hidráulicas y las bombas acopladas a los motores, además del ruido del chorro propulsor.

De todo este estudio se puede observar, de forma general en la Figura 4.2.1.11, que los valores máximos de ruido en este buque provienen de la sala de máquinas.

Como puede observarse en la Tabla 4.2.1.1, los puntos donde el nivel máximo de ruido permitido varía con la nueva norma MSC. 337(91) son el garaje, las antesalas, los compartimentos estancos y jets. Al considerarse estos puntos espacios de trabajo no especificado, la reducción en estos puntos es de 5 dB(A), sin embargo los niveles de ruido ya sobrepasaban en algún caso el límite establecido por la anterior normativa A. 468(XII). Con respecto a la nueva normativa se han visto alejados del máximo permitido hasta en aproximadamente los 20 dB(A).

#### **4.2.1.2. Caso práctico Buque Ferry Ropax**

En el presente apartado se llevará a cabo un estudio de los niveles de ruido en los espacios definidos anteriormente en el apartado “3.2.2.3. Caso práctico Buque Ferry Ropax” para el estudio comparativo de dichos niveles con los límites permitidos por la adopción del nuevo Código de niveles de ruido, MSC.337 (91) de la OMI cuya entrada en vigor data de Julio de 2014 y con los límites máximos establecidos por el anterior Código de ruido, A.468 (XII). Las Tablas 4.2.1.2, 4.2.1.3 y 4.2.1.4 muestran los principales puntos de muestreo.

DESCRIPCIÓN	PTO	NAVEG.	EN PUERTO	COND. ESP.	MSC.337 (91)	A.468 (XII)
<b>DOBLE FONDO. SALA DE MAQUINAS</b>						
Local Hélice Proa	1	89,6	88,3	110,3	110	110
Sala CLIMA	2	82,7	82,3		110	110
Sala CLIMA	3	87,1	85,3		110	110
Módulo de Fuel	4	75,3	72,6		110	110
Módulo de Fuel	5	77,2	74,2		110	110
Sala de Depuradoras Fuel	6	82,6	77,1		110	110
Sala de Depuradoras Aceite	7	81,4	82,6		110	110
Sala de Motores Propulsores Proa	8	97,0	81,3		110	110
Sala de Motores Propulsores Proa	9	97,6	85,9		110	110
Sala de Motores Propulsores Popa	10	95,7	83,9		110	110
Sala de Motores Propulsores Popa	11	97,4	83,2		110	110
Kamewa	12	98,3	98,5		110	110
Sala de Motores Auxiliares	13	97,5	98,8		110	110
Sala de Motores Auxiliares	14	96,9	94,8		110	110
Bombas Kamewa	15	88,1	84,5		110	110
Bombas Kamewa	16	86,6	84,8		110	110
Servomotores	17	91,3	61,2		110	110
Servomotores	18	90,6	59,7		110	110
<b>CUBIERTA Nº1</b>						
Tecles Altos Laterales de la Sala de Depuradoras	19	78,3	59,2		110	110
Tecles Altos Laterales de la Sala de Depuradoras	20	84,8	84,2		110	110
Control de Máquinas	21	73,6	70,8		75	75
Taller Electricista	22	73,0	70,3		85	85

Tabla 4.2.1.2. Puntos de muestreo buque ropax – Sala de Máquinas y Cubierta. Nº1.

DESCRIPCIÓN	PTO	NAVEG.	EN PUERTO	COND. ESP.	MSC.337 (91)	A.468 (XII)
<b>CUBIERTA N°2. GARAJE</b>						
Garajes de la Cubierta	23	73,7	72,6	87,3	90	90
Garajes de la Cubierta	24	77,3	75,4	85,4	90	90
Garajes de la Cubierta	25	67,9	66,9	74,1	90	90
Garajes de la Cubierta	26	67,7	66,3	75,8	90	90
Garajes de la Cubierta	27	75,8	72,5	80,3	90	90
Garajes de la Cubierta	28	76,7	73,2	81,1	90	90
<b>CUBIERTA N°3 CARDECK</b>						
Garajes de la Cubierta	29	76,3	73,8	87,2	90	90
Garajes de la Cubierta	30	76,8	75,1	85,1	90	90
Garajes de la Cubierta	31	75,4	72,6	79,8	90	90
Garajes de la Cubierta	32	75,7	73,2	80,4	90	90
Garajes de la Cubierta	33	66,3	64,6	72,6	90	90
Garajes de la Cubierta	34	66,1	64,5	73,1	90	90
<b>CUBIERTA N°4. GARAJE Y CAMAROTES</b>						
Local Ventilación	35	80,4	60,6		110	110
Garajes	36	53,0	57,1		90	90
Garajes	37	52,2	57,3	52,3	90	90
Pañol de Equipajes	38	56,5	58,5		90	90
Tronco de Escalera	39	57,2	58,3		90	90
Tronco de Escalera	40	61,8	64,0		90	90
Zona de Garaje y Camarotes Tripulación Cubierta 4	41	51,4	58,5		55	60
Zona de Garaje y Camarotes Tripulación Cubierta 4	42	58,0	62,6		55	60
Tronco de Escalera	43	68,4	65,7		90	90
Garajes	44	66,8	65,1		90	90
Garajes	45	65,2	64,3		90	90
Maniobras de Popa Babor y Estribor	46	64,1	63,6	77,4	90	90
Maniobras de Popa Babor y Estribor	47	64,8	61,9	74,2	90	90
<b>CUBIERTA N°5. GARAJE Y CAMAROTES</b>						
Zonas Camarotes de Pasaje Cubierta N°5	48	53,6	59,1		55	60
Zonas Camarotes de Pasaje Cubierta N°5	49	53,2	50,4		55	60
Zonas Camarotes de Pasaje Cubierta N°5	50	51,8	60,0		55	60
Zonas Camarotes de Pasaje Cubierta N°5	51	56,1	57,3		55	60
Zonas Camarotes de Pasaje Cubierta N°5	52	53,8	59,6		55	60
Zonas Camarotes de Pasaje Cubierta N°5	53	50,7	56,7		55	60
Zonas Camarotes de Pasaje Cubierta N°5	54	53,4	50,3		55	60
Zonas Camarotes de Pasaje Cubierta N°5	55	55,1	57,4		55	60

Tabla 4.2.1.3. Puntos de muestreo buque ropax – Cubiertas N°1, N°2, N°3, N°4 y N°5.

DESCRIPCIÓN	PTO	NAVEG.	EN PUERTO	COND. ESP.	MSC.337 (91)	A.468 (XII)
<b>CUBIERTA N°6. CAMAROTES, SALONES, CAFETERIA, TIENDA, PUENTE</b>						
Puente	56	72,3	72,3		65	65
Alerón de Estribor	57	59,2	59,9		70	70
Camarote	58	51,4	51,4	51,4	55	60
Salón Altavista	59	68,1	59,4		60	65
Comedor	60	60,8	66,4		60	65
Comedor	61	55,8	60,1		60	65
Cocina	62	56,6	56,6		75	75
Oficina	63	64,9	64,3		60	65
Información	64	75,5	67,9		60	65
Barra del Bar	65	76,7	66,1		60	65
Cafetería	66	82,0	65,2		60	65
Cafetería	67	70,5	67,2		60	65
Camarotes Pasaje Cubierta 6ª Popa	68	70,7	66,1	54,0	55	60
Camarotes Pasaje Cubierta 6ª Popa	69	66,0	66,3		55	60
Camarotes Pasaje Cubierta 6ª Popa	70	65,5	60,7		55	60
Cubierta Exterior	71	62,9	63,6		75	75
<b>CUBIERTA N°7. SALON BUTACAS, SELF SERVICE, COMEDOR, CUBIERTA</b>						
Cubierta Exterior	72	61,9	63,7		75	75
Helipuerto	73	71,9	70,5		75	75
Helipuerto	74	71,2	69,8		75	75
Local de Ventilación	75	94,9	94,3		110	110
Comedor Autoservicio	76	67,6	68,3		60	65
Autoservicio	77	80,0	66,5		60	65
Local Aire Acondicionado	78	74,4	67,6		110	110
Salón	79	68,8	70,6		60	65
Salón	80	61,0	70,9		60	65

Tabla 4.2.1.4. Puntos de muestreo buque ropax – Cubierta N°6 y N°7.

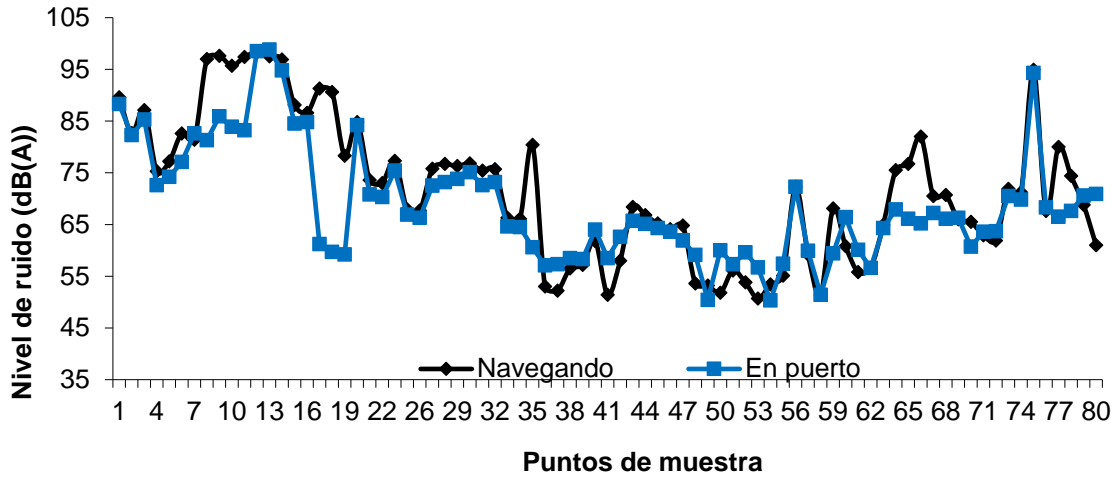


Figura 4.2.1.12. Mapa del nivel de ruido en el buque ropax.

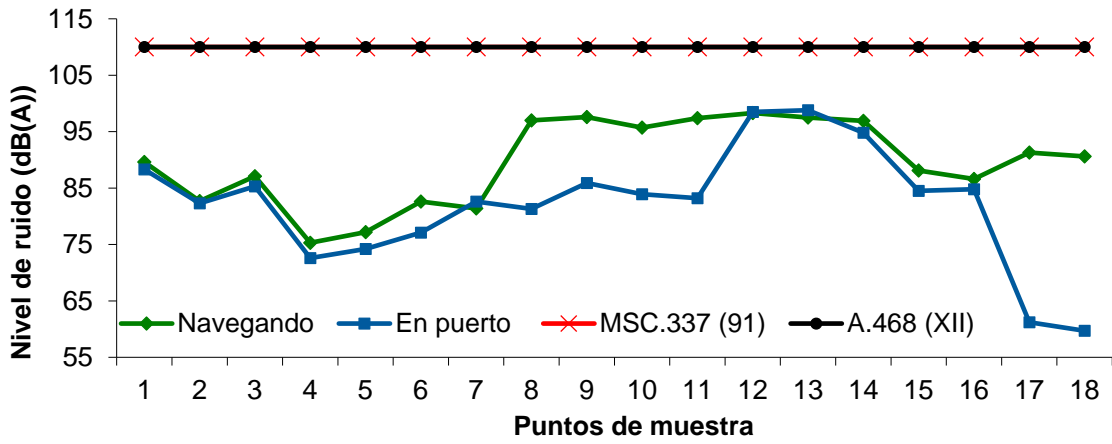


Figura 4.2.1.13. Nivel de ruido en la sala de máquinas del buque ropax.



Figura 4.2.1.14. Sala de motores propulsores del buque ropax.



Figura 4.2.1.15. Control de máquinas del buque ropax.

Los resultados han mostrado que el nivel de ruido más bajo navegando se obtuvo en la zona de camarotes de pasaje de la cubierta 5, entre los puntos 48 y 55 como se puede observar en la Figura 4.2.1.12. La figura también muestra que la zona del buque más ruidosa es la que está comprendida entre los puntos del 8 al 14, en dichas zonas se encuentran los motores principales y auxiliares del buque. Para esta situación de navegación el mínimo nivel de ruido en uno de los camarotes de la cubierta 5 es de 50,7 dB(A), por el contrario la zona más ruidosa del buque con un nivel de 98,3 dB(A) es el punto 12 que se encuentra situado en la sala de motores auxiliares.

Para comprobar el cumplimiento de las normas, se ha realizado un mapa de ruido de las distintas zonas del buque. Las figuras que aparecen a continuación muestran los niveles de ruido alcanzados en cada una de las zonas de muestra tanto en navegación como en puerto. Así mismo, también se aprecian los valores máximos permitidos por la OMI, tanto en la nueva resolución, MSC.337 (91) como en la anterior, A.468 (XII) para cada una de las zonas de medida.

La Figura 4.2.1.13 muestra que los niveles de ruido más altos alcanzados durante la navegación son en la zona de los motores principales y la zona de los motores auxiliares, Figura 4.2.1.14. La norma indica la necesidad de usar equipo de protección a un nivel de ruido mayor que 85 dB(A). En este caso, tanto la anterior resolución A.468 (XII) y MSC.337 (91) establecen el valor límite de los espacios de máquinas a 110 dB(A).

Estos valores descienden de forma significativa en puerto, en la zona de motores principales, debido a la parada de los mismos. Por el contrario en la zona de auxiliares este descenso no es significativo porque en ambas condiciones se mantienen en funcionamiento los dos motores auxiliares. En la Figura 4.2.1.13, en el punto 13, referido a la medición en la zona de motores auxiliares se aprecia un ligero ascenso dado que la toma ha sido realizada

durante la condición de maniobra del buque, para lo cual se arranca un tercer auxiliar debido a la demanda de potencia de la hélice de proa.

El control de máquinas, Figura 4.2.1.15, se adapta a los límites establecidos, siendo el valor obtenido de 73,6 dB(A) durante la navegación y el valor máximo permitido de 75 dB(A).

Este barco trabaja con el sistema UMS (Unattended Machinery Space), el trabajo se realiza de 8:00 a 17:00 horas, durante este tiempo los oficiales y subalternos de máquinas se mueven por los diversos espacios atendiendo las distintas necesidades de mantenimiento de los equipos, siendo la sala de control, un punto de reunión y de mayor permanencia. Es importante que el control de máquinas ofrezca un lugar donde la tripulación pueda recuperarse de las condiciones adversas de la sala de máquinas (Lundh et al., 2011). A partir de las 17:00, la única persona que bajará a la máquina es el oficial encargado de las alarmas.

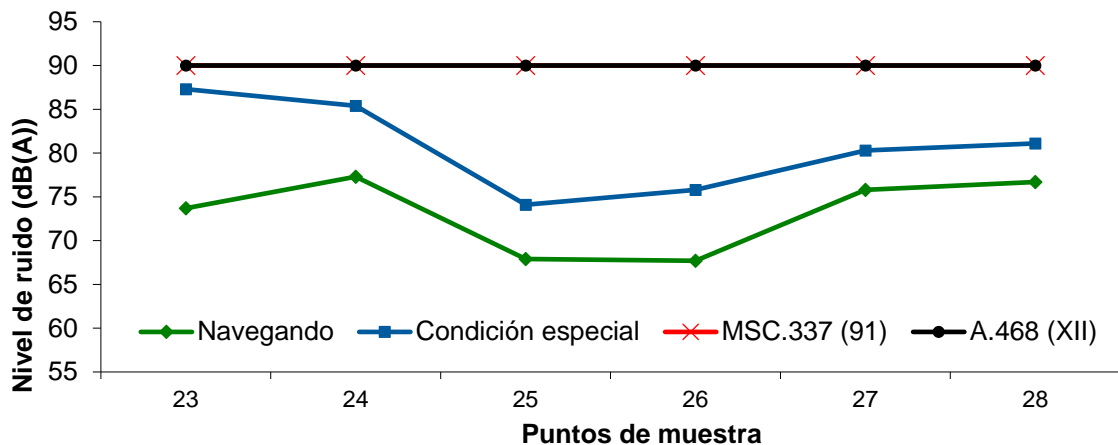


Figura 4.2.1.16. Nivel de ruido en la cubierta 2 del buque ropax.

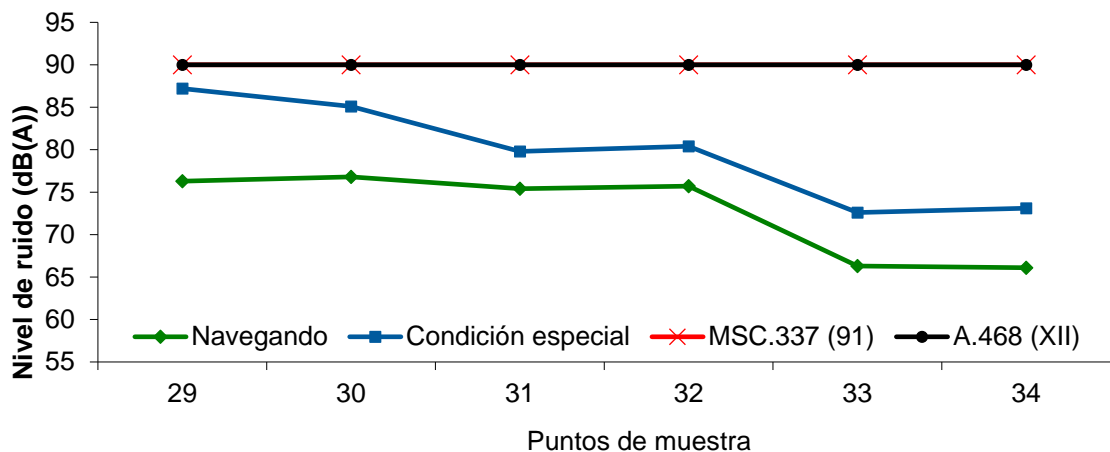


Figura 4.2.1.17. Nivel de ruido en la cubierta 3 del buque ropax.

Las Figuras 4.2.1.16 y 4.2.1.17 muestran una nueva condición llamada "condición especial" y se refieren al período de tiempo en el que el barco está en el puerto durante la operación de carga y descarga de los garajes, Figura 4.2.1.18. Aunque los valores de ruido están en todo momento por debajo de los límites permitidos, los valores distan mucho de los valores obtenidos durante el período de la navegación, debido al ruido producido por el volumen de coches que entran en el buque durante esta condición especial.



Figura 4.2.1.18. Garajes buque ropax.

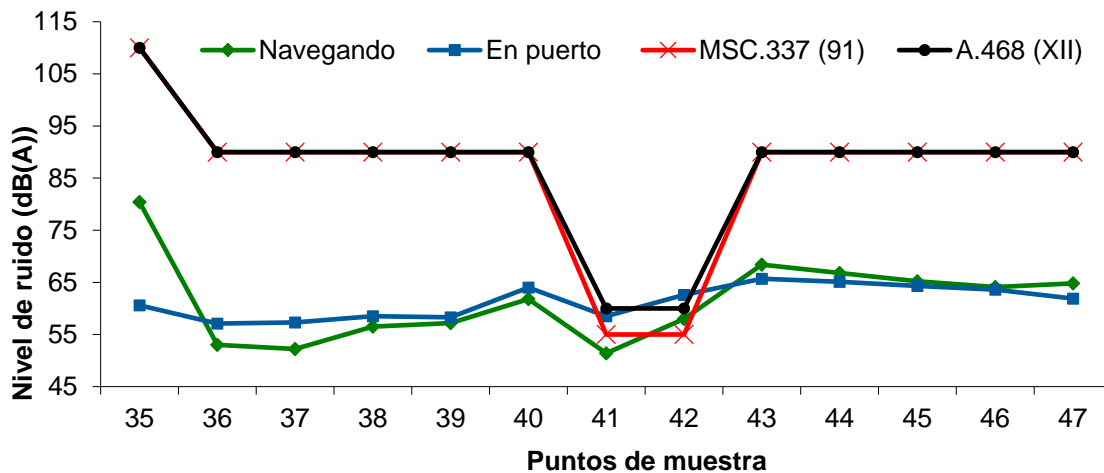


Figura 4.2.1.19. Nivel de ruido en la cubierta 4 del buque ropax.

La sala de ventilación, en el punto 35 de la Figura 4.2.1.19, tiene un valor bajo en el puerto, en comparación con el valor medido durante la navegación, dado que los ventiladores no estaban funcionando en el puerto. Por otra parte, los camarotes a los que hacen referencia los puntos 41 y 42 son los más cercanos a la sala de máquinas. Los niveles de ruido alcanzados durante la navegación en estos camarotes han sido 51,4 y 58,0 dB(A), respectivamente, mientras que los niveles de ruido en puerto han sido 58,5 y 62,6 dB(A),



respectivamente. Estos valores se mantuvieron cerca del valor permitido con la anterior resolución de la OMI A.468 (XII), que fija el máximo permitido para los camarotes en 60 dB(A). De acuerdo con la nueva resolución MSC.337 (91) y teniendo en cuenta que el tonelaje de la nave es superior a 10.000 GT, se aleja del valor permitido fijado en 55 dB(A), especialmente durante la estancia en puerto. También hay que recordar que el buque fue construido en 1992, por lo que no era aplicable este límite.

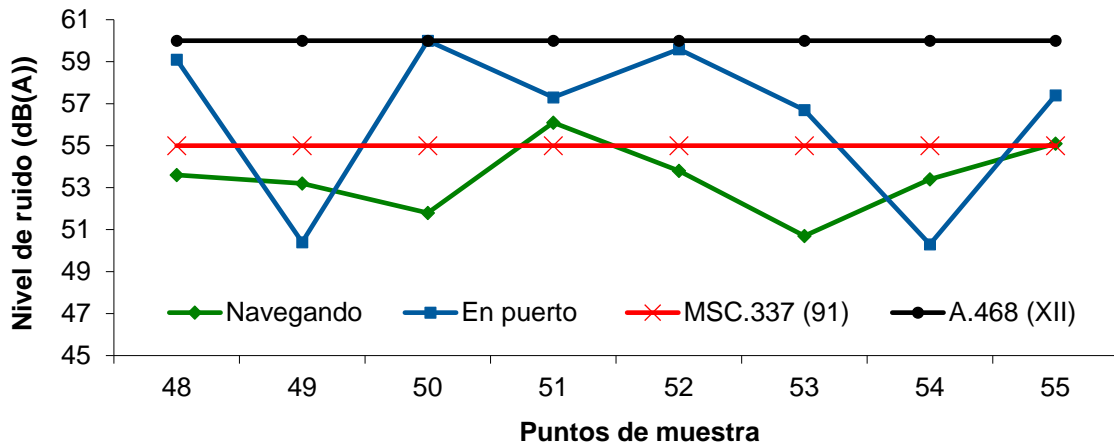


Figura 4.2.1.20. Nivel de ruido en la cubierta 5 del buque ropax.

Los puntos 48 a 55 representados en la Figura 4.2.1.20 se refieren a los valores registrados en las áreas de los camarotes de pasajeros en la cubierta 5. Estos valores, que en puerto se acercan a los límites fijados en la anterior resolución A.468 (XII) tal y como puede ser el punto 52 referido a un tronco de escalera debido al trasiego de pasaje que tiene lugar en la zona durante la entrada y salida del pasaje, con la nueva resolución MSC.337 (91) sobrepasa el límite de 55 dB(A) establecido para un buque de 10000 GT.

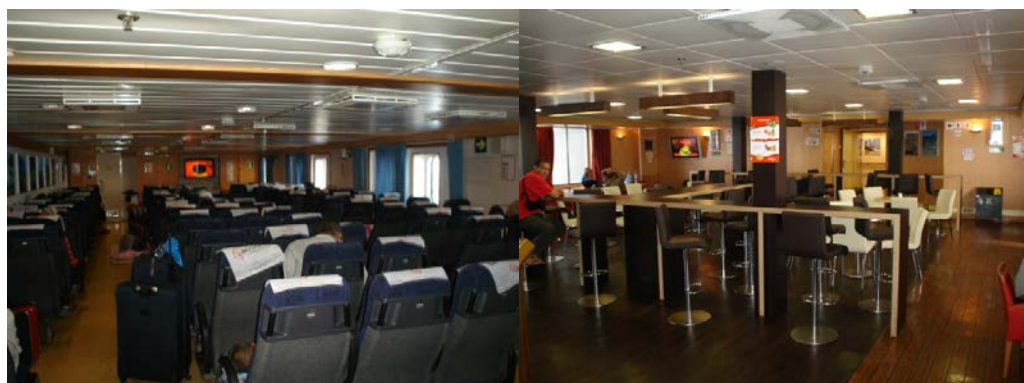


Figura 4.2.1.21. Zona de pasaje y bar del buque ropax.

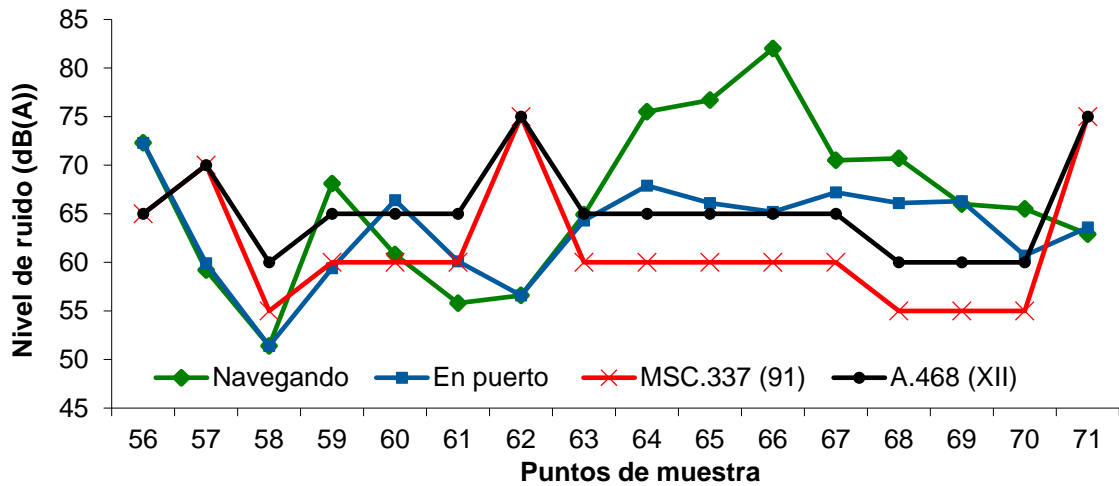


Figura 4.2.1.22. Nivel de ruido en la cubierta 6 del buque ropax.

En la cubierta 6 se encuentran comedor, cafetería, información, y camarotes de pasaje, Figura 4.2.1.21 y 4.2.1.22. Estas áreas de recreo interiores, en general, tienen mayores niveles de ruido que afectan a los camarotes de los pasajeros de esta cubierta. La resolución A.468 (XII) fija el nivel máximo de ruido de estas áreas en 65 dB(A) y de los camarotes en 60 dB(A). Con la nueva resolución MSC.337 (91), ambos niveles caen en 5 dB(A) por lo que, estos puntos de muestreo, están muy por encima del valor límite permitido.

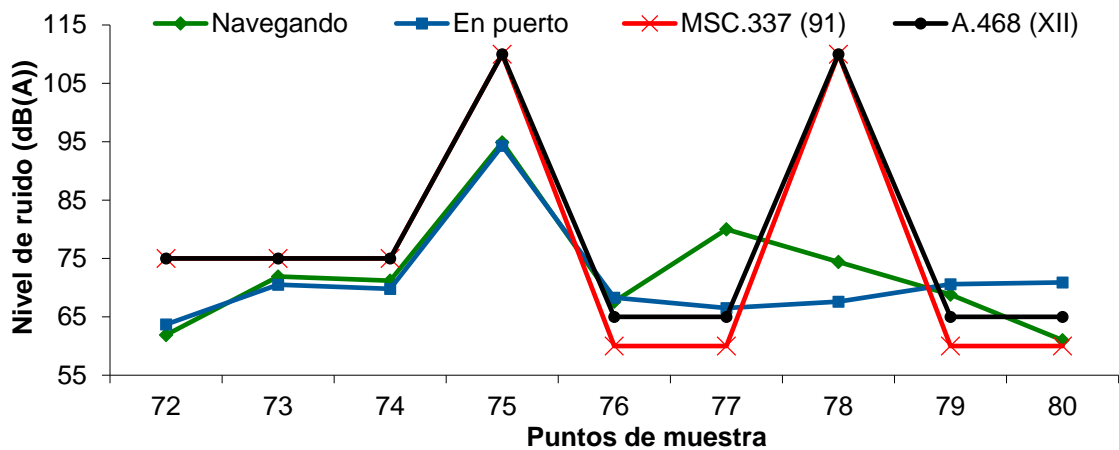


Figura 4.2.1.23. Nivel de ruido en la cubierta 7 del buque ropax.

Los puntos 76 y 77, Figura 4.2.1.23, se sitúan en el comedor y el autoservicio del pasaje, respectivamente, y los puntos 79 y 80 se sitúan en los salones. Estos lugares superan el límite permitido de ruido ya que son puntos muy frecuentados por los pasajeros durante la navegación.

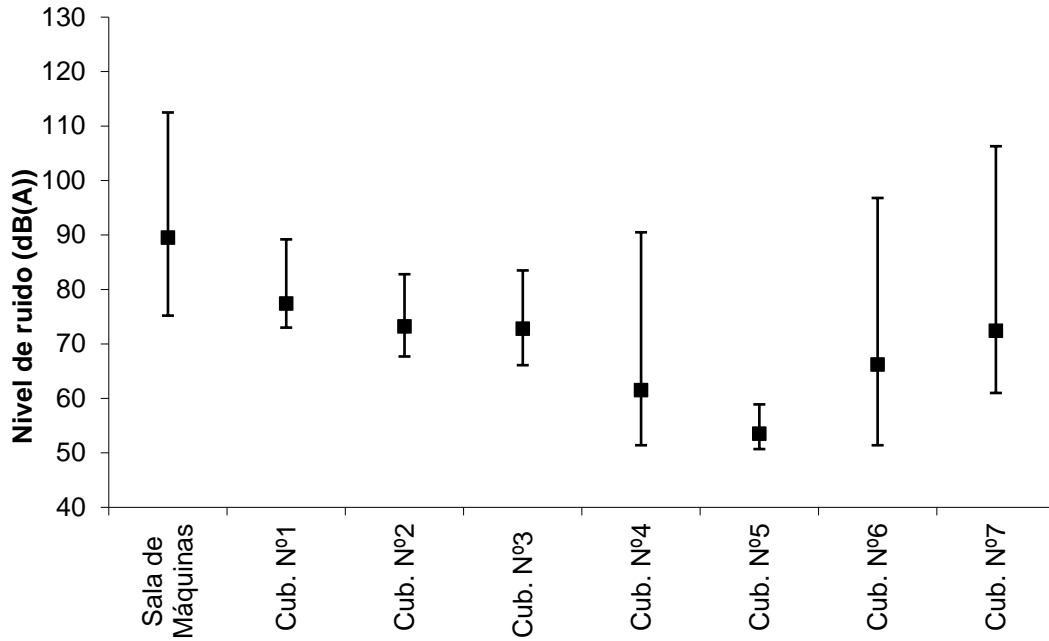


Figura 4.2.1.24. Valores máximos, mínimos y promedios de cada una de las zonas del buque ropax navegando.

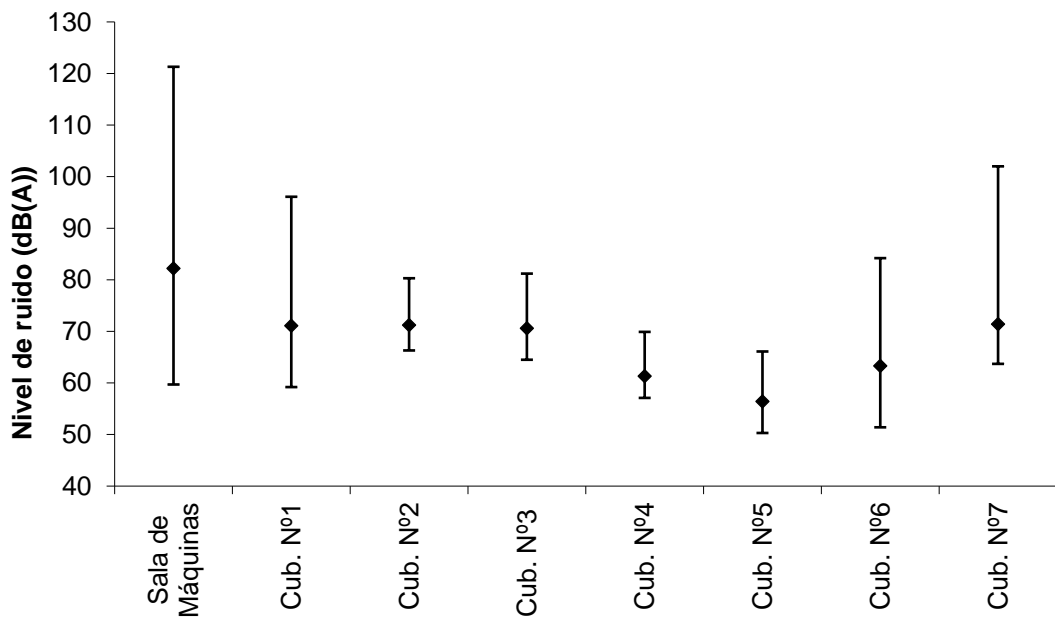


Figura 4.2.1.25. Valores máximos, mínimos y promedio de cada una de las zonas del buque ropax en puerto.

Para finalizar este caso práctico, podemos concluir que, de acuerdo con las Figuras 4.2.1.24 y 4.2.1.25, el ruido proviene principalmente de dos fuentes: de la sala de máquinas y de la cubierta 7, tanto durante los períodos de navegación como durante la estancia del buque en puerto. Estos focos de ruido

llegan a afectar a las zonas de habitación, sobre todo en las cubiertas 3 y 4, donde se encuentran algunos de los camarotes del buque, con una mejor atenuación de estos focos de ruido se podría mejorar las áreas de descanso a bordo.

## 4.2.2 Resultados y Discusión: Fatiga térmica

### 4.2.2.1. Análisis de las variables monitorizadas

En la presente tesis doctoral, tal y como se ha indicado anteriormente, se ha realizado un estudio de las diferentes ambientes interiores en base a diversas normas ISO tales como la ISO 7730 (ISO, 2005) e ISO 7547 (ISO, 2002) (ISO, 2008). En particular, la Tabla 4.2.2.1 muestra un resumen de las condiciones para diferentes estaciones del año y todas las aplicaciones prácticas.

Aplicaciones	Verano		Invierno	
	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
ISO 7730	>23	30-65	18-22	30-65
ISO 7547	27	50	22	–

Tabla 4.2.2.1. Valores de referencia para ambientes interiores.

Si analizamos ahora los valores obtenidos podemos deducir que, en la sala de control se registró una temperatura media de 19,76°C. Esta temperatura es muy baja en comparación con la de la sala de máquinas pudiendo dar lugar a choques térmicos en los trabajadores que se mueven entre la sala de máquinas y el control de la misma.

Tal y como se ha indicado anteriormente en la sección de materiales y métodos, se ha analizado el control de la sala de máquinas conforme a la norma ISO 7730. En este sentido, también se han tenido en cuenta la influencia de las condiciones exteriores en los ambientes interiores y muestreado por medio de los correspondientes data loggers. De esta manera, una vez registradas las condiciones exteriores durante el periodo de estudio de diciembre a febrero, se ha obtenido una temperatura promedio de 23,00°C, con valores máximos de 27,00°C, y una humedad relativa promedio del 60,0%. Cabe destacar que, durante dicho intervalo de tiempo, el clima ha sido predominantemente soleado con alguna nube.

La evaluación de los ambientes interiores se basa en el estudio de los índices de confort. Sin embargo, unos valores adecuados de estos índices de confort térmico no es condición suficiente para definir un ambiente interior como adecuado. De esta manera, también las variables que intervienen en la definición de estos índices deben permanecer en el rango previsto por las normas. Por esta razón, se llevaron a cabo análisis estadísticos de temperatura y humedad relativa. Los resultados obtenidos en ambos lugares se muestran en las Tablas 4.2.2.2, 4.2.2.3 y 4.2.2.4.

	Sala de máquinas (°C)	Control de sala de máquinas (°C)
Promedio	32,50	19,76
Desviación estándar	2,83	1,33
Máximo	38,50	27,30
Mínimo	25,40	17,40

Tabla 4.2.2.2. Análisis estadístico de los datos de temperatura recogidos.

	Sala de máquinas (%)	Control de sala de máquinas (%)
Promedio	24,90	41,17
Desviación estándar	4,15	6,58
Máximo	33,9	70,5
Mínimo	16,2	30,3

Tabla 4.2.2.3. Análisis estadístico de los datos de humedad relativa recogidos.

La temperatura media registrada en la sala de máquinas ha sido de 32,50°C, alcanzando un pico de 38,50°C. Estos valores son superiores a los valores permitidos para ambientes calurosos y pueden producir diferentes trastornos de la salud en los Oficiales de Máquinas y subalternos, como se puede apreciar en la Tabla 4.2.2.4. Tan pronto como empieza a aumentar la temperatura del aire interior aparecen los primeros síntomas de trastornos físicos, como pueden ser la pérdida o dificultad de concentración. Y posteriormente, se muestran los trastornos fisiológicos, como sobrecargas del sistema circulatorio/cardíaco.

Temperatura	Respuesta biológica	Trastornos por calor
+40°C	Temperatura máxima soportable	
35-40°C	Fatiga pesada	Desórdenes fisiológicos
	Sobrecarga del sistema circulatorio/cardíaco	
	Alteración del metabolismo	
35-30°C	Disminución de la eficiencia en los trabajos pesados	Desórdenes físicos y psicológicos
	Más accidentes	
	Disminución de la manejabilidad	
30-25°C	Aumento de errores en el trabajo	Desórdenes físicos
	Disminución en la capacidad intelectual	
	Dificultades de concentración	
25-20°C	Irritabilidad	
	incomodidad	
20°C	Confortable	Plena capacidad
15°C	Frío	
10°C	Escalofríos	

Tabla 4.2.2.4. Influencia de la temperatura sobre los trastornos por calor.

En la sala de control de la máquina, la humedad relativa media registrada ha sido del 40,0%, mientras que en la sala de máquinas el valor ha sido del 25,0%, en contraste con el 60,0% para las condiciones al aire libre, siendo así, un valor por debajo del valor mínimo recomendado del 30%.

#### **4.2.2.2. Análisis en la Sala de Máquinas**

Los valores de la humedad relativa en la sala de máquinas son bajos como resultado de las altas temperaturas en el interior de la misma. Las condiciones que se observaron en la sala de máquinas pueden causar hipertermia, vasodilatación, la activación de las glándulas sudoríparas, aumento de la circulación periférica, y cambios electrolíticos en el sudor debido a la pérdida del contenido de sal.

Con el aumento de la temperatura interior, aparecen instantáneamente los primeros trastornos psíquicos, tales como pérdida o dificultad en la concentración. Estos trastornos conducen finalmente a la aparición de trastornos fisiológicos, tales como la sobrecarga del sistema cardíaco y circulatorio del trabajador.

### 4.2.2.3. Análisis en el Control de Máquinas

Los valores de temperatura y humedad relativa recogidos en el buque fueron introducidos en los modelos detallados anteriormente, y se calcularon los correspondientes valores PMV y PPD para el control de máquinas por medio de la NTP 74 (NTP, 1983). La Tabla 4.2.2.5 muestra estos valores obtenidos.

Una vez que se evaluaron estos índices, se cuantificaron los valores que excedían los límites estándares dados por la norma ISO 7547 (ISO, 2002). Estas especificaciones establecen una serie PMV de -0,5 a 0,5 como adecuada. Este intervalo es equivalente a un PPD menor del 10%. Para permitir una mejor interpretación de los resultados, las Figuras 4.2.2.1 y 4.2.2.2 muestran los gráficos de la frecuencia relativa del PMV y la curva acumulada del PPD para la sala de control de máquinas.

	Control de sala de máquinas
PMV	0,52
PPD	13,54

Tabla 4.2.2.5. Promedios de PMV y PPD.

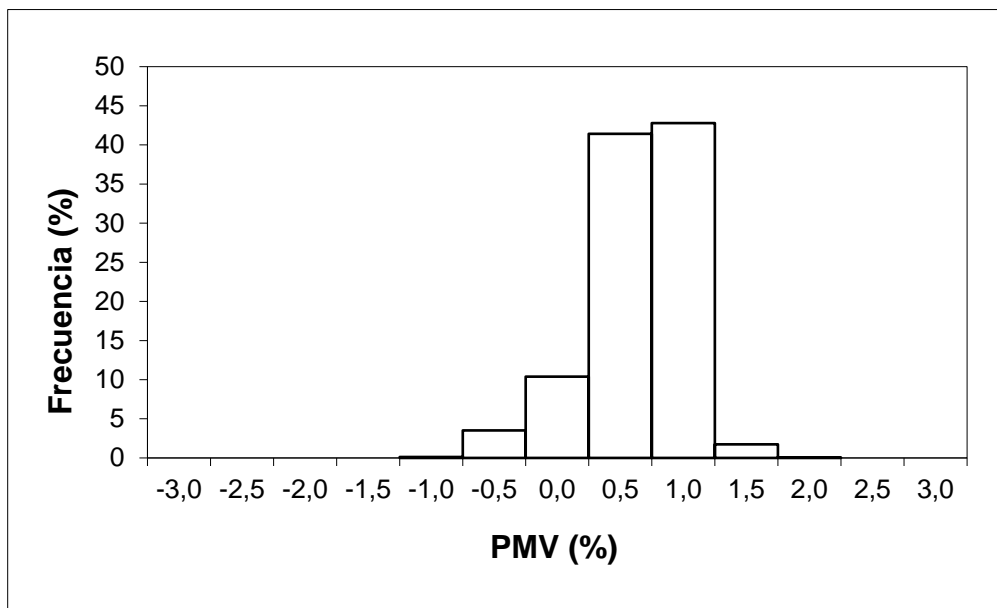


Figura 4.2.2.1. Frecuencia relativa del PMV en la sala de control de máquinas.



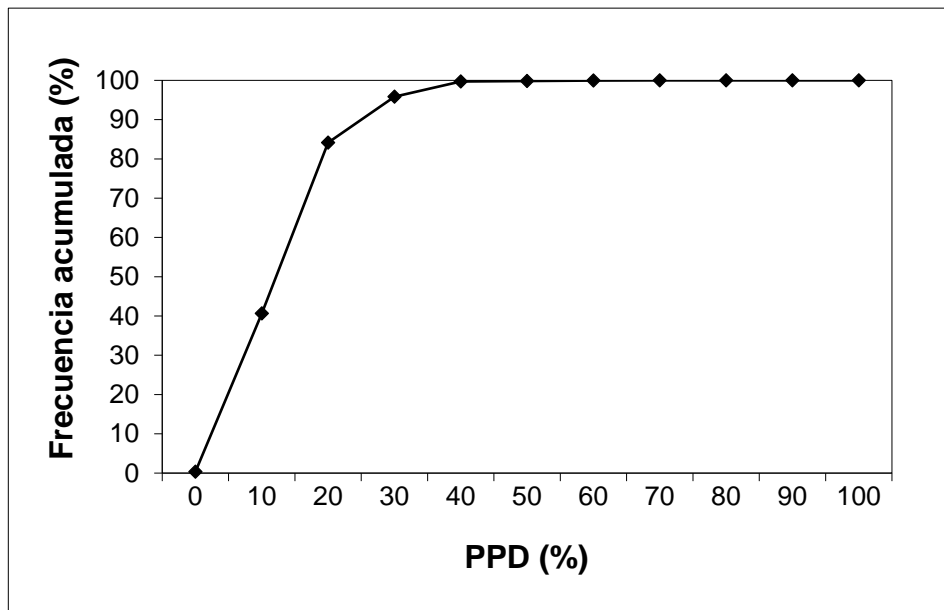


Figura 4.2.2.2. Frecuencia acumulada de PPD en la sala de control de máquinas.

Como se puede observar, en el control de máquinas, el PMV está próximo al 0,5, que es la condición óptima para un ambiente caliente confortable. A este PMV corresponde un PPD del 10%, en nuestro caso el PPD promedio es de aproximadamente el 13% para un 40% de los datos calculados.

Por otra parte, la temperatura promedio de 19,76°C y la humedad relativa promedio del 24,9% (inferior al valor de referencia mínimo del 30% según ISO 7730 (ISO, 2005)) son demasiado bajos, lo que significa que un trabajador puede sufrir choque térmico si procede desde la sala de máquinas con un ambiente caluroso a la sala del control de máquinas con un clima con aire acondicionado muy bajo.

#### 4.2.2.4. Discusión sobre la fatiga térmica

De acuerdo con la indicaciones de la normativa ISO 7933 (ISO, 2004a), la ISO 7243 (ISO, 1989) y, en particular gracias al método gráfico definido por la NTP 18 (NTP 18), se han generado las Figuras 4.2.2.3, 4.2.2.4 y 4.2.2.5.

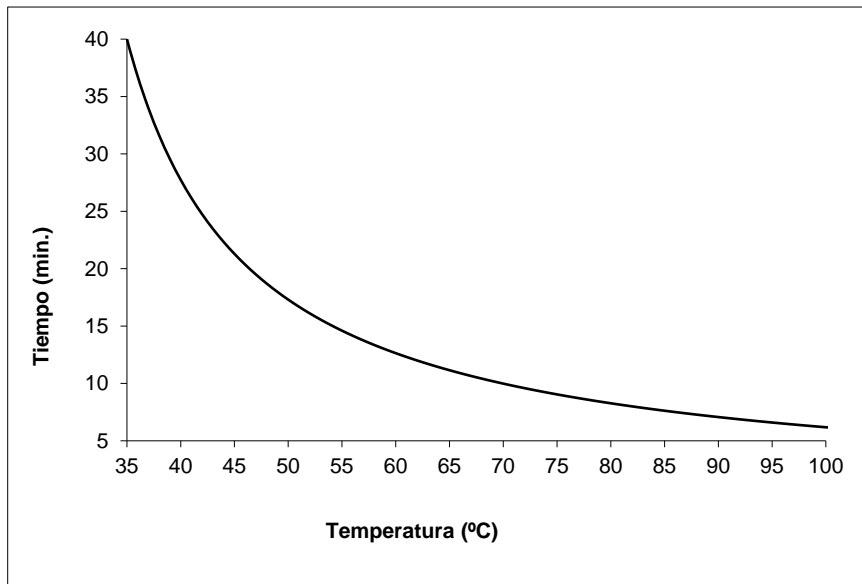


Figura 4.2.2.3. Tiempo máximo que se puede estar en la sala de máquinas con valores constantes de Clo y Met de 0,7 y 1,3, respectivamente.

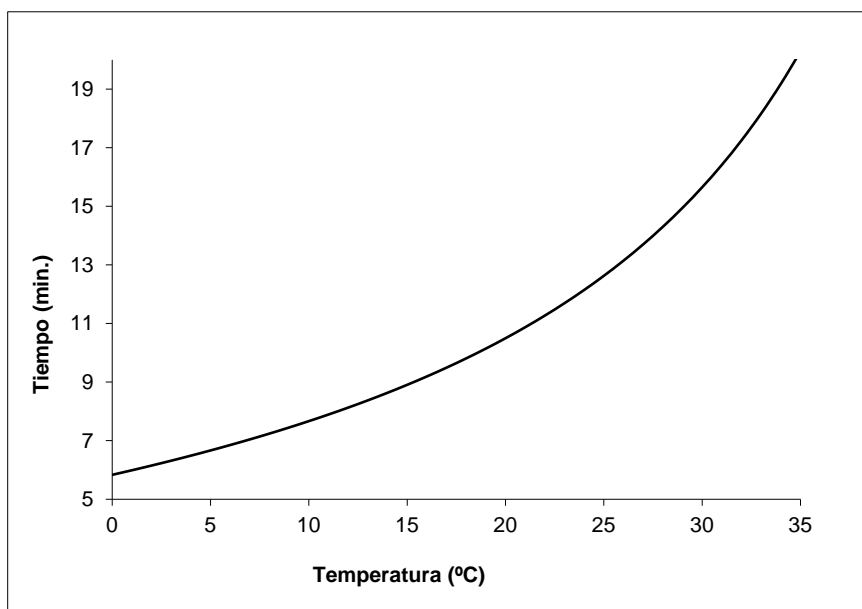


Figura 4.2.2.4. Tiempo mínimo que debe estar un trabajador en la sala de control para perder el calor acumulado en cuando ha estado el tiempo máximo permitido en la sala de máquinas.

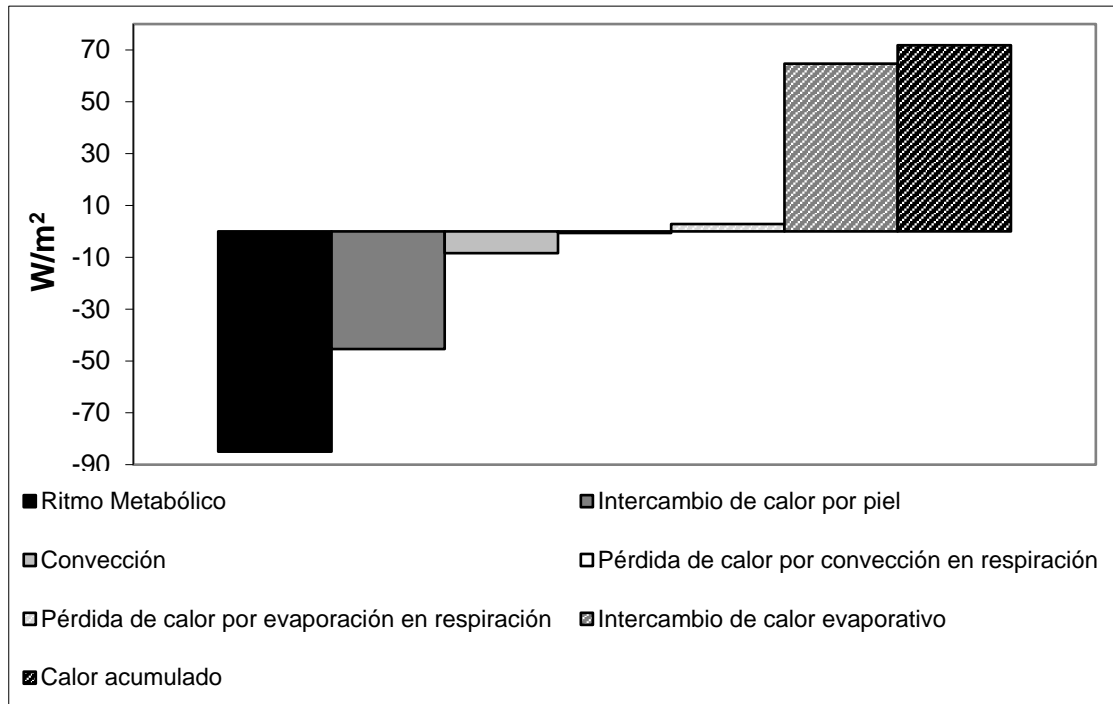


Figura 4.2.2.5. Balance térmico para una persona estándar en sala de máquinas (32,50°C y HR=25,0%).

La Figura 4.2.2.3 se basa en el equilibrio térmico del cuerpo humano y representa el tiempo máximo que un trabajador puede permanecer en la exposición severa particular de la sala de máquinas antes de experimentar los síntomas de estrés por calor. Estos síntomas se identifican con un aumento de 1°C en la temperatura interna debido a que la evaporación máxima es inferior a la requerida para lograr el equilibrio térmico. Como muestra de la curva, en valores constantes de Clo y Met (tareas a realizar) de 0,7 y 1,3, respectivamente, el tiempo máximo para una persona para trabajar en la sala de máquinas depende de la temperatura de globo del recinto. Para una temperatura de globo de 35,00°C, el tiempo máximo es de 40 min, mientras que para una temperatura de globo 50,00°C el tiempo de exposición debe de ser inferior a 20 min. La Figura 4.2.2.4 representa el tiempo mínimo requerido por un mismo trabajador y estar en la sala de control para bajar el calor acumulado, en función de la temperatura de globo de la sala de control.

Finalmente, la Figura 4.2.2.5 representa el balance térmico de una persona estándar (cuyo peso es de 70 kg) que trabaja en la sala de máquinas a 32,5°C y una humedad relativa del 25,0%, que emplea ropa ligera. Esta figura muestra el calor liberado por la convección, conducción y radiación y el calor acumulado por metro cuadrado de piel.

Mientras que el buque estaba en el mar, la temperatura de globo era constante e igual a 50,00°C en la sala de máquinas. Después de examinar los

resultados obtenidos para esta sala de máquinas, se puede afirmar que el tiempo máximo que un trabajador puede permanecer en la misma es de 17 min, después del cual, sería necesario un tiempo de descanso de 10 min en el control de máquinas, para permitir una liberación de calor adecuada. Además, el WBGT es de 40,20°C de acuerdo con la normativa, y la tasa de sudoración requerida ( $S_{w_{req}}$ ) para tener tiempo para conseguir un equilibrio térmico marcó un límite de exposición de 41,76 min.

Como una posible solución a este problema, de acuerdo con la ISO 8861 (ISO, 1998), un aumento de la tasa de ventilación en la sala de máquinas puede permitir una cierta disminución de la temperatura.

Estos resultados serán útiles para la formación y educación de los Jefes y Oficiales de Máquinas en la prevención de riesgos laborales. Podemos considerar, estos datos reales como interesantes para ser tenidos en cuenta durante las futuras revisiones de las normas llevadas a cabo para obtener un mejor diseño de la sala de máquinas.

### **4.3. Propuestas de actuación**

#### **4.3.1. Nuevos procedimientos de prevención de fatiga debida a las condiciones de trabajo**

La ingeniería marina puede ser considerada como un ejemplo de enseñanzas técnicas con necesidades especiales vinculadas directamente con sus atribuciones profesionales. En este sentido, cabe destacar como una de las más importantes la de operar y mantener instalaciones térmicas marinas sin límites de potencia. Ya desde sus inicios, la OMI ha venido celebrando convenciones con objeto de definir un enfoque común de las normas y requisitos mínimos para la seguridad y la formación de los marinos profesionales de diversos países.

Cabe destacar que, a partir de la primera convención en 1978, se ha definido un primer estándar de entrenamiento para marinos en función del tipo de buque en el que naveguen. A partir de este paso inicial, se realizaron más reuniones para actualizar esta norma siendo la última en 2010. En dicha reunión, entre las enmiendas adoptadas, se encuentran una serie de cambios importantes que incluyen los siguientes apartados:

- Mejorar las medidas para prevenir las prácticas fraudulentas relacionadas con los certificados de competencia y fortalecer el proceso de evaluación (supervisión del cumplimiento de las Partes por el Convenio)
- Nuevos requisitos relacionados con la formación en tecnología moderna.
- Nuevos requisitos de capacitación y certificación para los oficiales electrotécnicos.
- Actualización de los requisitos de competencia para el personal que preste servicio a bordo de todos los tipos de buques tanque, incluidos nuevos requisitos para el personal que preste servicio en los buques de gas licuado.
- Nuevos requisitos para la formación en materia de seguridad, así como disposiciones que garanticen que los marinos estén debidamente capacitados para hacer frente si su barco es atacado por piratas.
- Introducción de una metodología de formación moderna que incluye el aprendizaje a distancia y el aprendizaje basado en la web.
- Nuevas orientaciones de formación para el personal que trabaja a bordo de buques que operan en aguas polares.

En base a las nuevas necesidades en la enseñanza para la formación de marinos, resulta de gran interés recordar que hay diferentes aspectos para capacitar a la gente de mar como, por ejemplo, métodos de entrenamiento que se aplicarán en un simulador de la sala de máquinas (Kluj, 2007).

En el pasado, los simuladores de la sala de máquinas constaban de un tablero que emulaba el panel de control de una sala de máquinas, tal y como se aprecia en la Figura 4.3.1.1.



Figura 4.3.1.1. Simulador de sala de máquinas tradicional.

En este sentido, desde 1994, la Academia Marítima de Gdynia mostró el primer trabajo de investigación en profundidad sobre simuladores de sistemas de buques mediante la obtención de la Evaluación Asistida por Ordenador (CAA) para capacitar a ingenieros marinos sobre diferentes procesos (Kluj, 1997, 1999, 2001, 2004a, 2004b, 2005, 2009). Así, la primera versión del simulador de motor diésel basado en PC se desarrolló en 1994 (Kluj, 1995, 2005), lo que permitió una operación del motor en algunas condiciones iniciales y estado técnico variable. Algunas de las principales tareas desarrolladas fueron, por ejemplo, arrancar un motor, aumentar, disminuir la carga del mismo y observar otros parámetros. De entre los resultados obtenidos de estos trabajos de investigación (Kluj, 1997, 1999, 2001, 2004a, 2004b, 2005, 2009) cabe destacar una primera clasificación de los simuladores tal y como se muestra en la Tabla 4.3.1.1.

<b>Simulador</b>	<b>Características</b>
<b>B (like Basic)</b>	Esta familia de simuladores es como el software de un ordenador y está diseñado para ser ejecutado en un solo PC.
<b>P (like Personal)</b>	Estos simuladores modelan un tipo específico de sala de máquinas y el software del simulador se puede ejecutar en un PC o en PCs en red que trabajan en tiempo real
<b>F (like Full)</b>	Son muy realistas y caros. Poseen simulación completa
<b>S (like Special)</b>	Incluye los simuladores especializados que suelen ser programas de ordenador para ser ejecutados en un solo PC, pero más complicado que la clase B.

Tabla 4.3.1.1. Tipos de simuladores.

Empleando esta clasificación, las clases de simuladores F y P pueden llenar las competencias exigidas por el STCW-95, a través de las enmiendas de Manila. En estas enmiendas se pide que los simuladores empleados en la formación puedan simular la capacidad operacional del equipo a bordo, con un alto grado de realismo, incluyendo los posibles errores de este equipo.

A partir de aquí, se desarrolló un primer simulador de clase P con el fin de emular la sala de máquinas de los buques (Kluj, 1997) y así reproducir el comportamiento de un motor diésel marino de baja velocidad típico y sus sistemas auxiliares en una operación en tiempo real.

Este simulador inicial consistía en una red informática con pocas consolas de hardware de la sala de máquinas y una conexión a Internet, tal y como se muestra en la Figura 4.3.1.2.

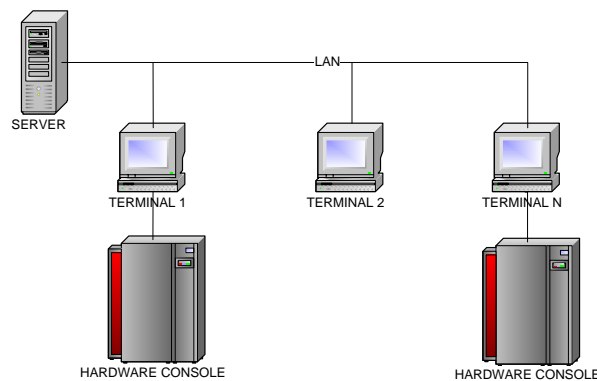


Figura 4.3.1.2. Hardware modular del simulador.

Este primer simulador mostró algunas ventajas con respecto a los tradicionales tableros como un bajo coste de hardware y software, flexibilidad de la configuración del mismo y, lo que es más importante, la posibilidad de una mejora constante del software. A pesar de ello, también mostró algunas desventajas como es la necesidad de un equipo de 8 personas durante un período de 2 años para terminar y probarlo. Además, debido a que este simulador es de un elevado coste, no se vende con todos sus módulos. Cada módulo puede ser comprado de acuerdo a las necesidades específicas de cada Universidad e instalado en diferentes puestos de trabajo comunicados con un bus de control.

En la actualidad, la Universidad Marítima de Gdynia es uno de los centros internacionales de formación más importantes para la Ingeniería Marina. Sus simuladores se emplean en todo el mundo siendo un centro de investigación líder sobre métodos de enseñanza para ingenieros marinos (Cwilewicz&Tomczak, 2012), enfocados en nuevos simuladores que se acercan a las condiciones reales a bordo (Cwilewicz et al., 2004).

Además del elevado coste que supone este tipo de simuladores, también presentan dificultades a la hora de modificar las condiciones de trabajo, tales como, el tipo de fluido, las presiones, etc. Debido a estas dificultades, resulta de especial interés el empleo de un software como herramienta para desarrollar el simulador que pueda ser aplicable en diferentes ordenadores situados fuera de la Universidad.

Existen algunos recursos de software que permiten a los ingenieros marinos reducir su tiempo de aprendizaje en diferentes materias como ha sido el Moodle (Orosa, 2012) en el aprendizaje de sistemas hidráulicos y neumáticos y, en particular, recursos de software como Engineering Equation Software (EES) que permiten a los ingenieros marinos mejorar su aprendizaje de la termodinámica y su comprensión de los ciclos termodinámicos reales de las centrales de potencia.

Este último recurso de software presenta un entorno amigable para el desarrollo de una interface adecuada en un reducido intervalo de tiempo y generar un ejecutable por lo que, en un primer estudio, ha sido empleado para emular una instalación marina y analizar su comportamiento en tiempo real.

Para ello, se ha partido de una fuerte revisión de las indicaciones de la OMI sobre los principales resultados que se deben obtener de un simulador para ser la base de una nueva generación de simuladores. En particular, para este estudio inicial, se empleó como guía el curso de la OMI 33 2.07 Engine Room Simulator para desarrollar nuestro propio simulador de acuerdo con las indicaciones de la OMI.

Los resultados han mostrado que la primera prueba ha podido ser desarrollada en base a la metodología anteriormente comentada por medio del software EES y adaptado a una instalación frigorífica real, tal y como se aprecia en las figuras 4.3.1.3, 4.3.1.4 y 4.3.1.5.



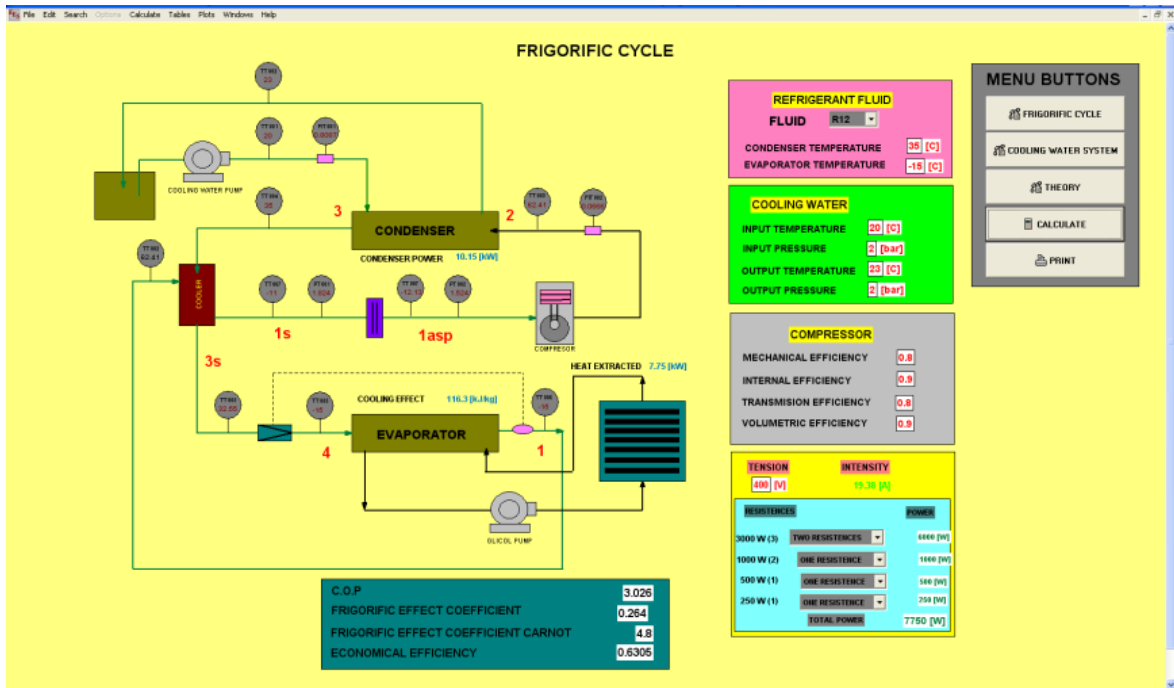


Figura 4.3.1.3. Simulación del ciclo de la instalación frigorífica.

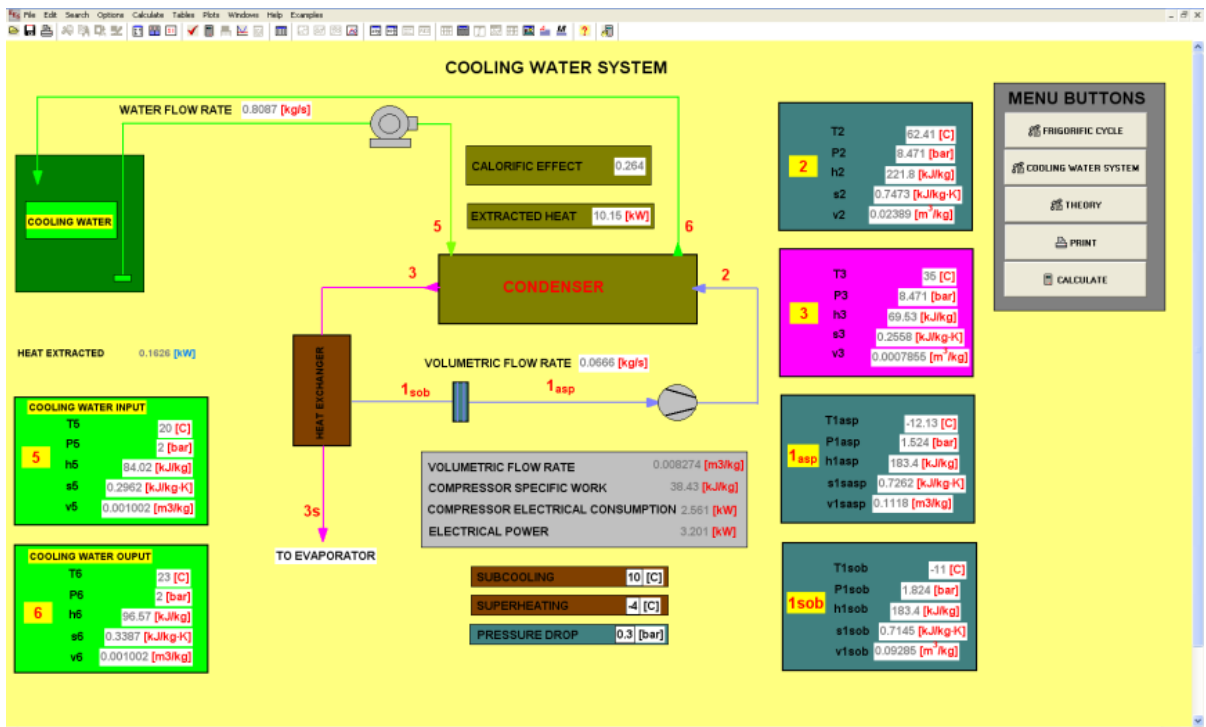


Figura 4.3.1.4. Simulación del sistema de refrigeración del ciclo.

```

"PARA TEMPERATURAS COMO REFERENCIA"
"m=0.8 RENDIMIENTO MECANICO DEL COMPRESOR"
"m=1 RENDIMIENTO INTERNO DEL COMPRESOR"
"m=0.98 RENDIMIENTO DEL COMPRESOR"
"m=0.9 RENDIMIENTO DE LA TRANSMISION"
"m=1 RENDIMIENTO VOLUMETRICO DEL COMPRESOR"

T1=24
T2=27
T3=17
T4=30
T5=27
"AP=0.2"
Dens=FOTEL1000 T1,T3 "POTENCIA CALORIFICA EXTRA"

"ESTADO 1 (1) SATURADO"
p1=psat(Preflg,T=T1)
h1=enthalpy(Preflg,T=T1)
v1=volume(Preflg,T=T1)
s1=entropy(Preflg,T=T1)
T1=T1

"ESTADO 1 (1) SOBRECALENTADO PREVIA CAIDA DE PRESION EN LA ASPIRACION DEL COMPRESOR"
p1=psat(Preflg,T=T1)
T1=10-T1
h1=enthalpy(Preflg,p=p1,iso,T=T1)
s1=entropy(Preflg,p=p1,iso,T=T1)
v1=volume(Preflg,p=p1,iso,T=T1)

"p1=psat(Preflg,T=T1)"

"MODIFICACION DEL PROGRAMA"
"ESTADO 1 ASPIRACION (1,iso) - CON SOBRECALENTAMIENTO Y CAIDA DE PRESION AP "LA CAIDA DE PRSION SE HACE MANUALMENTE HASTA MODIFICACION DE LAS PERIODAS DE CARGA"
P1=psat(Preflg,T=T1)
h1=enthalpy(Preflg,T=T1)
T1=10-T1
s1=entropy(Preflg,p=P1,iso,T=T1)
v1=volume(Preflg,p=P1,iso,T=T1)
k1=quality(Preflg,p=P1,iso,T=T1)

"ESTADO 1 SALIDA DEL COMPRESOR TENIENDO EN CUENTA EL RENDIMIENTO DEL COMPRESOR"
s2=s1
p2=psat(Preflg,T=T2)
h2=enthalpy(Preflg,p=p2,iso,s=s2)
v2=volume(Preflg,p=p2,iso,s=s2)
k2=quality(Preflg,p=p2,iso,s=s2)

```

Figura 4.3.1.5. Programación del EES.

Llegados a este punto, es esencial recordar los dos tipos de pruebas a realizar con un mismo simulador durante el entrenamiento de marinos. La primera prueba, llamada prueba estática, permite a los profesores saber si un estudiante es capaz de alcanzar una condición dada de la sala de máquinas como, por ejemplo, dejar el motor principal listo para comenzar.

El segundo tipo de prueba, llamada prueba dinámica, permite a los profesores obtener un registro y análisis continuo del comportamiento del usuario y comprobar la capacidad del alumno para seguir cambios aleatorios como, por ejemplo, un fallo del sistema.

En este primer estudio, 50 alumnos aprendieron la teoría de los ciclos frigoríficos en las aulas y se dirigieron al ciclo frigorífico real colocado en el laboratorio. Una vez allí, 25 de ellos reconocieron cada uno de los componentes del ciclo y sus condiciones de trabajo y, finalmente, cubrieron un test de evaluación.

De manera simultánea, los otros 25 estudiantes emplearon el simulador para entender el comportamiento real del ciclo en diferentes condiciones de diseño y operación y respondieron al mismo test de evaluación que el otro grupo.

Los resultados obtenidos al comparar ambos test de evaluación estática del simulador con respecto a la instalación real han mostrado claras mejoras en

el aprendizaje en base al estudio autónomo de dicha instalación por medio de la simulación. Lo que es más, la facilidad de adaptación del simulador hacia las características de la instalación real a un muy bajo coste (3000 euros la licencia del EES de por vida) y reducido intervalo de tiempo una vez familiarizados con el entorno de programación del ESS, hace pensar en futuras aplicaciones como es el caso del desarrollo de simuladores de este estilo para la formación de personal y actualización del mismo en cualquier tipo de industria.

Extrapolando la experiencia adquirida en el desarrollo y empleo de simuladores tradicionales para la formación del alumnado, y de acuerdo a las necesidades de estudio de ambientes interiores y fatiga a bordo, ha surgido la necesidad de desarrollar herramientas docentes más sofisticadas, de acuerdo con los avances experimentados por las herramientas de software en los últimos años, y orientadas hacia la prevención de riesgos laborales.

Por otra parte, en base a los resultados obtenidos en los correspondientes capítulos sobre el estudio de las condiciones de trabajo y ambientales a bordo de buques dedicados a la navegación oceánica y a la navegación costera, surge la posibilidad de implementar estos simuladores con una propuesta realista para la detección de las condiciones de fatiga a bordo.

Para ello, el segundo tipo de prueba dinámica podría ser adaptado al muestreo de la condición de fatiga real durante el empleo de la instalación por medio del registro del tiempo de respuesta a las diversas alarmas y del tiempo de resolución de las tareas necesarias, tal y como se aprecia en la Figura 4.3.1.6. Este es pues un trabajo futuro de esta tesis doctoral.

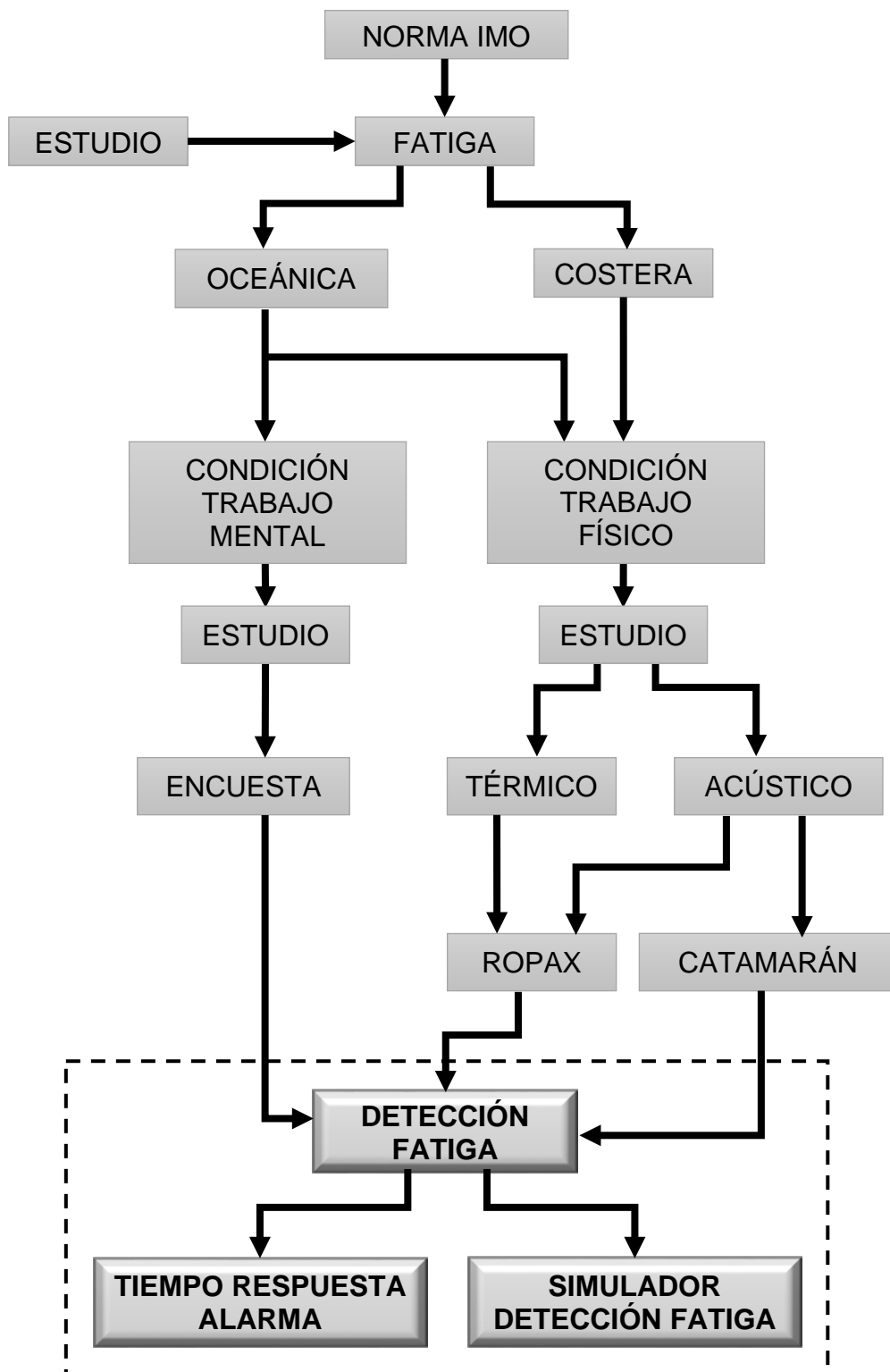


Figura 4.3.1.6. Análisis del nivel de fatiga por medio de simuladores.

### 4.3.2. Nuevos procedimientos de prevención de fatiga debida a las condiciones ambientales: acústica

En base a los valores observados se ha procedido a una representación gráfica de los niveles de ruido a lo largo de la eslora y de las cubiertas del buque catamarán, Figura 4.3.2.1. En dicha figura podemos apreciar de color rojo los niveles más altos obtenidos en las salas de máquinas debido a los motores principales y auxiliares. Estos límites se alejan de los valores máximos permitidos que son 110 dB(A). Las zonas coloreadas en azul muestran las cubiertas superiores del buque, dónde los principales ruidos proceden del pasaje.

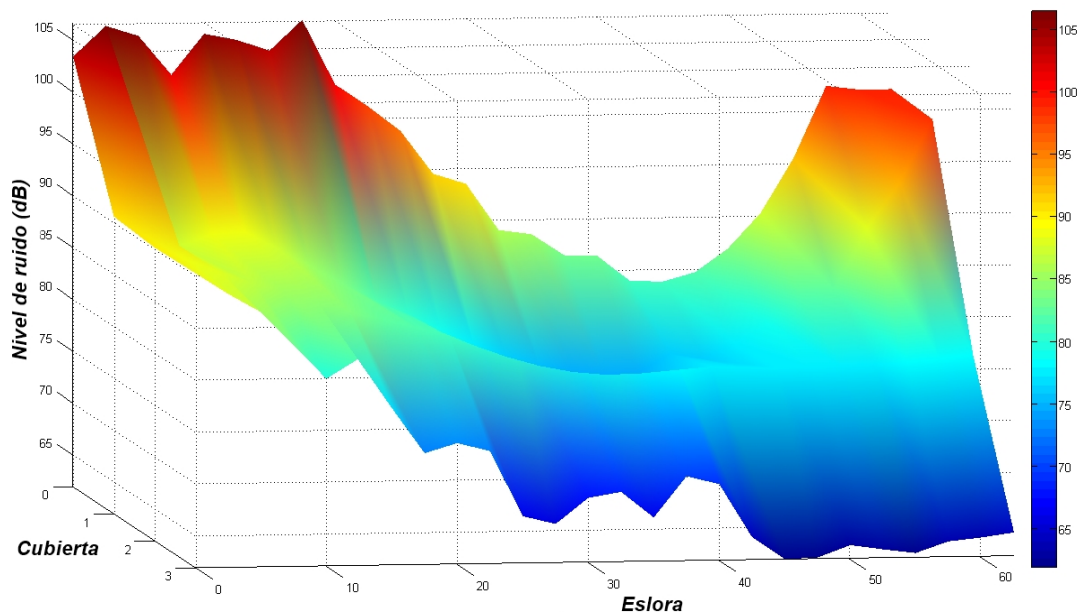


Figura 4.3.2.1. Distribución del ruido según la cubierta y la eslora del buque catamarán.

Para poder realizar un análisis simple de la distribución del ruido a lo largo de la eslora y de las cubiertas del buque se ha analizado el modelo con un método de regresión lineal múltiple. Este modelo permite trabajar con las variables más importantes para la evolución de la distribución del ruido. En particular, se tomaron como variables independientes las variables de eslora y cubierta del buque mientras que los decibelios generados se tomaron como una variable dependiente, como podemos ver en la ecuación [4.1].

El modelo realizado obtiene un valor de R cuadrado de 62%, que es un valor muy alto teniendo en cuenta que sólo se utilizaron dos variables independientes y 38 casos, el número de casos utilizados es inferior al número de mediciones puesto que no se ha tenido en cuenta la manga.

$$dB = 98,165 + (-6,552 \cdot cubierta + 0,99) + (-0,201 \cdot eslora + 0,071) \quad [4.1]$$

Este modelo es un ejemplo de cómo es posible modelar el nivel de ruido a bordo e identificar sus fuentes para, en una posterior fase de corrección en el diseño del buque, se proceda a la correspondiente insonorización. Ni que decir tiene que este proceso debe de llevarse a cabo durante la fase de navegación y con conocimiento de causa del tipo de actividad y horario en el que se realiza.

En este sentido, para resolver el problema del ruido se pueden abordar distintas soluciones. Por una parte, se puede actuar directamente sobre el motor. En esta solución tienen gran influencia los fabricantes de motores marinos, estos mismos fabricantes prevén que, únicamente modificando el motor, el nivel de ruido en la sala de máquinas puede ser reducido en 5 dB(A). Dentro de los métodos propuestos por la nueva resolución MSC. 337(91) se encuentra la recomendación en cuanto a la selección de motores en la fase de proyecto, debería tenerse en cuenta el ruido producido por cada elemento de los motores que haya que instalar.

Por otra parte, debería pedirse a los fabricantes que faciliten información sobre el ruido producido por sus motores y que indiquen los métodos recomendados de instalación que contribuyen a mantener los niveles de ruido reducidos al mínimo. Para reducir el ruido del motor existen varios proyectos (Wollström, 2008), como son el uso de componentes de bajo ruido, tipos de motores de bajo ruido (gas), reducción de ruido de los mecanismos internos, mejoras en el diseño de las cubiertas del motor o recinto de la parte superior.

En cuanto a los buques que ya se encuentran navegando después de esta resolución, las medidas a tomar no podrán ser aplicadas al motor, deberán estar más enfocadas a la reducción del ruido en otros elementos. En el caso que nos ocupa, tal vez la solución más rápida y cómoda pase por realizar una cubierta del motor, ya que sería mucho más costoso cambiar los motores.

Por otra parte, se pueden aplicar medidas de reducción de ruido a la sala de máquinas. Para esto la OMI también ha propuesto las siguientes actuaciones de mejora:

- Aislamiento de fuentes de ruido mediante la separación de los espacios de alojamiento de los de máquinas por medio de espacios no ocupados,
- Silenciadores, cuando sea necesario deberían instalarse silenciadores o equipos de supresión del ruido.
- Envueltas de máquinas: En determinadas circunstancias, se debería considerar la posibilidad de instalar envueltas insonorizantes o envueltas parciales en los motores o máquinas que produzcan niveles de presión acústica superiores a los límites fijados.
- Inspección y mantenimiento: Se deberán realizar inspecciones periódicas para descubrir defectos en los medios empleados para la reducción del ruido.

- Aislamiento contra las vibraciones: Las máquinas deberán situarse sobre silentblocks para la reducción del ruido asociado a la vibración.
- Equipo de supresión del ruido: Introducción de una señal antirruído de supresión que es equivalente a ese ruido, pero con un desfase de 180 grados.

Con cualquiera de estas medidas se puede concluir que si se baja la emisión de decibelios en el motor o en la sala de máquinas, la distribución a lo largo y alto del buque se reducirá según el estudio realizado, con lo cual, este tipo de buques anteriores a la legislación vigente o que están fuera de la legislación como es este caso, entrarían dentro de los límites marcados por la nueva resolución.

Una de las acciones a tomar, podría ser el cambio de los silenciadores de los escapes de los motores, los sistemas convencionales poseen cámaras absorbentes y reactivas, pero en este caso el reactivo solo es eficaz en unas frecuencias, este problema se soluciona con nuevos silenciadores.

El ruido debido a los escapes de los motores y los ruidos estructurales son dos problemas distintos. A la hora de solucionar el ruido estructural se puede emplear nuevos paneles de aislamiento acústico, los nuevos mamparos insonorizantes añaden a los mamparos rígidos un recubrimiento blando que absorbe los ruidos procedentes de la sala de máquinas (Noise Insulations, 2013), mediante el empleo de varias capas.

Todas estas medidas en base a este procedimiento permitirán mejorar el nivel de insonorización a bordo.

#### **4.3.3. Nuevos procedimientos de prevención de la fatiga debida a las condiciones ambientales: térmica**

Tal y como se ha indicado anteriormente, la presente tesis doctoral muestra un estudio de la fatiga térmica en la sala de máquinas de buques mercantes con navegación costera. Para ello, se ha propuesto la adaptación de la metodología genérica existente en instalaciones terrestres (NTP) al ámbito marino. En particular, se han obtenido curvas de tiempo máximo de permanencia en la sala de máquinas en función de las condiciones ambientales existentes en la misma así como de las particularidades de la tarea a realizar.

De igual manera, se han obtenido las curvas que definen el tiempo mínimo necesario de descanso en el control para la recuperación total de la fatiga térmica acumulada.

Como conclusión, se propone la adopción inmediata, por parte de las normativas marítimas (SOLAS) de esta metodología para la prevención de

riesgos y mejora de la calidad de vida a bordo. En particular, es necesario el desarrollo de las curvas correspondientes al tiempo máximo de trabajo en cada ambiente para cada una de las actividades a realizar en estos ambientes extremos y la difusión de las mismas.

#### **4.4. Referencias**

(ANSI/ASHRAE, 2013) ANSI/ASHRAE Standard 55-2013. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

(Cwilewicz et al., 2004) Cwilewicz, R., Tomczak, L., Pudlowski, Z.J., 2004. New Simulation Techniques Developed for Maritime Engineering Education. *Global J. of Engng. Educ.*, 8(2), pp. 201-208.

(Cwilewicz&Tomczak, 2012) Cwilewicz, R. and Tomczak, L., 2012. The latest developments in 3D visualization engine room simulators for emergency procedure training, *WIT Transactions on Information and Communication Technologies* 2012, pp. 427-436.

(Kluj, 1995) Kluj, S., 1995. The role and mission of a PC-based engine room simulator. *Proceedings of ICERS 2*, Rimouski, Canada.

(Kluj, 1997) Kluj, S., 1997. Computer Aided Assessment for Engine Room Simulator. *3th International Conference on Engine Room Simulators in Svendborg*.

(Kluj, 1999) Kluj, S., 1999. Use of Checklists in Engine Room Simulator. *4th International Conference on Engine Room Simulators in Vallejo*.

(Kluj, 2001) Kluj, S., 2001. The Relation Between Learning Objectives And The Appropriate Simulator Type. *5th International Conference on Engine Room Simulators in Singapore*.

(Kluj, 2004a) Kluj, S., 2004. The Selected Aspects of the Steam Engine Room Simulators. *6th International Conference on Engine Room Simulators in Wuhan*.

(Kluj, 2004b) Kluj, S., 2004. The Application of the Diesel Engine Simulator for the Diagnostic Training. *The IAESTED International Conference on Applied Simulator and Modelling in Rhodes*.

(Kluj, 2005) Kluj, S., 2005. The Teaching Practice When Using a Diagnostic Simulator Turbo Diesel 3. *7th International Conference on Engine Room Simulators in Portoroz*.



(Kluj, 2007) Kluj, S., 2007. The Speech Synthesis Application in the Engine Room Simulator Training. 8<sup>th</sup> International Conference on Engine Room Simulators in Manila, 2007.

(Kluj, 2009) Kluj, S., 2009. The Simulation of Electronically Controlled Engines and the Need for Change of STCW. 9<sup>th</sup> International Conference on Engine Room Simulators in Manila.

(IMO, 2001) International Maritime Organization, 2001. Orientaciones acerca de la reducción y gestión de la fatiga. MSC/Circ.1014 del 12 de junio del 2001.

(ISO, 1989) ISO 7243:1989. Hot environments. Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature).

(ISO, 1998) ISO 8861:1998. Shipbuilding. Engine-room ventilation in diesel-engined ships. Design requirements and basis of calculations.

(ISO, 2002) ISO 7547:2002. Ships and marine technology. Air-conditioning and ventilation of accommodation spaces. Design conditions and basis of calculations.

(ISO, 2004a) ISO 7933:2004. Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain.

(ISO, 2005) ISO 7730:2005. Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.

(ISO, 2008) ISO 7547:2002/Cor 1:2008. Ships and marine technology. Air-conditioning and ventilation of accommodation spaces. Design conditions and basis of calculations.

(Lundh & Rydstedt, 2016) Lundh, M. and Rydstedt, L.W., 2016. A static organization in a dynamic context - A qualitative study of changes in working conditions for Swedish engine officers. *Applied Ergonomics*, 55, pp. 1-7. DOI: 10.1016/j.apergo.2016.01.006.

(Lundh et al., 2011) Lundh, M., Lützhöft, M., Rydstedt, L. and Dahlman, J., 2011. Working conditions in the engine department – A qualitative study among engine room personnel on board Swedish merchant ships. *Appl. Ergonomics.*, 42 (2), pp. 384–390.

(Noise Insulations, 2013) Series of brochures on products from Halyard. Noise Insulation Materials. <http://www.dekamarine.com/deka/media/halyard/catalogue/4.%20Noise%20Insulation%20Materials.pdf> (Acceso en marzo de 2015).

(Oldenburg et al., 2010) Oldenburg, M., Baur, X. and Schlaich, C., 2010. Occupational risks and challenges of seafaring. *Journal of Occupational Health*, 52(5), pp. 249-256. DOI: 10.1539/joh.K10004.

(Orosa et al, 2010) Orosa, J.A., Iradi, G. and Oliveira, A.C., 2010. Thermal comfort conditions in ships. *Journal of Ship Production*, 26(1), pp. 60-65.

(Orosa, 2012) Orosa, J.A., 2012. A new Moodle teaching methodology for marine engineers of hydraulic and pneumatic systems. *Computer Applications in Engineering Education*, 20(3), pp. 419-425. DOI: 10.1002/cae.20409.

(Patent, 2008) University of A Coruña, 2008. Patent number P200801036. Department of Energy and Marine Propulsion.

(Pérez et al., 2016b) Pérez, J.A., Orosa, J.A. and Costa, Á.M., 2016. Energetic optimization of the ventilation system in modern ships. *Applied Thermal Engineering*, 108, pp. 816-823. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2016.07.176.

(Simonson et al., 2001) Simonson, C.J., Salonvaara, M., Ojanen, T., 2001. Improving Indoor Climate and Comfort with Wooden Structures. Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland.

(Wang, 2001) Wang, J., 2001. The current status and future aspects in formal ship safety assessment. *Safety Science*, 38(1), pp. 19-30. DOI: 10.1016/S0925-7535(00)00052-7.

(Wang, 2002) Wang, J., 2002. Offshore safety case approach and formal safety assessment of ships. *Journal of Safety Research*, 33(1), pp. [d] 81-115.

(Wollström, 2008) Wollström, M., Saine,K., 2008. Reduction of engine noise in engine rooms. *Wärtsilä Technical Journal*, vol.01, pp 42-44.

(Yang et al., 2014) Yang, Z., Ng, A.K.Y. and Wang, J., 2014. A new risk quantification approach in port facility security assessment. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 59, pp. 72-90.

## **5. CONCLUSIONES**



## 5. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones obtenidas a partir de la presente tesis doctoral han sido:

### **Analizar los ambientes interiores marinos extremos en buques mercantes con tipo ropax y catamarán tomando como referencia la normativa nacional e internacional sobre fatiga.**

- El nivel máximo de ruido proviene de la sala de máquinas, seguido por las cubiertas donde se encuentran comedores y salones. Este efecto se mantiene tanto en navegación como en puerto y llegan a afectar zonas de habitación afectando en ocasiones al descaso del propio pasaje.
- La sala de control registró temperaturas muy bajas en comparación con la de la sala de máquinas pudiendo dar lugar a choques térmicos en los trabajadores que se mueven entre ambas salas.
- La temperatura media registrada en la sala de máquinas ha alcanzado valores superiores a los permitidos en ambientes calurosos y pueden producir diferentes trastornos de la salud en los Oficiales de Máquinas y subalternos.

### **Analizar las posibles causas que provocan fatiga del personal a bordo de buques mercantes, en base a las condiciones de navegación y organización del trabajo.**

- Facebook ha resultado ser una herramienta realmente eficaz para el proceso de interacción con marinos y conocer sus necesidades y condiciones laborales. En particular para la distribución y el empleo de encuestas tipo SOFI. Por todo ello, se propone como medida de actualización y toma de contacto con este sector tan desatendido.
- La navegación costera, presentaba mayor fatiga que la oceánica al tener mayores escalas en puerto.
- Las respuestas obtenidas reflejan un nivel de complejidad y esfuerzo alto del trabajo en el departamento de máquinas. También es interesante comentar que se dispone, para la realización de los trabajos, de tiempo ajustado y que existe una gran presión para cumplir con el tiempo fijado. Por todo lo comentado, los trabajadores muestran unos niveles de fatiga relativamente altos.

**Analizar las posibles causas que provocan fatiga física en el personal a bordo de buques mercantes con navegación costera.**

- Desde el punto de vista de la fatiga causada por el nivel de ruido, se ha definido una metodología para romper la linealidad de la propagación del ruido a bordo.
- Desde el punto de vista de fatiga causada por el ambiente térmico, se ha detectado una carencia por parte de la normativa internacional SOLAS hacia esta causa de fatiga. En consecuencia, se han desarrollado curvas específicas para cada tipo de tarea en la sala de máquinas en base a la normativa industrial terrestre, que permitan definir el tiempo máximo permitido y mínimo de descanso necesario.

**Propuesta de soluciones para la reducción de dichos niveles de fatiga y sus consecuencias.**

- Los simuladores estáticos adaptados al ambiente de trabajo particular permiten claras mejoras en el aprendizaje de alumnos en su estudio autónomo.
- Lo que es más, el segundo tipo de prueba dinámica pendiente de ser desarrollada con esta metodología puede ser adaptado al muestreo de la condición de fatiga real durante el empleo de dicha instalación por medio del registro del tiempo de respuesta a las diversas alarmas y del tiempo de resolución de las tareas necesarias. Este es pues trabajo futuro de esta tesis doctoral.
- Se ha propuesto una metodología sencilla que permite analizar el ruido a bordo y mejorar así el análisis de su insonorización.
- Se propone generar curvas de tiempo máximo de trabajo en ambiente extremo y de mínimo de reposo para cada tarea a realizar y difundir esta información en las correspondientes normas.

Además de esto, esta tesis pretende orientar futuras investigaciones en la caracterización de ambientes interiores de los buques y las normas derivadas de los mismos.

## **6. TRABAJOS DERIVADOS DE LA TESIS**





## **6. TRABAJOS DERIVADOS DE LA TESIS**

Pérez, J.A., Orosa, J.A. and Bouzón, R., 2016. A new approach to develop marine power system simulators for marine engineers teaching and professional training. *International Journal of Engineering Education*, 32(1), pp. 294-302.

Costa, A.M., Bouzón, R., Orosa, J.A. and Pérez, J.A., 2015. A new methodology to design thermodynamic power station simulators for marine engineering studies. *International Conference on Recent Advances on Education and Educational Technologies*,

Bouzón, R., Costa, A.M., Roshan, G., Orosa, J.A., 2015. Evaluating the consequences of the new standards on noise conditions in ships. *Pollution*, 1(2), pp. 127-138.

Costa, A.M., Bouzón, R., De Miguel Catoira, A., Romero Gómez, J. and Romero Gómez, M., 2013. IMO standard and gas emissions reduction from ships. *Ships and Shipbuilding: Types, Design Considerations and Environmental Impact*. pp. 167-183.

Bouzón, R., Costa, A.M., De Miguel Catoira, A., Romero Gómez, J. and Romero Gómez, M., 2013. Research about the new IMO convention. *Ships and Shipbuilding: Types, Design Considerations and Environmental Impact*. pp. 155-166.

Bouzón, R., De la Campa, R.M., Costa, A.M., Romero Gómez, J., 2012. Fatigue and Time Constraints in Regular-line short sea shipping: safety management code application and limitations. *Maritime Transport V: Technological, Innovation and Research*, pp 1188-1203.

Bouzón, R., Costa, A.M., De Miguel Catoira, A., Orosa, J.A., 2011. La fatiga a bordo de una nave de gran velocidad. *Medicina Marítima*, 11(2), pp. 191-194.

Orosa, J.A., Costa, A.M., Bouzón, R., De Miguel Catoira, A., Romero Gómez, J., 2011. Normativa nacional española de ruido en el transporte marítimo 11(2), pp.187-190.