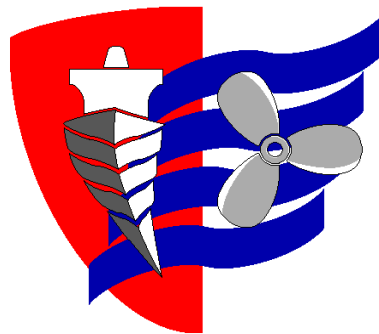


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



Trabajo Fin de Máster

**ANÁLISIS DE INFORMES DE ACCIDENTES Y
CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIESGO**

(Accident report analysis and risk index calculation)

**Para acceder al Título de Máster Universitario en:
Ingeniería Náutica y Gestión Marítima**

Autor: Pablo Huertas Molina
Director: Francisco J. Correa Ruiz

Junio-2017

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

Trabajo Fin de Máster

**ANÁLISIS DE INFORMES DE ACCIDENTES Y
CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIESGO**

(Accident report analysis and risk index calculation)

Para acceder al Título de Máster Universitario en:

Ingeniería Náutica y Gestión Marítim

Índice

Índice	I
Índice de figuras	III
Índice de tablas	VI
Resumen y Palabras clave.....	VII
Abstract and keywords	VIII
Abreviaturas	IX
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- MEMORIA DESCRIPTIVA.....	3
II.1.- Planteamiento del problema.....	3
II.1.1.- Hipótesis de partida y de resultado (objetivos)	3
II.2.- Herramientas de resolución	4
II.2.1.- Descripción del sistema objeto de estudio.....	4
II.2.2.- Descripción del contexto técnico	12
II.2.3.- Otras herramientas	14
II.3.- Metodología.....	17
II.3.1.- Recopilación de informes de accidentes	17
II.3.2.- Análisis de informes de accidentes y creación de una tabla Excel.....	18
II.3.3.- Análisis los datos recopilados a través de tablas dinámicas y gráficos dinámicos.....	22
II.3.4.- Creación de mapas de distribución de los accidentes estudiados	22
II.3.5.- Comparativa de los mapas creados con mapas de densidad	23
II.3.6.- Aplicación del modelo de riesgo de la Universidad de Cantabria.....	23
III.- APLICACIÓN PRÁCTICA.....	28
III.1.- Análisis de los datos.....	28
III.1.1.- Introducción	28
III.1.2.- Tipología de los buques	30
III.1.3.- Edad de los buques	33

III.1.4.- Tamaño de los buques	34
III.1.5.- Número de tripulantes.....	35
III.1.6.- Banderas de los buques	38
III.1.7.- Sociedad de clasificación.....	39
III.1.8.- Banderas investigadoras	40
III.1.9.- Causas de los accidentes	41
III.1.10.- Condiciones ambientales.....	44
III.1.11.- Consecuencias de los accidentes.....	47
III.2.- Análisis de la localización.....	52
III.2.1.- Localización de los accidente estudiados.....	52
III.2.2.- Localización de los accidentes estudiados por la EMSA y mapa de densidad55	
III.3.- Análisis del índice de riesgo.....	60
IV.- CONCLUSIONES.....	62
Referencias citadas	63

Índice de figuras

Figura 1. Menú principal de la web del EMCIP. Consultada el 15 de Abril de 2017 .	17
Figura 2. Menú de búsqueda de informes de accidentes en la web del EMCIP. Consultada el 15 de Abril de 2017	18
Figura 3. Base de datos en Excel con los datos extraídos de los informes recopilados.....	22
Figura 4. Número de escalas por tipo de buque en puertos europeos por año, entre 2010 y 2015 según Eurostat	25
Figura 5. Total de accidentes estudiados ocurridos entre el 01/01/2013 y el 12/12/2016 incluidos en la plataforma EMCIP	29
Figura 6. Total de buques implicados en los accidentes estudiados	29
Figura 7. Tipología de los buques implicados en los accidentes estudiados	30
Figura 8. Comparativa del porcentaje de buques implicados en accidentes y el porcentaje de buques en aguas europeas según el UNCTAD por tipo	31
Figura 9. Tipo de accidente en función del tipo de buque.....	32
Figura 10. Edad media de los buques estudiados en función de su tipo	33
Figura 11. Arqueo medio de los buques estudiados en función de su tipo	34
Figura 12. Tripulación media de los buques estudiados en función de su tipo.....	37
Figura 13. Relación arqueo medio – tripulación promedio de los buques estudiados en función de su tipo	37
Figura 14. Banderas de los buques implicados en los accidentes estudiados	39
Figura 15. Sociedades de clasificación de los buques implicados.....	40
Figura 16. Banderas investigadoras de los accidentes estudiados	41
Figura 17. Causa principal de los accidentes estudiados	42
Figura 18. Causa principal según el tipo de accidente.....	43

Figura 19. Condiciones de viento en los accidentes estudiados.....	44
Figura 20. Condiciones de viento según el tipo de accidente	45
Figura 21. Condiciones de oleaje en los accidentes estudiados.....	46
Figura 22. Condiciones de oleaje según el tipo de accidente	46
Figura 23. Condiciones de oleaje en los accidentes estudiados.....	47
Figura 24. Daños sufridos por los buques como consecuencia de los accidentes estudiados	48
Figura 25. Daños al buque en función del tipo de accidente	49
Figura 26. Daños sufridos por las personas como consecuencia de los accidentes estudiados	50
Figura 27. Daños sufridos por el medio ambiente como consecuencia de los accidentes estudiados.....	51
Figura 28. Localización de las colisiones estudiadas representadas sobre un mapa de Europa.....	53
Figura 29. Localización de los contactos estudiados representados sobre un mapa de Europa.....	54
Figura 30. Localización de las varadas estudiadas representadas sobre un mapa de Europa.....	55
Figura 31. Localización de los accidentes recopilados por la EMSA en el área de Europa y publicados en su informe de 2016 sobre accidentes marítimos.....	56
Figura 32. Localización de los accidentes recopilados por la EMSA en el área del Mar Mediterráneo y publicados en su informe de 2016 sobre accidentes marítimos.....	57
Figura 33. Densidad de tráfico Mar Mediterráneo Marzo 2017, MarineTraffic.....	57
Figura 34. Localización de los accidentes recopilados por la EMSA en el área del norte de Europa y costa atlántica, publicados en su informe de 2016 sobre accidentes marítimos	58

Figura 35. Densidad de tráfico Norte de Europa Marzo 2017, MarineTraffic.....	59
---	----

Índice de tablas

Tabla 1. Número de pasos anuales de buques por aguas europeas en función de su tipo.	25
Tabla 2. Valores asignados en función de los daños al buque para el cálculo del índice de consecuencia.....	26
Tabla 3. Valores asignados en función de los daños a las personas para el cálculo del índice de consecuencia.....	26
Tabla 4. Valores asignados en función de los daños al medioambiente para el cálculo del índice de consecuencia.....	27
Tabla 5. Cálculo del índice de probabilidad según el tipo de buque para cada 1.000.000 de pasos.....	60
Tabla 6. Cálculo del índice de consecuencia según el tipo de buque.....	61
Tabla 7. Cálculo del índice de riesgo según el tipo de buque.....	61

Resumen y Palabras clave

Resumen

En este Trabajo Fin de Máster se analizan los informes relativos a varadas, colisiones y contactos recopilados por la Plataforma Europea de Información sobre Accidentes Marítimos entre los años 2013 y 2016, con el objetivo de elaborar una base de datos.

Una vez elaborada esta base de datos se procede a extraer el máximo de información posible de los datos recopilados para tratar de entender cuáles son los factores que hacen que un buque tenga mayor probabilidad de sufrir un accidente de tipo contacto, varada o colisión. Esta información se presenta en forma de tablas y gráficos que ayudan a la fácil comprensión y comparación de la información. Además, se elaboran mapas de localización de los accidentes y se comparan con mapas de densidad del tráfico marítimo en Europa, facilitando la comprensión de la relación entre tráfico marítimo y número de sucesos.

Por otra parte, se aplica a la información contenida en la base de datos elaborada un modelo de riesgo que permite cuantificar el índice de riesgo de cada tipo de buque, a través de los índices de probabilidad y de consecuencia. Esto permite comparar los diferentes tipos de buque entre sí y con un valor general del conjunto.

Se concluye que los factores de tipo meteorológico, de tipología de buque, de bandera o de clase tienen un peso mucho menor que los factores de tipo humano o de localización. Además, se establece que el índice de riesgo es similar a todos los tipos de buque. Estas conclusiones quedan sujetas a la posibilidad de aumentar el rango de accidentes abarcados para consolidarlas.

Palabras clave: Accidente, Buque, Riesgo, Informe, Tráfico, Europa, EMSA

Abstract and keywords

Abstract

During this Master Thesis, all reports concerning groundings, collisions and contacts collected by the European Marine Casualty Information Platform between years 2013 and 2016 were analyzed to create a database.

From this database as much information as possible is collected in order to understand which are the factors that make a ship more likely to suffer a collision, a grounding or a contact. This information is showed as charts and figures that lead to better understanding and comparison. Moreover, location maps are developed and compared to maritime traffic density maps in Europe, making it possible to understand the relation between maritime traffic and accident occurrence.

On the other hand, the information contained in the database is subjected to a risk model calculation, which allows to analyze the risk that each kind of vessel has as calculated by probability and consequence. This makes comparison between types and with the average possible and simple.

It is concluded that meteorological factors, type factors, flag and class are way less important as human factors or location in the probability of accident. Moreover, risk index is similar to all types of ships. This conclusions are subjected to further ampliation of the data analysed.

Keywords: Accident, Ship, Risk, Report, Traffic, Europe, EMSA

Abreviaturas

EMSA	European Maritime Safety Agency Agencia Europea de Seguridad Marítima
OMI	Organización Marítima Internacional
EMCIP	European Marine Casualty Information Platform Plataforma Europea de Información sobre Accidentes Marítimos
SOLAS	Safety of Life at Sea Convenio sobre la Seguridad de la Vida Humana en el Mar
UE	Unión Europea
IACS	International Association of Classification Societies Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación
CIAIM	Comisión Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos
ARPA	Automatic Radar Plotting Aids Radar de Punteo Automático
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
AIS	Automatic Identification System Sistema de Identificación Automático
GPS	Global Positioning System Sistema de Posicionamiento Global
GT	Gross Tonnage Arqueo Bruto
MSC	Maritime Safety Committee Comité de Seguridad Marítima

I.- INTRODUCCIÓN

Desde el año 1997 la OMI ha elaborado diferentes marcos legislativos con el objetivo de unificar criterios en lo que a la investigación de accidentes e incidentes marítimos se refiere. Este tema, tratado de manera débil y dispersa hasta entonces, es de vital importancia para poder obtener lecciones de los sucesos que van aconteciendo, posibilitando así un mejor entendimiento y una mayor prevención en el futuro. De los accidentes pasados pueden y deben nacer tecnologías, materiales, procedimientos y estándares más seguros.

La trasposición al marco legislativo europeo, a través de la Directiva 2009/18/CE supuso un salto hacia delante en la investigación de accidentes marítimos en Europa. La creación de una base de datos comunitaria se sumaba a la regulación internacional en cuanto al formato y los contenidos mínimos de los informes de investigación que debe emitir cada país. De esta manera, se asegura que independientemente de donde ocurra un accidente, o cuál sea la bandera del buque o buques que lo protagonizan, se emitirá un informe en inglés con un formato predeterminado. A través de esta base de datos, denominada EMCIP, cualquier persona u organización puede acceder a todos los informes que desee, facilitando enormemente el acceso al conocimiento.

En este Trabajo Fin de Máster se ha utilizado esa potente herramienta, el EMCIP, para recopilar todos los informes de accidentes tipo colisión, varada o contacto acaecidos entre el año 2013 y 2016. De cada uno de estos informes se extrae la misma información que es recopilada en una base de datos, facilitando de esta manera la manipulación de la información.

La base de datos elaborada una vez completa permite obtener, mediante diferentes herramientas de software, información en formatos entendibles y comparables. De esta manera se puede saber qué factores son los que influyen de una manera más directa en la probabilidad de accidente,

comparar los accidentes ocurridos entre sí para encontrar patrones que se repiten, establecer cuáles son las causas más comunes de cada tipo de accidente y cuáles son las consecuencias que estos tienen, entre otras cosas.

La localización geográfica de estos accidentes resulta a su vez muy interesante de analizar, puesto que comparando los puntos donde han sucedido los accidentes con los mapas de densidad de tráfico obtenidos en internet, se observa que es un factor decisivo en la concurrencia o no de los mismos. Además, la aglomeración de buques en estrechas franjas de agua próximas a la costa, tales como el paso del estrecho de Gibraltar o el paso de Calais explica el fenómeno de la proliferación de varadas, contactos y colisiones.

Por otra parte, se aplica a los datos recogidos en la base de datos un modelo de riesgo que ha sido elaborado por el profesor D. Francisco J. Correa Ruiz y que consiste en la obtención de un valor para el índice de riesgo al que está sometido cada tipo de buque. Este nivel de riesgo es consecuencia de la combinación del factor de probabilidad y el factor de consecuencia, es decir, la probabilidad de que ocurra un accidente y sus posibles consecuencias combinadas dan lugar a un valor del índice de riesgo.

De todo lo anterior nacen una serie de conclusiones acerca de los factores externos que dan lugar a los accidentes y de las consecuencias que estos tienen sobre los buques, las personas y el medioambiente, que podrían ser ampliadas y mejoradas ampliando el rango estudiado y la tipología de accidentes.

II.- MEMORIA DESCRIPTIVA.

II.1.- Planteamiento del problema

II.1.1.- Hipótesis de partida y de resultado (objetivos)

Los límites del estudio son los siguientes:

- Accidentes acaecidos entre el 01/01/2013 y el 12/12/2016
- Accidentes de tipo varada, colisión o contacto
- Accidentes que afecten a buques SOLAS
- Accidentes recogidos en la base de datos del EMCIP
- Accidentes sucedidos en aguas europeas y/o investigados por organismos de países miembros de la UE

Siendo las hipótesis de partida las siguientes:

- El riesgo de que un buque sufra un accidente de tipo varada, colisión o contacto es diferente en función del tipo de buque
- La localización geográfica es determinante a la hora de establecer el riesgo de accidente independientemente del tipo de buque
- Las consecuencias de los accidentes de tipo varada, colisión y contacto son graves

Los objetivos de este trabajo son los siguientes:

- Obtener un valor cuantitativo y cualitativo del perfil de los buques que sufren este tipo de accidentes
- Obtener un valor cuantitativo del índice de riesgo para los accidentes analizados en función de su tipología
- Obtener un mapa de localización más probable de los accidentes estudiados
- Diseñar una base de datos ampliable con información de accidentes anteriores o posteriores a las fechas escogidas

- Analizar el impacto de los factores externos en la probabilidad de los accidentes analizados

II.2.- Herramientas de resolución

II.2.1.- Descripción del sistema objeto de estudio.

Los informes utilizados para llevar a cabo esta investigación responden a las exigencias desarrolladas en una extensa normativa internacional, principalmente la desarrollada por la OMI y sus transposiciones a la legislación europea, sobre la que nos centraremos.

A través de esta normativa se articulan las comisiones encargadas, en cada país miembro de la Unión Europea, de investigar los accidentes que ocurran en sus aguas y aquellos que afecten a buques de su bandera. Estas investigaciones tienen como fruto un informe que se remite a una base de datos central EMCIP gestionada por la EMSA

II.2.1.1.- Normativa de la Organización Marítima Internacional sobre investigación de accidentes

La Asamblea general de la OMI, en su reunión del 27 de Noviembre de 1997, aprobaba la resolución A.849(20) “Código para la investigación de siniestros y sucesos marítimos” (Organización Marítima Internacional, 1997)

Esta resolución establece la forma y los contenidos mínimos que deberán tener los informes emitidos por los diferentes países tras llevar a cabo sus investigaciones. Además, se establecen los criterios en función de los cuales se definirá la gravedad de cada suceso.

Tras observarse la enorme influencia del factor humano en el acaecimiento de accidentes marítimos, la Asamblea aprueba el 25 de Noviembre de 1999 la resolución A.884(21), enmienda al Código para la investigación de siniestros y sucesos marítimos en el que incluye un nuevo apéndice “Directrices para la investigación del factor humano en los siniestros y sucesos marítimos”. (Organización Marítima Internacional, 1999)

Tras observarse una gran disparidad de criterios y/o falta de unanimidad en la forma de los informes emitidos por los diferentes estados, el comité de seguridad marítima reunido el 16 de mayo de 2008 aprueba la Resolución MSC.255(84) “Código de normas internacionales recomendadas para la investigación de los aspectos de seguridad de siniestros y sucesos marítimos” (Organización Marítima Internacional, 2008)

II.2.1.2.- Directiva 2009/18/CE de la Unión Europea sobre investigación de accidentes

Esta directiva del Parlamento Europeo y del Consejo Europeo, aprobada el 23 de Abril de 2009, supone un último avance en la investigación de accidentes marítimos en Europa, y consolida el acceso común a la base de datos europea como veremos más adelante.

Esta Directiva modifica las anteriores de 1999 y 2002, para adaptar la norma europea a las directrices de la OMI, creando las condiciones adecuadas para que un trabajo como el que aquí se desarrolla pueda llevarse a cabo.

Los artículos más relevantes en lo que a los informes sobre accidentes marítimos se refiere son los siguientes:

Artículo 2: Ámbito de aplicación. Se definen los accidentes que deberán ser obligatoriamente investigados por alguno de los países miembros, a saber:

- Accidentes que afecten a buques que enarbolen el pabellón de alguno de los estados miembros
- Se produzcan en el mar territorial o en las aguas interiores de los estados miembros
- Afecten a otros intereses de consideración de los estados miembros

Artículo 5: Obligación de investigar. Cuando se produzca un accidente que cumpla las características del artículo 2, los países deberán investigarlo y emitir un informe.

Artículo 6: Obligación de notificar. Las organizaciones, autoridades competentes y partes implicadas en los accidentes marítimos deberán notificar de inmediato al estado miembro correspondiente.

Artículo 8: Organismos de investigación. Cada estado miembro deberá garantizar la existencia de un organismo permanente e imparcial de investigación de accidentes, formado por profesionales cualificados y en permanente formación. Además, los estados miembro deben garantizar los siguiente a los organismos de investigación:

- Gozar de libre acceso a cualquier zona pertinente o al lugar de siniestro, así como al buque o resto de naufragio
- Garantizar el inventario de pruebas y la recopilación inmediata de restos u componentes de interés en la investigación, así como acceso a los resultados de pruebas que se apliquen a los mismos
- Gozar de libre acceso a toda la información pertinente y a los datos disponibles
- Gozar de libre acceso a los cuerpos de las víctimas y a los resultados forenses que pudieran obtenerse
- Interrogar a los testigos sin la presencia de personas que puedan tener un conflicto de intereses con los mismos
- Obtener información del estado de bandera, las sociedades de clasificación y los estados rectores del puerto con respecto del buque en cuestión
- Solicitar asistencia de otros organismos y estados de bandera y rectores del puerto

Los organismos de investigación deberán estar preparados para intervenir de inmediato, contando con fondos suficientes y garantías para llevar a cabo su trabajo de forma independiente.

Artículo 10. Marco de colaboración permanente. Se incita a los estados miembro a colaborar de forma activa en la investigación de accidentes

compartiendo recursos, conocimientos e información de acuerdo a las legislaciones nacionales de cada país.

Artículo 14. Informes sobre accidentes. Toda investigación llevada a cabo dará lugar a la publicación de un informe. Los organismos investigadores harán todo lo posible para que exista un informe disponible en el plazo de 12 meses a partir de la fecha del suceso.

Artículo 17. Base de datos europea sobre siniestros marítimos. Se establece la creación de la Plataforma Europea de Información de Accidentes Marítimos, que se explicará en detalle en II.2.1.4.-

II.2.1.3.- Agencia Europea de Seguridad Marítima

El Parlamento Europeo publicó el 27 de Junio de 2002 el Reglamento 1406/2002 mediante el cual se creaba la EMSA, con el objetivo de dotar a los Estados miembros de una organización común en materia de seguridad marítima y de prevención de la contaminación.

Dentro de la reglamentación mediante la que se articulaba a la Agencia, se recoge, en el artículo 2 e) lo siguiente: “Facilitar la cooperación entre los Estados miembros y la Comisión en el desarrollo, dentro del respeto a los diferentes ordenamientos jurídicos de los Estados miembros, de una metodología común para investigar los accidentes marítimos según principios internacionales acordados, en el apoyo a los Estados miembros en actividades relativas a las investigaciones sobre accidentes marítimos graves, y en el análisis de informes existentes de investigación de accidentes.” (Parlamento Europeo, 2002)

La EMSA es responsable de facilitar asistencia técnica para la implementación de la directiva 2009/18/CE. Provee el Secretariado para el Marco de Cooperación Permanente entre Comisiones de Investigación de Accidentes. El objetivo de este Secretariado es proporcionar un foro operacional que permita a los Estados Miembros colaborar tal y como se refiere en el artículo 10 de la directiva 2009/18/CE.

Las actividades desarrolladas tienen como objetivo llevar más allá las capacidades de investigación de accidentes de los Estados Miembros y la habilidad para recopilar y analizar información de accidentes a nivel europeo.

Es responsabilidad de la EMSA mantener una lista actualizada con los datos de contacto e información de las comisiones investigadoras de los países miembro, lista que a su vez es recogida en el sitio web del EMCIP. (European Maritime Safety Agency, 2017)

II.2.1.4.- Plataforma Europea de Información de Accidentes Marítimos

La Plataforma Europea de Información sobre Accidentes Marítimos (EMCIP) es una base de datos operada por la EMSA. El objetivo de esta base de datos es ofrecer beneficios a través de lo siguiente:

- Mejorando las investigaciones de accidentes marítimos
- Ampliando y profundizando el análisis de los resultados de las investigaciones de accidentes
- Proveyendo información de rápido acceso, que permita detectar riesgos generales y detectar patrones de repetición

La obligación por parte de los Estados Miembros de notificar los accidentes e incidentes y de aportar los resultados de las investigaciones sobre los mismos al EMCIP ha existido desde el 17 de Junio de 2011. Esto ha permitido a la EMSA asistir a los Estados Miembros mediante el análisis de los datos, el desarrollo de mecanismos de monitorización de tendencias, propuestas para recomendaciones de seguridad, mejora de la legislación europea existente y promoción de nuevos requerimientos técnicos.

El EMCIP provee medios de almacenamiento de datos e información relacionados con los accidentes marítimos que involucren todo tipo de buques y accidentes ocupacionales. Además, permite la producción de

estadísticas y el análisis de los factores humanos, medioambientales y organizacionales involucrados en los accidentes que ocurren en la mar.

La taxonomía de la base de datos ha sido desarrollada por la EMSA en colaboración con los Estados Miembros, en base a las investigaciones europeas y a las recomendaciones prácticas en el ámbito internacional.

Se incluye un Portal Común donde se distribuye información para los investigadores. Además, la información sobre los accidentes e incidentes marítimos es accesible para el público, tal como informes de accidentes e información anónima sobre los sucesos notificados por los Estados Miembros. (European Maritime Safety Agency, 2017)

II.2.1.5.- Comisiones nacionales de investigación de accidentes

Cada país miembro del EMSA, a tenor de lo recogido en el artículo 8 de la directiva 2009/18/CE deberá mantener y gestionar una comisión independiente de investigación de accidentes marítimos. Estas comisiones serán las encargadas de emitir los informes definitivos y realizar las recomendaciones de seguridad necesarias para prevenir la repetición de los accidentes. Son de especial relevancia, por su volumen de producción y por su impacto en este trabajo las siguientes agencias investigadoras (Agencia Europea de Seguridad Marítima, 2017):

- CIAIM (Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos, España)
- MAIB (Maritime Accident Investigation Branch, Gran Bretaña)
- DMAIB (Danish Maritime Accident Investigation Board, Dinamarca)
- BEAmer (Bureau d'enquêtes sur les événements de mer, Francia)
- BSU (Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung, Alemania)
- MSIU (Marine Safety Investigation Unit, Malta)
- PKBWM (Państwa Komisja Badania Wypadków Morskich, Polonia)

En el caso de España, la CIAIM es creada a través del Real Decreto 800/2011 donde se regula lo siguiente (Ministerio de Fomento, 2017):

- Accidentes sobre los que existe obligación de investigar
- Organigrama y funcionamiento de la comisión
- Requisitos mínimos que deberán cumplir los investigadores involucrados
- Procedimiento desde la notificación de un suceso hasta la presentación del informe definitivo

II.2.1.6.- PARÍS Mou

El Memorándum of Understanding de París (París MOU) nace con la declaración de la Conferencia Europea sobre Seguridad Marítima de 20 de diciembre de 1980. En ella se destaca la necesidad de incrementar la seguridad marítima y la protección del medio ambiente y la importancia de mejorar las condiciones de vida y trabajo a bordo de los buques.

En la actualidad un total de 27 Estados son miembros suscriptores del memorándum, a saber: Bélgica, Bulgaria, Canadá, Croacia, Chipre, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Islandia, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Malta, Países Bajos, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, Rusia, Eslovenia, España, Suecia y Reino Unido.

Estos países, en el marco del Memorándum, están encargados de inspeccionar a los buques extranjeros y nacionales que hagan escala en sus puertos. Esto lleva a la formación y mantenimiento de profesionales de la seguridad marítima que en gran parte de las ocasiones terminan formando parte de los comités investigadores de accidentes marítimos. (Paris Memorandum of Understanding, 2017)

II.2.1.7.- Las sociedades de clasificación y el IACS

Una sociedad de clasificación es una organización no gubernamental que establece y se encarga de vigilar que se cumplan una serie de estándares técnicos en la operativa de los buques y las plataformas. Estas sociedades llevan a cabo visitas periódicas a los buques que las contratan para verificar que se cumplen los estándares antes mencionados y emiten certificados que

dan fe de ello. Sin embargo, no asumen responsabilidad en cuanto a seguridad, navegabilidad u operativa del propio buque. (International Association Of Classification Societies, 2017)

El IACS es la organización que aglutina a las 12 principales sociedades de clasificación que operan a nivel mundial. Entre estas sociedades cubren el 94% aproximadamente del tonelaje mundial.

El objetivo de IACS es el de facilitar apoyo técnico y de guía para desarrollar interpretaciones unificadas de las regulaciones creadas por la OMI. De esta manera, ejerce como miembro consultivo y observador en el organización y desarrolla a su vez reglamento técnico que luego es propuesto a la OMI para su aprobación.

El hecho de que un buque sea clasificado por uno de los 12 miembros de la IACS aporta un valor añadido al mismo, es una forma de garantizar que unos estándares altos de seguridad y operativa se cumplen y se respetan.

Las sociedades de clasificación miembro de IACS son las siguientes:

- American Bureau of Shipping (ABS)
- Bureau Veritas (BV)
- China Classification Society (CCS)
- Croatian Register of Shipping (CRS)
- Det Norske Veritas Germanischer Lloyd (DNV GL)
- Indian Register of Shipping (IRS)
- Korean Register of Shipping (KR)
- Lloyd's Register (LR)
- Nippon Kaiji Kyokai (NKK)
- Polish Register of Shipping (PRS)
- Registro Italiano Navale (RINA)
- Russian Maritime Register of Shipping (RS)

II.2.2.- Descripción del contexto técnico

II.2.2.1.- Registrador de datos de la travesía

Los informes elaborados por los países investigadores tras el acaecimiento de un accidente o incidente marítimo se basan fundamentalmente en tres factores: declaraciones de los tripulantes a bordo de los buques implicados, declaraciones de testigos y personal ajeno a la tripulación presentes en el momento del suceso (prácticos, amarradores, patronos de remolcadores, estibadores, etc.) y datos recogidos por las unidades de registro de datos de la travesía.

Un registrador de datos de la travesía consiste en una unidad informática centralizada capaz de almacenar la información generada por los equipos de navegación del buque (ARPA, ECDIS, AIS, GPS, piloto automático, etc.), los sonidos recogidos por los micrófonos colocados en el puente de navegación, las alarmas generadas por el sistema contraincendios del buque, las alarmas de máquinas, el vídeo de ciertas cámaras colocadas en lugares estratégicos del buque, etc.

Este último elemento es pieza fundamental en todas las investigaciones de accidentes e incidentes marítimos ya que pone a disposición de los investigadores gran cantidad de datos objetivos, que permiten recrear el escenario previo al suceso y las acciones llevadas a cabo por los tripulantes.

En función de la complejidad de la unidad de almacenamiento y de su capacidad para conectarse a los equipos del buque, los datos recogidos pueden ser más o menos extensos.

Los registradores de datos de la travesía están regulados por el Capítulo V del SOLAS que establece, en su Artículo 20 la obligatoriedad de llevar un registrador de datos de la travesía para los siguientes buques:

- Buques de pasaje construidos después del 1 de julio de 2002
- Buques ro-ro pasaje construidos antes del 1 de julio de 2002

- Buques de pasaje distintos de buques ro-ro pasaje construidos antes del 1 de julio de 2002 no más tarde del 1 de enero de 2004
- Buques distintos de buques de pasaje, de 3000 GT o más construidos después del 1 de julio de 2002

II.2.2.2.- Informes anuales de organismos y comisiones de investigación

Las diferentes comisiones encargadas de investigar los accidentes e incidentes marítimos publican cada año un informe de actividad donde se recogen las estadísticas de funcionamiento y las recomendaciones más destacadas que se han elaborado durante los 12 meses anteriores.

Por su parte la EMSA publica cada año una recopilación estadística de los accidentes e incidentes enviados por los países miembro para ser incluidos en la base de datos del EMCIP.

Estos informes tienen un gran valor descriptivo porque pueden usarse como modelo con el que comparar los resultados obtenidos en investigaciones independientes, como es este trabajo.

II.2.2.3.- Modelo de riesgo de la escuela de náutica Universidad de Cantabria

El profesor Francisco J. Correa Ruiz, del Dpto. Ciencias y Técnicas de la Navegación y de la Construcción Naval de la Universidad de Cantabria viene desarrollando desde hace unos años un modelo de riesgo basado en la Circular 1023 del MSC “Guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process” del 5 de Abril de 2002, con el objetivo de determinar el índice de riesgo de un determinado tipo de accidente basándose en los datos extraídos del histórico de accidentes. (MSC, 2002)

Una adaptación de este modelo de riesgo se ha desarrollado para este TFM, con el objetivo de poder determinar el índice de riesgo para los accidentes estudiados en las aguas territoriales europeas.

II.2.3.- Otras herramientas

II.2.3.1.- Excel

El programa de cálculo incluido en el paquete Office ha sido la piedra sobre la que se ha sustentado el desarrollo práctico de este trabajo fin de máster.

Las principales funciones utilizadas han sido las siguientes:

- Creación de tablas dinámicas para facilitar la visualización de datos con criterios de filtrado variados. Esta herramienta permite crear tablas concretas, con valores muy definidos, a partir de información contenida en una tabla general con gran número de parámetros. De esta manera es muy sencillo obtener porcentajes, número de elementos de un cierto tipo (por ejemplo número de buque tanque implicados en colisiones), etc. con tan solo unas pocas acciones.
- Creación de gráficos dinámicos basados en los datos aportados por una tabla dinámica. Esta función de Excel funciona de la misma manera que la descrita anteriormente. A partir de datos concretos extraídos de una base de datos de gran tamaño, se generan gráficos que permiten visualizar de forma sencilla información concreta.
- Cálculo de promedios, máximos, mínimos y promedios de diferentes grupos de datos. Dentro de las propias tablas dinámicas, existe la opción de obtener los resultados en forma de contadores numéricos enteros, decimales, de porcentaje, valores máximos, valores mínimos, etc.

En resumen, la utilización de Excel para el análisis de los datos es una opción casi irrenunciable en cualquier trabajo que pretenda manejar una cantidad de información considerable a día de hoy.

II.2.3.2.- MyMaps

Esta aplicación desarrollada por Google como una extensión de Google Maps tiene como principal función la de desarrollar mapas personalizados en función de la información proporcionada por el usuario.

Estos mapas pueden organizarse en capas, de manera que sea posible discriminar por colores, formas o nombres la información que se visualiza en cada momento. Además, se ofrecen al usuario una serie de mapas base, tanto políticos como físicos, pudiendo este elegir el que mejor se adapte a sus necesidades específicas.

Se ha utilizado para el desarrollo del presente trabajo esta herramienta puesto que es gratuita, accesible a todo el público y permite crear mapas de una forma rápida e intuitiva. Los resultados pueden ser visualizados por capas que se combinan según las preferencias del usuario. (Google My Maps, 2017)

II.2.3.3.- Marine Traffic

MarineTraffic es la principal aplicación para el seguimiento en tiempo real del tráfico marítimo a nivel mundial. A través de la información emitida por los buques mediante el sistema AIS se permite localizar y seguir a los buques en su navegación.

Para facilitar la diferenciación de los buques en función de su tipología, se utiliza una gama de colores en la que cada tipo de buque tiene un color asignado: los buques de pasaje aparecen en amarillo, los buques tanque en rojo, los buques de carga general en verde...etc.

También existe la posibilidad de visualizar mapas de densidad del tráfico marítimo en función del número de tránsitos que ha tenido una determinada zona. De esta manera las zonas más frecuentadas aparecen en colores de la gama del rojo intenso, las de tráfico medio en tonos de verde y las zonas menos transitadas aparecen en color azul.

La versión gratuita del programa presenta algunas limitaciones con respecto a la información que se puede consultar de cada buque, así como un funcionamiento menos ágil y una abundancia de publicidad. La versión de pago agiliza el funcionamiento y permite consultar datos del buque más exhaustivos. (Marine Traffic, 2017)

II.2.3.4.- Google Académico

Google Académico es una herramienta disponible para acceso universal que permite realizar búsquedas en las principales bases de datos científicas y de investigación online. De esta manera, el conocimiento publicado en revistas científicas es accesible al público general o a aquellas personas que, antes de comenzar una investigación sobre un tema concreto deseen conocer cuál es el estado actual de la cuestión.

Los artículos que se pueden encontrar en la base de datos de Google Académico son propiedad en su mayoría de revistas científicas de alto nivel y por lo tanto es necesario pagar por ellos. Sin embargo, a través de acuerdos con Universidades y otros centros de formación e investigación es posible acceder a ellos de forma gratuita. (Google Académico, 2017)

II.2.3.5.- Eurostat

Eurostat es el organismo oficial de la Unión Europea situado en Luxemburgo cuyo objetivo es proveer de estadísticas de alta calidad para Europa. De esta manera se facilita la tarea de conocer en profundidad cómo se vive en los países europeos, cuál es el nivel real de la economía en cada momento, etc.

A través de su página web “Statistics explained” traducido como “Estadística explicadas” se facilita el acceso a la información de manera sencilla para todos los usuarios que deseen conocer en profundidad alguno de los estudios que realiza Eurostat. Esta información se presenta en forma de gráficos sencillos acompañados de explicaciones. (European Comission, 2017)

II.3.- Metodología

II.3.1.- Recopilación de informes de accidentes

El primer paso para la realización de este trabajo fue el acceso a la base de datos del EMCIP (II.2.1.4.-) con el objetivo de recopilar los informes de accidentes marítimos que se estudiarían más adelante. Utilizando las herramientas de búsqueda implementadas en la propia base de datos, y aplicando los criterios previamente establecidos para acotar la búsqueda, se procedió a descargar y organizar los informes.

La web del EMCIP destaca por su funcionalidad, con pocos menús que facilitan su uso y el acceso a la información buscada por sus usuarios. En la **figura 1** se puede observar el menú principal de la web.

EMSA
European Maritime Safety Agency

EMCIP
European Marine Casualty Information Platform

Search | About | Legal notice | Contact Us

EMCIP Home

This is the public area of the European Marine Casualty Information Platform (EMCIP) website. To navigate, please use the menu on the left side or use the hyperlinks placed in the top-right corner of the banner.

News and events, technical and meetings documents as well as reporting tools can be found in the restricted part of this website. Only registered users can access the restricted area. Please visit the "Contact Us" section to know more about registered users.

Username:
Password:
[Login](#) [Forgot your password?](#)

Click here to View Disclaimer

Latest 3 casualties being notified

Casualty date	Ship type	Severity	Casualty event
06-Apr-2017	Cargo ship	Serious	Loss of control
05-Apr-2017	Fishing vessel	Serious	
03-Apr-2017	Passenger ship	Serious	

[Click here for more notifications...](#)

Latest 3 marine casualty investigation reports

Occ.nr.	Name of ship	Date	Ship type	Reported by *
4325/2016	INUK II	13-Aug-2016	Passenger ship	Denmark - DMAIB
1984/2016	CMA CGM Rossini	15-Jun-2016	Cargo ship	France - BEAmer
1618/2016	PEGGOTTY	19-May-2016	Recreational craft	United Kingdom - MAIB

[Click here for more reports...](#)

Figura 1. Menú principal de la web del EMCIP. Consultada el 15 de Abril de 2017

Haciendo click abajo a la derecha, donde puede leerse "Click here for more reports" se accede al menú que puede verse en la **figura 2**.

The screenshot shows the EMCIP (European Marine Casualty Information Platform) website. The header includes the EMSA logo and navigation links. The main content area is titled 'Published marine casualty investigation reports'. On the left, there is a sidebar with links to 'EMCIP COMMUNITY', 'RELEVANT DOCS', 'NEWS', and 'ANNUAL OVERVIEW'. The main search area features a 'Filter' section with dropdown menus for 'Type of ship' and 'Casualty event', text input fields for 'Ship name' and 'IMO number', and date pickers for 'Date after' and 'Date before'. There is also a checkbox for 'Injuries or fatalities' and an 'Apply' button. Below the filter section is a table of search results with columns: Occ.n.r., Name of ship, Type of ship, Flag, Reporter, Casualty event *, Severity, and Date. The table lists several incidents, including INUK II, CMA CGM Rossini, PETUNIA SEAWAYS, JOHANNA C, STEREN MOR, CHRISTINA MAIKEN, and FREDWOOD.

Occ.n.r.	Name of ship	Type of ship	Flag	Reporter	Casualty event *	Severity	Date
4325/2016	INUK II	Passenger ship	GREENLAND	Denmark - DMAIB	Flooding/Foundering	Very serious	13-Aug-2016
1984/2016	CMA CGM Rossini	Cargo ship	FRANCE	France - BEAmer	Fire/Explosion	Serious	15-Jun-2016
1618/2016	PETUNIA SEAWAYS	Passenger ship	DENMARK	United Kingdom - MAIB	Collision	Very serious	19-May-2016
1528/2016	JOHANNA C	Cargo ship	UNITED KINGDOM	United Kingdom - MAIB		Very serious	11-May-2016
1454/2016	STEREN MOR	Fishing vessel	FRANCE	France - BEAmer	Flooding/Foundering	Serious	26-Apr-2016
1602/2016	CHRISTINA MAIKEN	Fishing vessel	DENMARK	Denmark - DMAIB	Flooding/Foundering	Very serious	23-Apr-2016
1207/2016	FREDWOOD (RA338)	Fishing vessel	UNITED KINGDOM	United Kingdom	Flooding/Foundering	Serious	06-Apr-2016

Figura 2. Menú de búsqueda de informes de accidentes en la web del EMCIP.
Consultada el 15 de Abril de 2017

Se observan aquí los campos de búsqueda que incluyen lo siguiente:

- Tipo de buque
- Tipo de accidente
- Nombre del buque
- Fecha después de
- Fecha antes que
- Número OMI

Existe también una casilla que permite filtrar aquellos informes que tuvieron heridos o fallecidos.

II.3.2.- Análisis de informes de accidentes y creación de una tabla Excel

Una vez recopilados los informes el siguiente paso consistió en el análisis y la extracción de datos con el objetivo de crear una base de datos propia sobre la que trabajar. Debido a la extensión característica de los informes

sobre accidentes marítimos y la variedad en cuanto a formato y contenidos de los mismos en función del país investigador, esta es la fase donde se invirtió más tiempo.

La base de datos final constaba de los campos que se enumeran a continuación:

- Tipo de accidente. Los accidentes estudiados son de tres tipos: varada, contacto o colisión.
- Fecha del accidente. Los accidentes estudiados comprenden los años 2013 a 2016, desde el 01.01.2013 hasta el 31.12.2016
- Localización del accidente. Corresponde a dos campos que reflejan latitud y longitud del lugar donde tuvo lugar el accidente.
- Región. De forma aproximada, se corresponde a cada posición GPS una región identificable en un mapa, de forma que resulte más fácil crear un mapa como el que se describe más adelante. Esto está facilitado por el hecho de que gran cantidad de accidente tuvieron lugar cerca o dentro de puerto, o navegando en aguas cercanas a la costa.
- Bandera investigadora. Se corresponde con la bandera encargada de llevar a cabo la investigación del suceso, bien porque afecta a un buque de su pabellón o bien porque el accidente tuvo lugar en sus aguas.
- Nombre del buque. El nombre del buque en el momento que tuvo lugar el accidente. Como ya es sabido, los buques suelen cambiar de nombre varias veces a lo largo de su vida útil.
- Número OMI del buque. Número de 7 cifras identificativo de cada buque. Como es sabido, un buque mantiene durante toda su vida útil un mismo número OMI, aunque cambie de nombre en el proceso.
- Edad del buque. La edad del buque contada desde el momento en que fue puesto a flote en el momento de ocurrir el accidente.
- Sociedad clasificadora. Sociedad de clasificación contratada por el armador para cada buque.

- Arqueo del buque. Arqueo de cada buque calculado de acuerdo al Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques de la OMI. Este valor es una medida del espacio utilizable del buque y no tiene unidades.
- Eslora del buque. Eslora total de cada uno de los buques implicados en los accidentes estudiados.
- Tripulación del buque. Número de tripulantes a bordo de cada buque en el momento del accidente. No tiene necesariamente que coincidir con la tripulación mínima de seguridad establecida por la bandera para cada buque.
- Bandera del buque. País de registro del buque y por lo tanto pabellón del mismo.
- Tipo de buque. Con el objetivo de unificar parámetros y clarificar los resultados se establecieron los siguientes tipos de buques:
 - Buques de carga general
 - Buques tanque
 - Buques graneleros
 - Buques portacontenedores
 - Buques de pasaje
 - Buques ro-ro
 - Buques ro-pax
 - Buques cocheros
 - Dragas
 - Buques pesqueros
 - Buques frigoríficos
 - Buques remolcadores
 - Plataformas
- Causa principal del accidente. Se trata de la principal condición necesaria que se dio antes del accidente para que este tuviese lugar. Tras analizar los informes se encontraron las siguientes causas:
 - Fatiga
 - Climatología
 - Fallo de máquina

- Error humano
- Ruta equivocada
- Mala estiba
- Fallo de equipo
- Condiciones de viento. La fuerza del viento medida de acuerdo a la escala Beaufort en el momento del accidente.
- Condiciones de oleaje. Altura significativa de la ola en el momento de ocurrir el accidente.
- Visibilidad en el momento del accidente. Visibilidad existente en la zona en el momento de ocurrir el accidente.
- Daños humanos. Consecuencias para la salud de los tripulantes o pasajeros de los buques implicados en los accidentes. Variables entre ningunos, leves, graves, o pérdida de vidas.
- Polución resultante del accidente. Existencia o no de vertido de sustancias contaminantes al mar tras los accidentes.
- Daños al buque. Consecuencias para la estructura de los buques tras el accidente. Variables entre ningunos, leves, moderados, graves o pérdida del buque.

La **figura 3** muestra una vista general de la base de datos realizada.

II.3.5.- Comparativa de los mapas creados con mapas de densidad

A través de la aplicación MarineTraffic (II.2.3.3.-) se obtienen mapas de densidad de tráfico que se compararán con los obtenidos de los datos analizados y con los mapas publicados por la EMSA en su informe anual de 2016. Estos mapas se pueden encontrar en el apartado III.2.2.- comparados con los mapas obtenidos de los informes anuales publicados por la EMSA ()

II.3.6.- Aplicación del modelo de riesgo de la Universidad de Cantabria

Los dos factores que determinan el índice de riesgo de accidente son el índice de probabilidad y el índice de consecuencia. Pasamos a explicar el proceso seguido para hallar cada uno de ellos por separado.

II.3.6.1.- Índice de probabilidad

El índice de probabilidad trata de cuantificar la probabilidad de que un tipo concreto de buque sufra un accidente. Para determinarlo se necesitan los siguientes valores:

- Número de pasos de buques por aguas europeas cada año. Para obtener este valor se ha recurrido a las estadísticas de Eurostat (II.2.3.5.-) sobre el número de escalas de buques en puertos europeos para los años entre 2010 y 2015, recogidas en la **figura 4**. Debido a la dificultad para encontrar estadística sobre el número de pasos de buques por aguas europeas, se recurre al número de escalas, asumiendo que para que un buque llegue a un puerto europeo, necesariamente ha debido pasar por aguas europeas.

Se observa que el porcentaje de cada tipo de buque para el año 2015 está recogido en la parte derecha de la tabla, mientras que el número total de escalas para cada año se recoge en la parte superior izquierda. Para realizar los cálculos sobre el número de pasos se ha realizado la media de escalas totales entre los años 2010 y 2015 y se

ha aplicado a cada tipo el porcentaje recogido para el año 2015, obteniendo la **tabla 1**. Se puede ver en la **figura 4** que los tipos de buques contemplados en las estadísticas de Eurostat no coinciden con los tipos recogidos en la base de datos del trabajo, por lo que se ha pasado a reducir la tipología creando una categoría denominada “otros”

- Número de pasos control. Es el número de pasos que determinará cada cuánto tiempo es normal que suceda un accidente. En este caso se ha optado por establecer 1.000.000 de pasos como dígito de control.

Tipo de buque	Factor de tipo	Tráfico anual
Buques tanque	9	199580
Buques pasaje	16	354808
Buques carga	67	1485759
Buques portacontenedores	4	88702
Bulkcarrier	3	66527
Otros	1	22176
Total general	100	2217551

Tabla 1. Número de pasos anuales de buques por aguas europeas en función de su tipo.

Port	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2015										Growth rate 2014-2015 (%)	Growth rate 2010-2015 (%)
	By type of vessel (%)																	
	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Liquid bulk	Dry bulk	Con-tainer	Cargo, spe-cialised	Cargo, non-spe-cialised	Pas-senger (excl. cruise)	Cruise pas-senger	Offshore activities	Other			
EU-28	2 254 112	2 281 603	2 210 494	2 133 637	2 187 560	2 224 608	9	3	4	1	67	15	1	0	1	+1.7	-1.3	
Belgium	28 812	28 306	26 795	25 000	24 540	24 806	26	2	18	25	22	0	1	0	7	+1.1	-13.9	
Bulgaria	3 168	3 566	3 648	3 620	3 354	3 067	21	19	12	0	48	0	0	0	0	-8.6	-3.2	
Denmark	356 657	349 133	348 391	344 186	361 601	288 400	1	1	1	1	95	1	0	0	0	-20.2	-19.1	
Germany	107 197	114 431	111 989	118 586	114 480	111 445	2	3	7	0	65	20	0	0	1	-2.7	+4.0	
Estonia	25 370	28 483	28 474	30 504	29 390	30 162	3	4	1	0	3	88	1	0	0	+2.6	+18.9	
Ireland	12 818	11 615	11 378	11 712	11 759	11 841	9	3	10	2	73	0	1	0	1	+0.7	-7.6	
Greece	486 956	530 366	511 951	466 727	506 620	474 796	2	0	1	0	85	10	1	0	1	-6.3	-2.5	
Spain	122 845	151 452	148 794	141 044	148 828	161 490	8	4	9	1	41	35	2	0	1	+8.5	+31.5	
France (*)	46 967	45 023	44 800	46 444	48 876	50 726	14	6	10	3	49	11	2	0	6	+3.8	+8.0	
Croatia	195 262	207 995	205 040	202 537	195 657	231 582	0	0	0	0	46	52	1	0	0	+18.4	+18.6	
Italy	518 666	485 000	437 058	411 167	409 438	510 351	20	4	2	0	61	10	1	0	3	+24.6	-1.6	
Cyprus	2 743	2 606	2 324	2 366	2 219	2 097	16	2	31	10	31	4	3	3	0	-5.5	-23.6	
Latvia	6 872	6 998	7 404	6 638	6 483	6 018	21	54	9	0	0	13	1	0	1	-7.2	-12.4	
Lithuania	4 526	4 766	4 857	4 418	4 325	4 211	14	9	14	0	61	0	1	0	1	-2.6	-7.0	
Malta	23 030	23 043	22 600	22 882	23 288	24 310	0	1	11	0	86	0	0	0	2	+4.4	+5.6	
Netherlands	44 535	37 160	36 637	35 452	34 997	35 160	32	6	18	1	40	0	0	3	0	+0.5	-21.1	
Poland	16 316	15 748	15 300	14 716	14 543	15 318	13	11	8	1	48	17	1	0	1	+5.3	-6.1	
Portugal	12 230	12 125	11 137	12 351	12 264	12 944	18	4	32	3	31	6	6	0	0	+5.5	+5.8	
Romania	1 822	4 749	4 678	4 593	4 320	4 191	16	62	14	3	3	0	1	0	0	-3.0	+130.0	
Slovenia	2 039	1 996	1 980	1 941	1 915	2 086	11	8	33	4	35	0	2	0	8	+8.9	+2.3	
Finland	34 682	34 784	33 818	32 673	32 175	31 457	8	2	7	1	73	5	1	0	3	-2.2	-9.3	
Sweden	78 357	80 518	77 345	78 262	77 636	76 455	7	6	3	1	77	4	0	0	0	-1.5	-2.4	
United Kingdom	122 242	101 740	114 096	115 818	118 852	111 695	13	2	7	3	66	0	0	7	2	-6.0	-8.6	
Iceland																		
Norway	33 372	57 061	60 381	72 195	69 209	64 390	13	18	5	7	38	0	0	18	1	-7.0	+92.9	
Montenegro																		
Turkey	64 003	64 542	65 008	65 831	64 437	62 846	14	43	14	2	11	14	2	0	1	-2.5	-1.8	

Note: main ports are ports handling more than 1 million tonnes of goods or 200 000 passengers annually. (.) not available.
(*) Provisional estimates.

Figura 4. Número de escalas por tipo de buque en puertos europeos por año, entre 2010 y 2015 según Eurostat

Una vez obtenidos los números anteriores se procede a calcular la probabilidad aplicando la fórmula siguiente:

$$\text{Índice pr} = \frac{N^{\circ} \text{ accidentes} \times n^{\circ} \text{ de control}}{N^{\circ} \text{ de pasos al año} \times 4 \text{ años (2013 – 2016)}}$$

Y para facilitar la normalización de los resultados obtenidos, se aplica un logaritmo en base 10 a los valores obtenidos, resultando un índice de probabilidad.

II.3.6.2.- Índice de consecuencia

El índice de consecuencia trata de evaluar la gravedad de un accidente en función de una serie de parámetros conocidos. En nuestro caso los tres factores que se tuvieron en cuenta son los siguientes:

- Daños al buque. Variables entre la pérdida y nada, se asignó a cada resultado un valor de acuerdo a la **tabla 2**.

Daños al buque	Valor
Pérdida	10000
Graves	1000
Moderados	100
Leves	10
Nada	0

Tabla 2. Valores asignados en función de los daños al buque para el cálculo del índice de consecuencia.

- Daños a las personas. Variables entre la muerte y nada, se asignó a cada resultado un valor de acuerdo a la **tabla 3**.

Daños humanos	Valor
Muerte	1000
Graves	100
Leves	10
Nada	0

Tabla 3. Valores asignados en función de los daños a las personas para el cálculo del índice de consecuencia.

- Daños al medioambiente. Valorados como existentes o no existentes, se asignó a cada opción los valores de la **tabla 4**.

Polución ▼	Valor ▼
Sí	100
No	10

Tabla 4. Valores asignados en función de los daños al medioambiente para el cálculo del índice de consecuencia.

La suma de estos factores da lugar a un valor entre 11100 y 10, al cual se aplica logaritmo en base 10 para obtener un índice de consecuencia.

La suma del valor del índice de probabilidad y el índice de consecuencia da lugar al índice de riesgo para cada tipo de buque.

III.- APLICACIÓN PRÁCTICA

III.1.- Análisis de los datos

III.1.1.- Introducción

Tras aplicar los criterios explicados anteriormente en la base de datos del EMCIP un total de 97 accidentes cumplían dichos criterios, repartidos de acuerdo a la **figura 5**. Es de destacar que casi la mitad de los accidentes estudiados son colisiones (43%), seguidos por las varadas (36%) y tan sólo una quinta parte de los accidentes estudiados fueron colisiones (21%).

Estos 97 accidentes implicaban a 139 buques a razón de 2 buques por cada colisión y un buque por varada y contacto. No se dio en ningún caso la colisión entre más de 2 buques y los contactos entre buques en movimiento y buques atracados fueron tratados como colisiones. El reparto de los buques en función del accidente que protagonizaron se corresponde con la **figura 6**.



Figura 5. Total de accidentes estudiados ocurridos entre el 01/01/2013 y el 12/12/2016 incluidos en la plataforma EMCIP

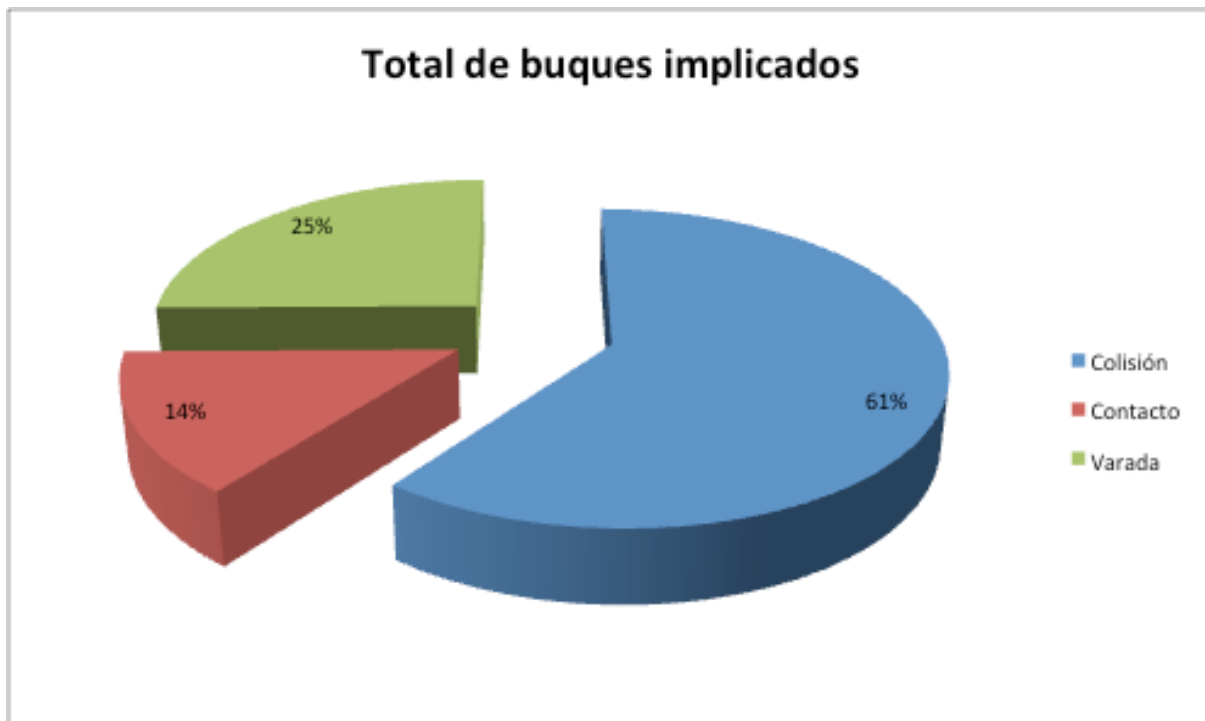


Figura 6. Total de buques implicados en los accidentes estudiados

Como es de esperar, existe una mayoría de buques implicados en colisiones. Un cuarto del total de los buques se vieron implicados en varadas y tan sólo un 14% de los buques se vieron implicados en contactos.

III.1.2.- Tipología de los buques

La tipología de los buques implicados en los accidentes estudiados es variada y se corresponde con lo expuesto en la **figura 7**. Se pueden distinguir cuatro grupos en función de su presencia en las estadísticas:

- Buques de carga general, predominantes en número con gran diferencia
- Buques tanque y bulkcarriers, con fuerte presencia pero a gran distancia de los buques de carga general
- Buques de pasaje, buques pesqueros, buques portacontenedores, buques ro-pax y buques ro-ro forman un grupo con números similares
- Buques frigoríficos, dragas, plataformas y remolcadores tienen una presencia testimonial.

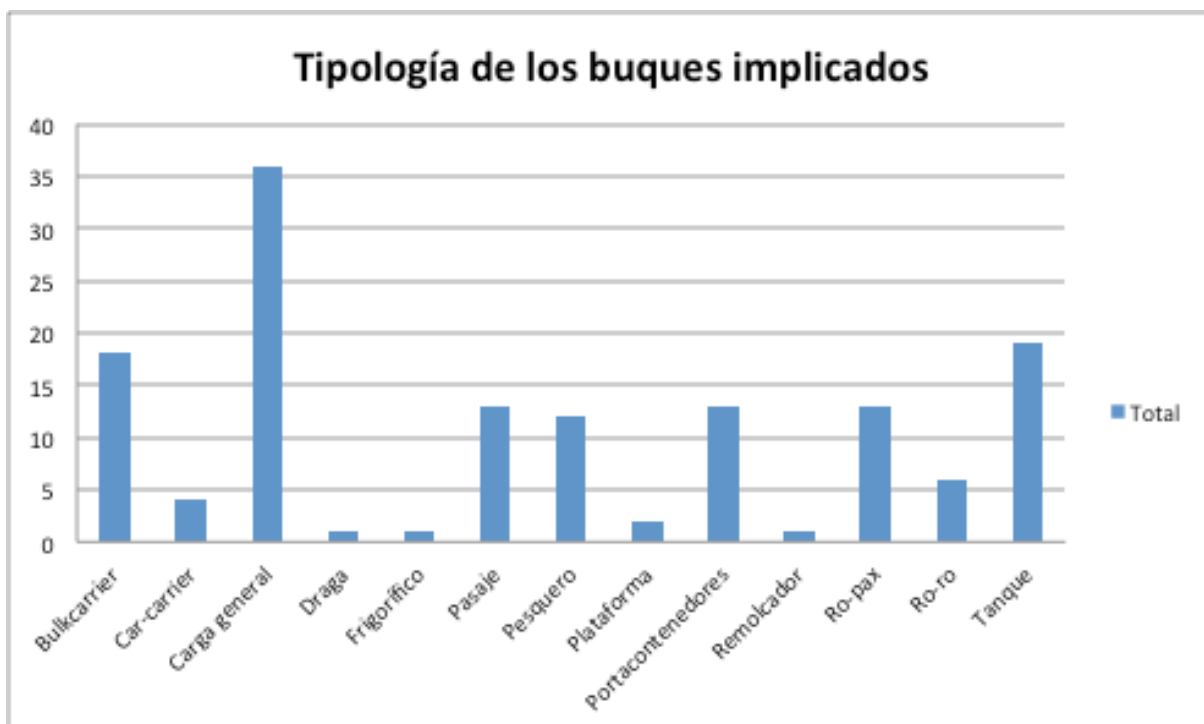


Figura 7. Tipología de los buques implicados en los accidentes estudiados

Si se comparan los porcentajes de cada tipología de buque implicados en los accidentes estudiados con el perfil de la flota europea elaborada por el UNCTAD se obtiene la **figura 8**.

Analizando esta figura podemos observar que el porcentaje de buques de carga general implicados en accidentes estudiados en este trabajo supera el porcentaje de la flota europea obtenido por el UNCTAD. Por otro lado, el porcentaje de buques portacontenedores y buques tanque implicados en accidentes es sensiblemente menor que el porcentaje de estos buques navegando por aguas europeas. Los buques de tipo bulkcarrier implicados en accidentes mantienen números similares en ambos estudios.

Se han excluido de esta comparativa los restantes tipos de buques debido a la falta de datos en el informe de UNCTAD al respecto de las demás tipologías, que se incluyen en ese estudio como “Otros” y que suponen un 18% del total en dicho informe.

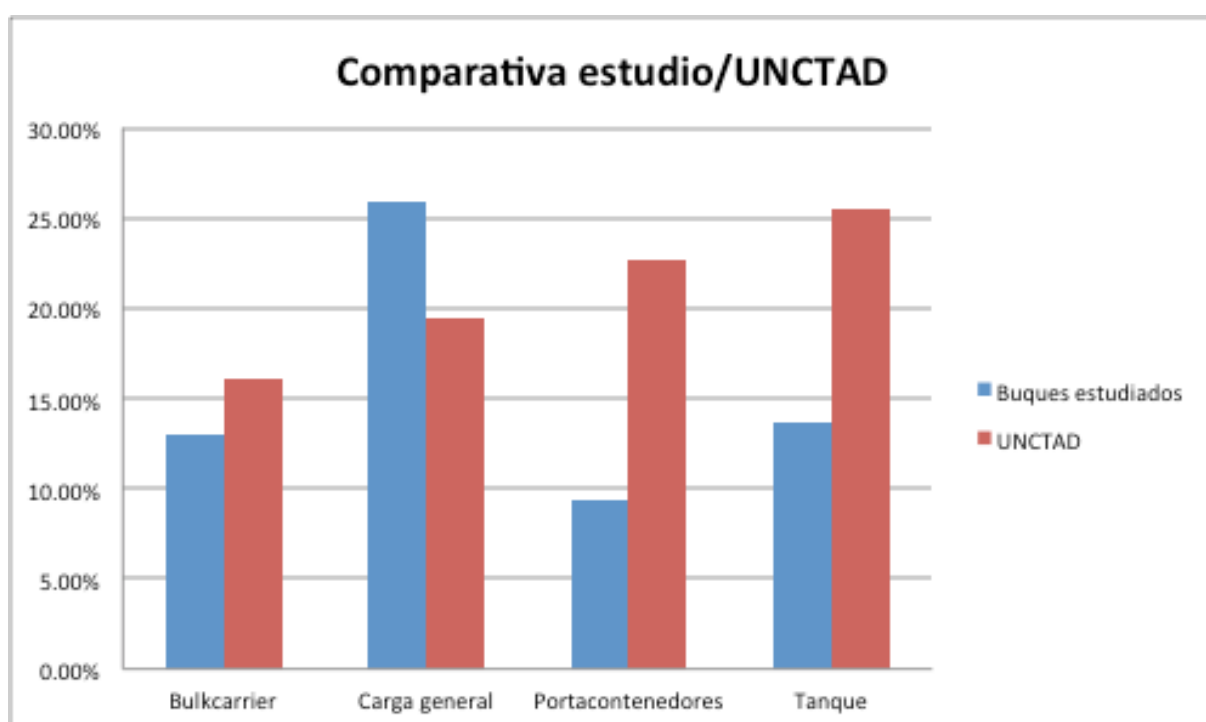


Figura 8. Comparativa del porcentaje de buques implicados en accidentes y el porcentaje de buques en aguas europeas según el UNCTAD por tipo

La cantidad de buques de cada tipo que se vieron involucrados en cada tipo de accidente estudiado varían ampliamente de acuerdo a la **figura 9**. Se observa que todos los buques excepto los buques ro-pax sufrieron un mayor número de colisiones que de contactos o varadas. Esta excepción para los buques ro-pax puede tener su explicación en el gran número de maniobras que realizan cada día estos buques, casi siempre sin ayuda de remolcadores y en muchas ocasiones con condiciones meteorológicas desfavorables.

Los buques pesqueros y las plataformas estudiados, en su totalidad, se han incluido en este estudio porque se vieron envueltos en una colisión con un buque mercante, ya que de lo contrario no cumplirían los requisitos necesarios. Como se verá más adelante, es por eso mismo por lo que han sido excluidos de los análisis de riesgo llevados a cabo. Destaca el elevado número de varadas en las que se vieron envueltos los buques de carga general, algo que se relaciona con el menor número de tripulantes y el elevado número de escalas que realizan estos buques cuando operan rutas europeas.

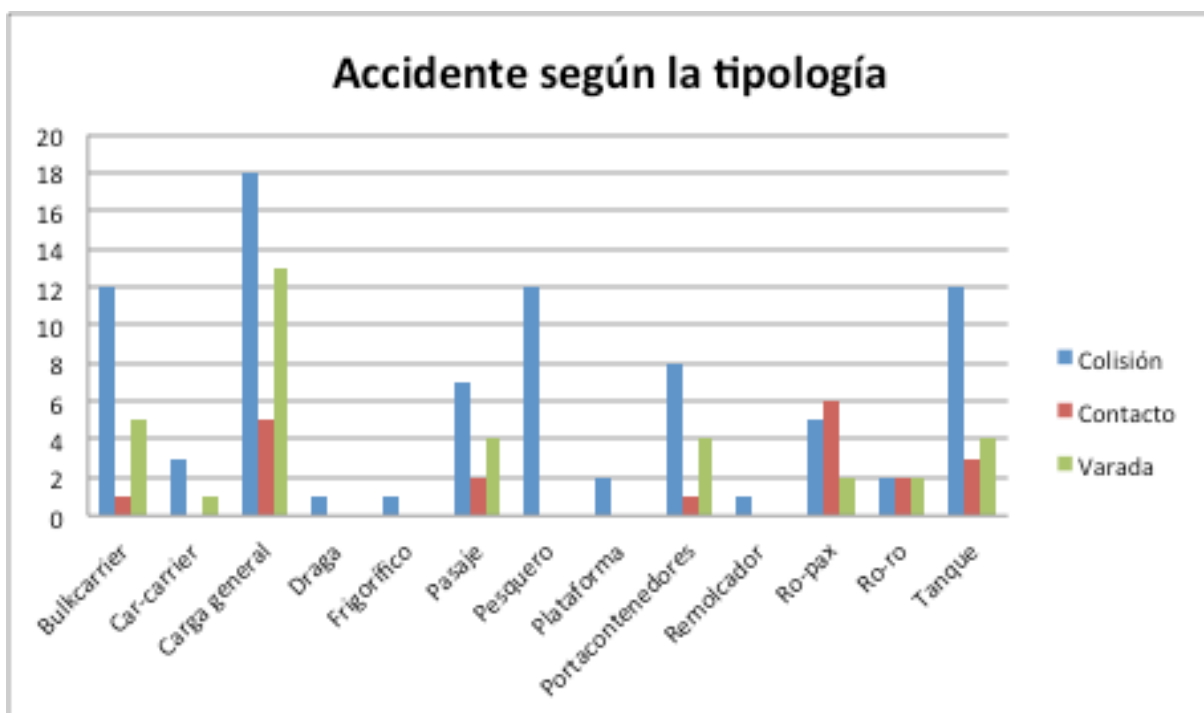


Figura 9. Tipo de accidente en función del tipo de buque

III.1.3.- Edad de los buques

Se relaciona de forma intuitiva la edad de los buques con la probabilidad de sufrir accidentes que estos puedan tener. Por lo general se piensa que a mayor edad corresponde una mayor probabilidad de accidente (Papanikolaou & Eliopoulou, 2008), algo que no es totalmente cierto ya que se ha llegado a la conclusión de que la edad es un factor influyente no tanto en la probabilidad neta de tener un accidente como en la tipología de accidente que podría suceder. Así, se relacionan las varadas, contactos y colisiones con buques de poca edad, con tripulaciones no plenamente familiarizadas y que cometen errores en la navegación. Por su parte los incendios y vías de agua se relacionan con buques de mayor edad, que sufren fatiga material y dan lugar a estos accidentes.

La edad media de cada tipo de buque implicado en accidentes estudiados es la indicada en la **figura 10**.

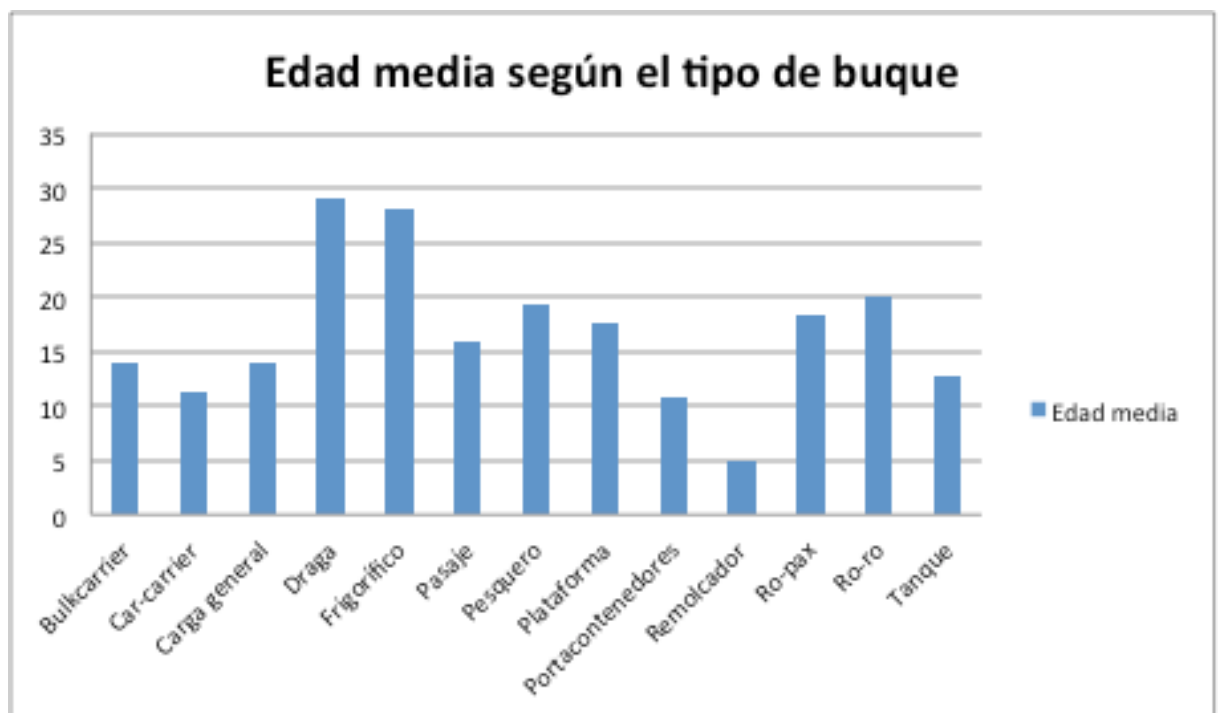


Figura 10. Edad media de los buques estudiados en función de su tipo

La edad media del conjunto de los buques implicados es de 14,81 años, mientras que la edad media de la flota mundial de acuerdo al informe anual

del UNCTAD en 2016 es de 20,31 años. Esto supone que los buques implicados en accidentes estudiados eran de media 5,5 años más nuevos que la media de la flota europea.

Los buques más viejos de los estudiados corresponden con las dragas y los buques frigoríficos, cuya presencia es reducida en el total de la estadística estudiada. De entre las categorías principales por volumen caben destacar los menos de 15 años de media de los buques de carga general, los casi 20 de los buques ro-ro y ro-pax y los menos de 15 de los buques tanque y bulkcarriers.

A la vista de la **figura 10** puede afirmarse que la edad de los buques no es una característica decisiva para que estos tengan mayor probabilidad de sufrir un accidente de tipo varada, colisión o contacto.

III.1.4.- Tamaño de los buques



Figura 11. Arqueo medio de los buques estudiados en función de su tipo

El arqueo de un buque es función de los espacios cerrados utilizables del mismo, según una fórmula sin unidades que da lugar a un determinado

número de GT o gross tonnage. Este factor es utilizado en la industria para determinar a qué buques se les aplica una determinada normativa y se usa como referencia a la hora de establecer tasas, entre otros.

Siguiendo una lógica sencilla se llega a la conclusión de que los buques de mayor arqueado serán aquellos de mayor tamaño y por lo tanto aquellos más difíciles de maniobrar y más propensos a sufrir accidentes del tipo estudiado en este trabajo. Sin embargo, atendiendo a lo mencionado anteriormente, donde se veía cómo los buques de carga general eran los más presentes en los casos estudiados, se desmonta la teoría.

Los buques de carga general, los más presentes en las estadísticas, tienen un arqueado medio de alrededor de 8000GT, muy por debajo de los buques portacontenedores con más de 50000GT de media y muy por debajo también de bulkcarriers y buques tanque con más de 40000GT y casi 30000GT respectivamente.

Por su parte, los buques ro-ro y ro-pax, con unos 20000GT de media, cumplen con lo estándar en la industria.

III.1.5.- Número de tripulantes

El número de tripulantes es un factor crítico a la hora de valorar la seguridad de un buque. La tendencia de las últimas décadas ha sido la de reducir número de tripulantes a favor de la automatización y la delegación de tareas en personal de tierra. Esto conlleva en multitud de ocasiones tripulaciones fatigadas, que no cumplen con el régimen de descanso estipulado en el convenio MLC .

La **figura 12** recoge el número de tripulantes promedio de los buques implicados, donde destaca el gran número de tripulantes que llevaban los buques ro-pax implicados en los accidentes estudiados. Es de remarcar el hecho de que los buques de pasaje implicados en los accidentes estudiados llevaban de media 40 tripulantes, lo que indica claramente que no estuvo implicado en ninguno de ellos alguno de los cada vez más numerosos

buques de crucero, que pueden llegar en ocasiones a sobrepasar los 2000 tripulantes. El caso más reciente de un buque de crucero implicado en alguno de los tipos de accidentes estudiados fue el del Costa Concordia, cuya varada tuvo lugar el 13 de enero de 2012.

La **figura 13** relaciona en un gráfico XY el arqueo promedio de los buques con su tripulación promedio, lo que permite hacerse una idea de hasta qué punto han sido implantadas a nivel mundial las políticas de empresa en cuanto a disminución de tripulantes. Se observa que la mayoría de los tipos de buques estudiados se mantienen en la zona izquierda del eje X, representando tripulaciones promedio del entorno de los 20 tripulantes. En la esquina inferior izquierda se agrupan los buques pesqueros, las plataformas y los remolcadores con poco arqueo y poca tripulación. Tan solo los buques de pasaje y los buques ro-pax se sitúan en la parte derecha del eje X, y se debe tener en cuenta que gran parte de los tripulantes de esos buques realizan labores de atención al pasaje, por lo que sus tripulaciones de cubierta y máquinas no varían excesivamente de los demás tipos de buque.



Figura 12. Tripulación media de los buques estudiados en función de su tipo

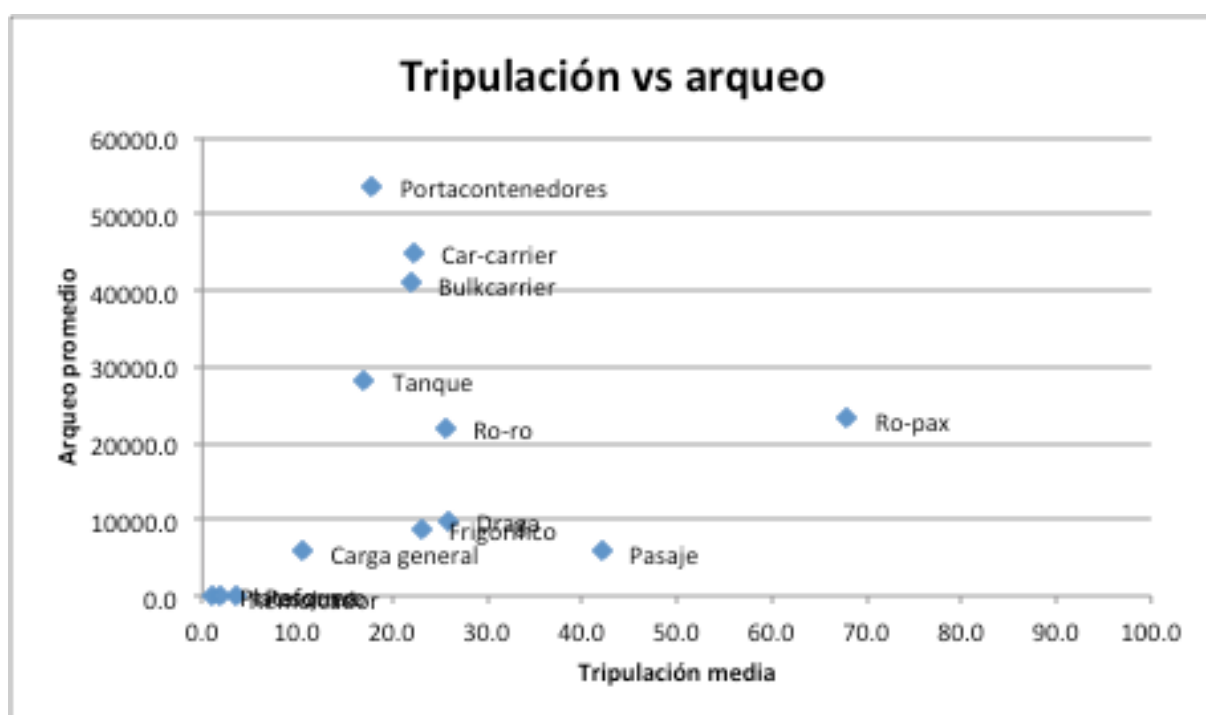


Figura 13. Relación arqueo medio – tripulación promedio de los buques estudiados en función de su tipo

III.1.6.- Banderas de los buques

Las banderas de los buques implicados en los accidentes investigados son variadas e incluyen países europeos y no europeos. Para facilitar la visualización de los datos se consideran como “Otros” aquellas banderas que no tenían al menos 3 buques implicados en los accidentes investigados. La **figura 14** representa las banderas de los buques implicados en los accidentes analizados.

Destacan en esta **figura 14** Francia, Malta y Antigua y Barbuda como países que más buques aportan al estudio. Sin embargo, esta cifra se ve sustancialmente modificada si eliminamos los 6 pesqueros de bandera francesa que sufrieron colisiones con buques mercantes y que por lo tanto han sido incluidos en el estudio.

Se hace patente aquí el declive de las banderas de países europeos a favor de banderas “de conveniencia” tanto dentro de la propia UE (Malta y Chipre), como fuera de la UE (Liberia, Bahamas, Antigua & Barbuda). Estas banderas aportan beneficios económicos para las empresas que explotan los buques, pero no suponen una disminución de la seguridad a bordo como demuestra que todas ellas estén incluidas en la lista blanca que cada año publica París-Mou. (Paris-Mou, 2015)

Según el informe anual del UNCTAD sobre negocio marítimo de 2016 existían 2101 buques registrados en Malta, lo que supone un 2,31% del total mundial y un 5,26% del tonelaje mundial total, convirtiendo a este país en el 6º con la mayor flota mundial de buques registrados. (UNCTAD, 2016)

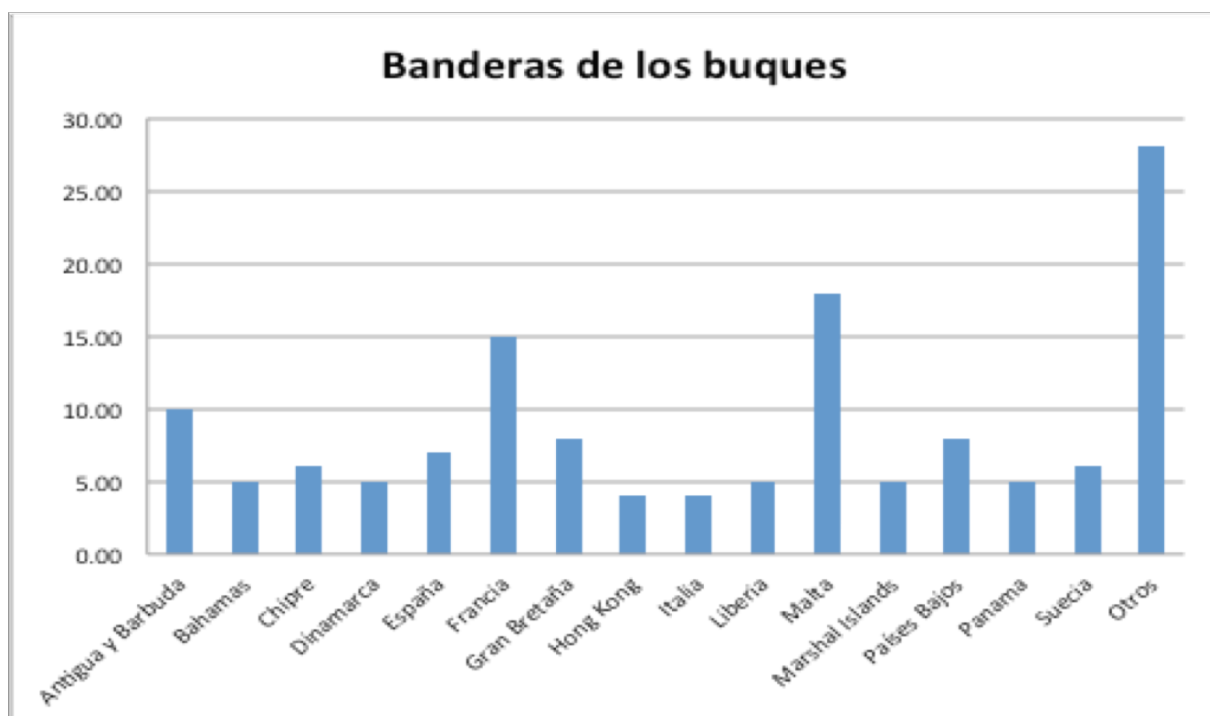


Figura 14. Banderas de los buques implicados en los accidentes estudiados

III.1.7.- Sociedad de clasificación

Las sociedades de clasificación de los buques implicados son 13 en total, repartidas tal y como se muestra en la **figura 15**. De estas 13 sociedades de clasificación, 10 son miembro de IACS tal y como se recogía anteriormente, mientras que 3 de ellas no pertenecen a dicha asociación, a saber:

- Bulgarski Koraben
- Isthmus Bureau of Shipping
- Panama Maritime Document Service

Cada una de estas sociedades corresponde a un único buque implicado en alguno de los accidentes estudiados, lo que arroja un porcentaje despreciable de buques no clasificados por sociedades miembro de IACS. Si como se mencionaba anteriormente un 94% aproximado de la flota mundial está bajo el paraguas de IACS, es lógico que la mayoría de los buques implicados en accidentes estén clasificados por alguna de las 12 sociedades miembro.

Se observa en la **figura 15** que 19 buques no tenían sociedad de clasificación. Esto corresponde a todos aquellos buques pesqueros que estuvieron implicados en colisiones con buques mercantes. Las tres sociedades de clasificación que más buques aportan al estudio (más de 15 cada una de ellas) son, por orden:

- Bureau Veritas (BV)
- Lloyd's Register of Shipping (LR)
- Det Norske Veritas (DNV)
- Germanischer Lloyd's (GL)

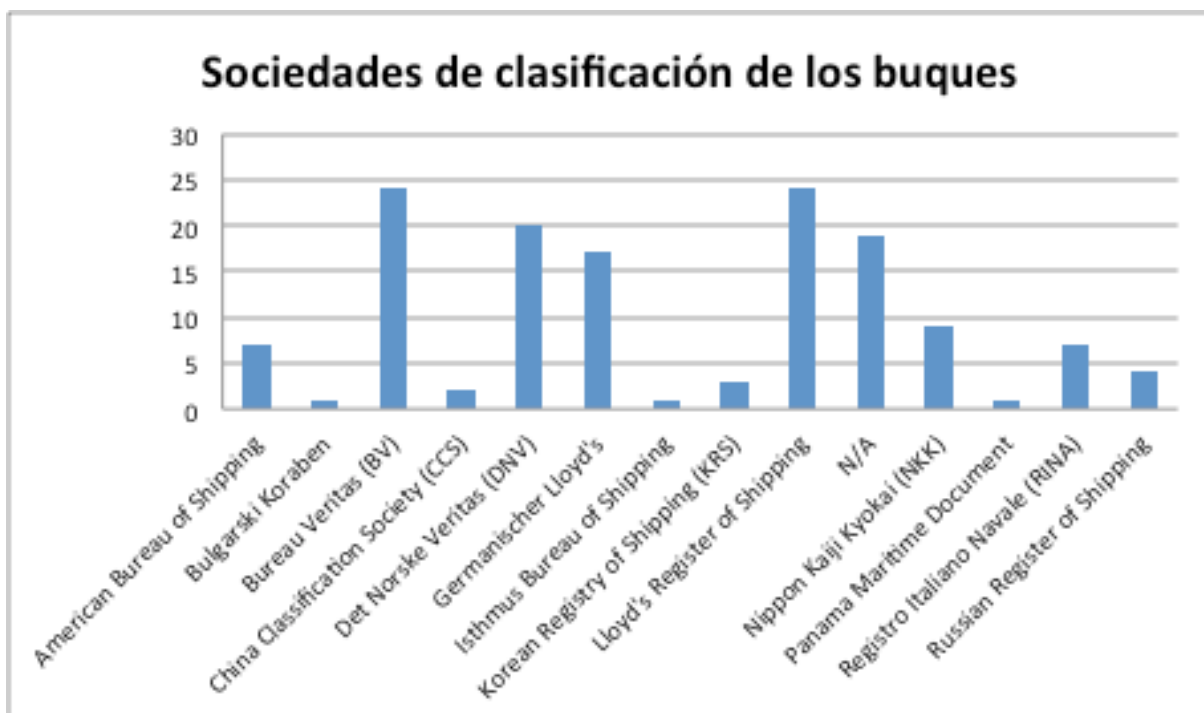


Figura 15. Sociedades de clasificación de los buques implicados

III.1.8.- Banderas investigadoras

Tal y como recoge la Directiva 2009/18/CE de la Unión Europea en su artículo 2, serán investigados por países europeos todos los siniestros marítimos que:

- Afecten a buques que enarbolan el pabellón de un país europeo
- Ocurran en el mar territorial o en aguas interiores de un país miembro

- Afecten a otros intereses de consideración de los países miembro

Es lógico por lo tanto lo recogido por la **figura 16**, donde se muestra que todos los países que investigaron fueron europeos. Destaca Malta como el país que más investigaciones llevó a cabo con 25, lo que se relaciona con lo recogido en la **figura 14** y lo comentado en la sección correspondiente.

Por su parte Francia, Gran Bretaña, Alemania y España superaron las 10 investigaciones, algo que se relaciona con el tráfico que soportan los puertos de estos países más que con el número de buques abanderados en cada uno de ellos. Se han incluido en “Otros” todos aquellos países que no realizaron al menos 3 investigaciones en el período estudiado.



Figura 16. Banderas investigadoras de los accidentes estudiados

III.1.9.- Causas de los accidentes

En todos los accidentes, ya sea en el ámbito marítimo o en cualquier otro, es la concatenación de causas y la falta de respuesta a estas causas lo que da lugar al accidente, y no solamente un hecho aislado. Es por esto que a la hora de analizar los accidentes estudiados, los organismos investigadores

hablan de “causas principales”, que son aquellas tuvieron un mayor peso en el suceso final.

La **figura 17** representa las causas principales de los accidentes estudiados. Destaca por encima del resto el factor humano, un problema persistente en la industria del transporte no sólo marítimo, sino también aéreo, por ferrocarril y por carretera. Muy por detrás se sitúan la climatología y el fallo de máquina, dejando un 8% para otras causas como son una mala planificación de la ruta, un fallo en la estiba de la mercancía y la fatiga.

Cabe destacar que la fatiga se consideró causa principal en tan sólo un 4% de los casos estudiados, lo que no impide considerar que podría estar presente, y de hecho es probable que lo estuviese, en el 63% de los accidentes que se consideraron causados por error humano. La falta de un método preciso para determinar la fatiga de forma científica y comparable hace que esta no se valore correctamente en la mayoría de las investigaciones.

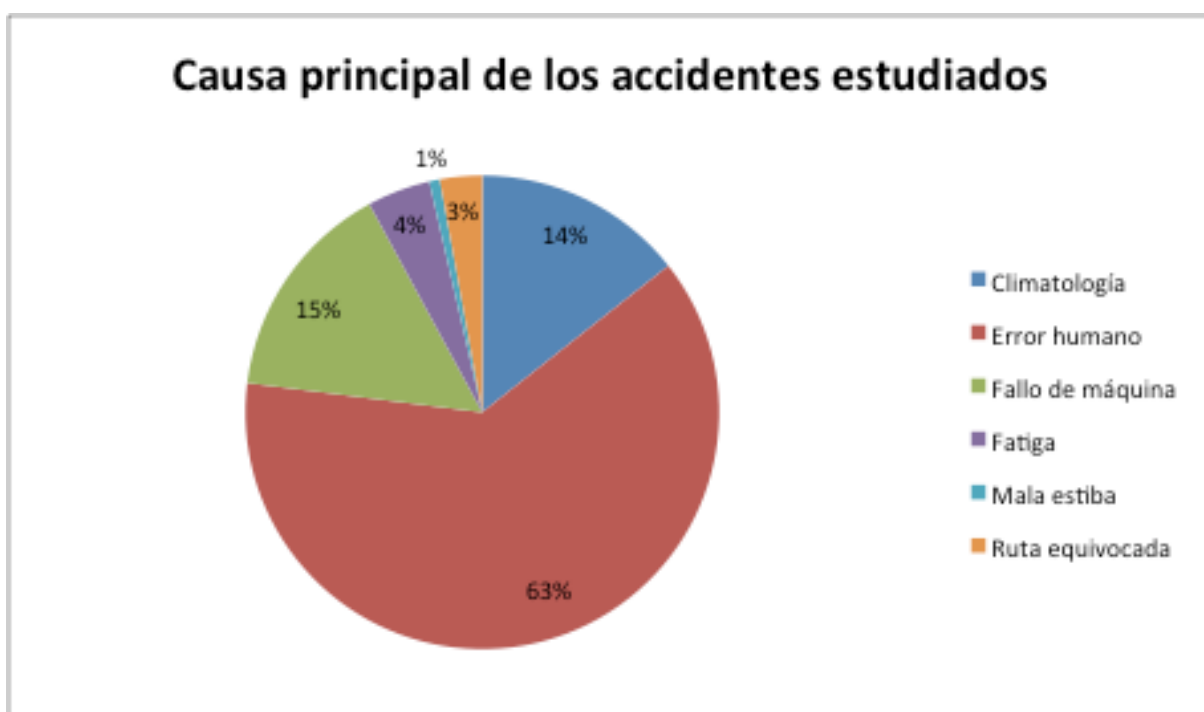


Figura 17. Causa principal de los accidentes estudiados

Si se analiza la causa principal en función del tipo de accidente, se obtiene la **figura 18**. Destaca que el error humano contribuyó de manera mucho más notable a las colisiones que a cualquier otro accidente. Mientras que la climatología o el fallo de máquina causaron accidentes de los 3 tipos estudiados en porcentajes similares, el error humano dio lugar a muchas menos varadas o contactos que a colisiones. Esto se explica por la gran influencia que tienen las decisiones que se toman con respecto a la navegación para evitar la colisión entre dos buques. Normalmente cuando sucede una colisión ambas tripulaciones eran conscientes de la presencia del otro buque bastante antes del impacto, pero errores de juicio y decisiones erróneas complican la situación hasta el momento en que ambos buques colisionan.

Se observa que la fatiga fue considerada la causa principal tan solo en los casos en los que los buques terminaron varando. Debe por tanto existir una prueba irrefutable que demuestra que un oficial se quedó dormido durante su guardia para que se considere que ha sido la fatiga la causa principal.

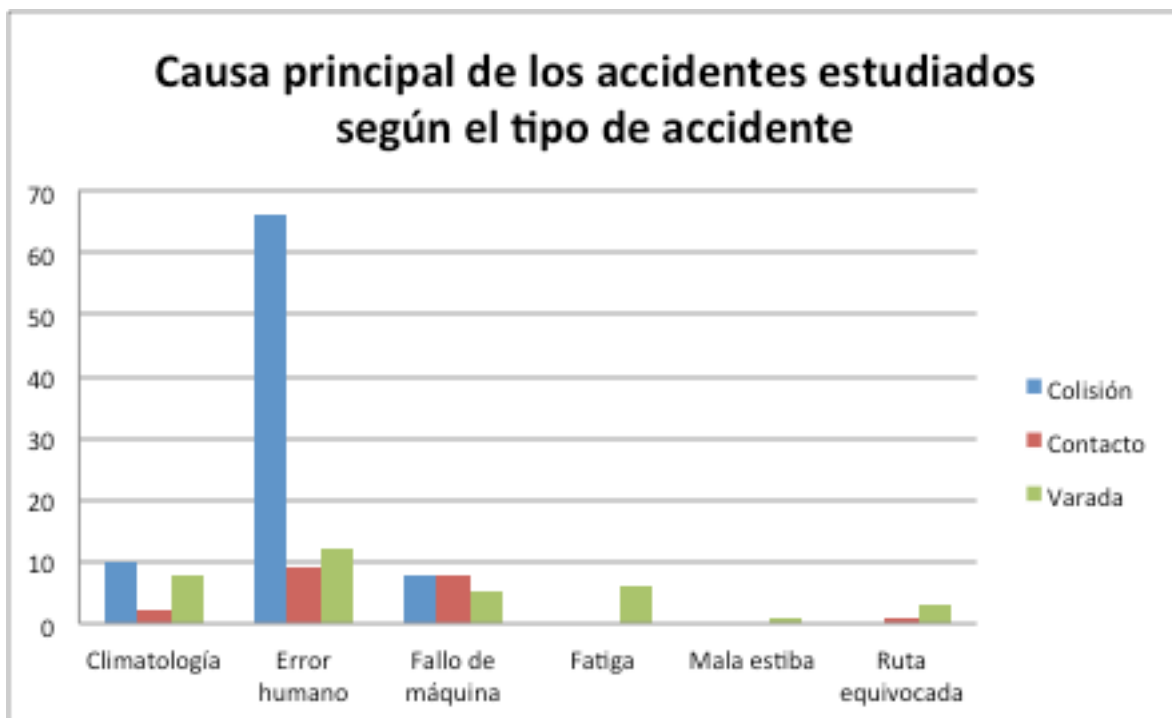


Figura 18. Causa principal según el tipo de accidente

III.1.10.- Condiciones ambientales

La **figura 19** muestra las condiciones de viento reinantes durante el acaecimiento de los accidentes estudiados. Se observa que en general no soplaba viento de fuerza considerable, con predominio de fuerzas Beaufort menores de 4. Los accidentes en los que la fuerza del viento sobrepasaba la fuerza 8 sumados se corresponden, aproximadamente, con el 14% de los accidentes donde se consideró a la climatología como causa principal.

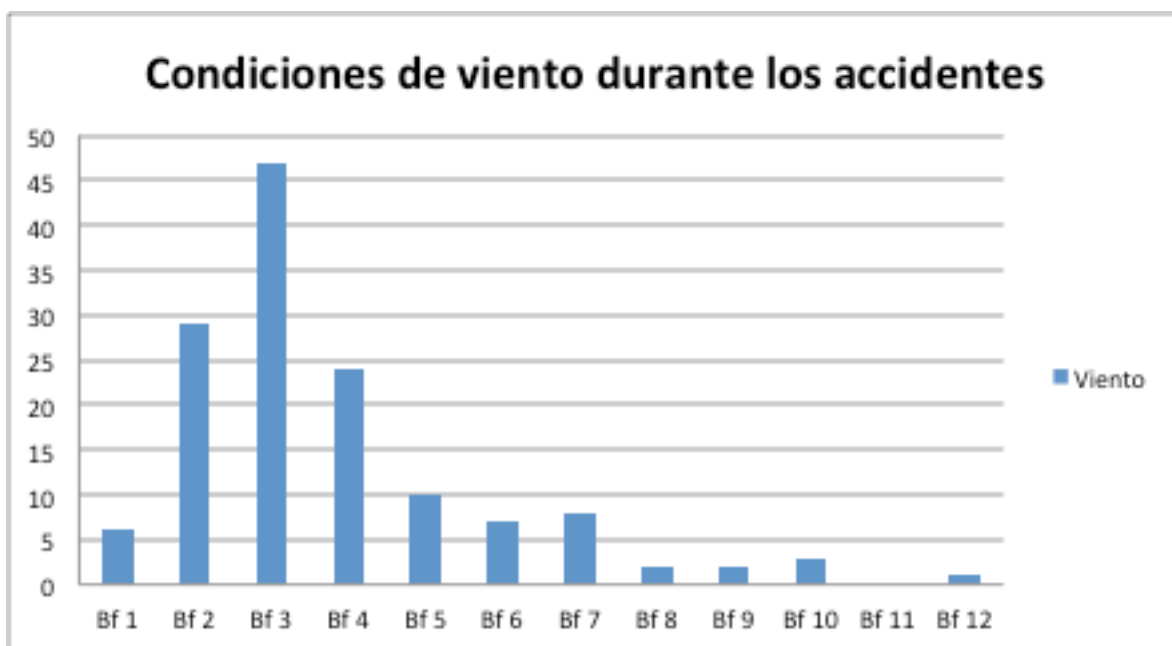


Figura 19. Condiciones de viento en los accidentes estudiados

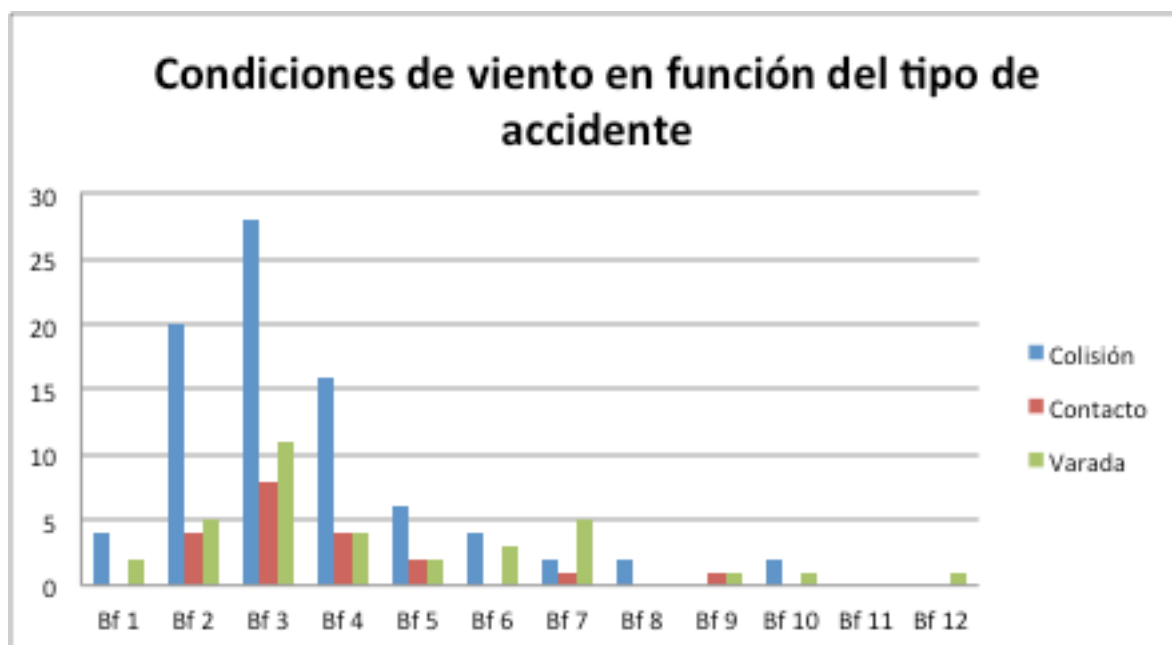


Figura 20. Condiciones de viento según el tipo de accidente

La **figura 20** muestra la distribución de las condiciones de viento en función del tipo de accidente. Se observa que la distribución sigue un patrón similar al de la **figura 19**, por lo que no existen razones para afirmar que algún tipo de accidente tenga más probabilidades de suceder en condiciones de fuerte viento. Predominan en los escenarios de peores condiciones de viento las varadas, especialmente aquellas que sucedieron al sorprender un temporal a los buques en fondeaderos o aproximándose a la entrada del puerto.

La **figura 21** muestra las condiciones de oleaje reinantes en el momento en el que tuvieron lugar los accidentes estudiados. Al igual que sucedía con las condiciones de viento, se observa que en la mayoría de los accidentes las condiciones de oleaje eran buenas, con predominio de alturas de ola menores de 1m.

Por su parte, la **figura 22** es equiparable a la **figura 20**. Al igual que sucedía con las condiciones de viento, las condiciones de oleaje no afectaron significativamente a la probabilidad de que sucediese un accidente.

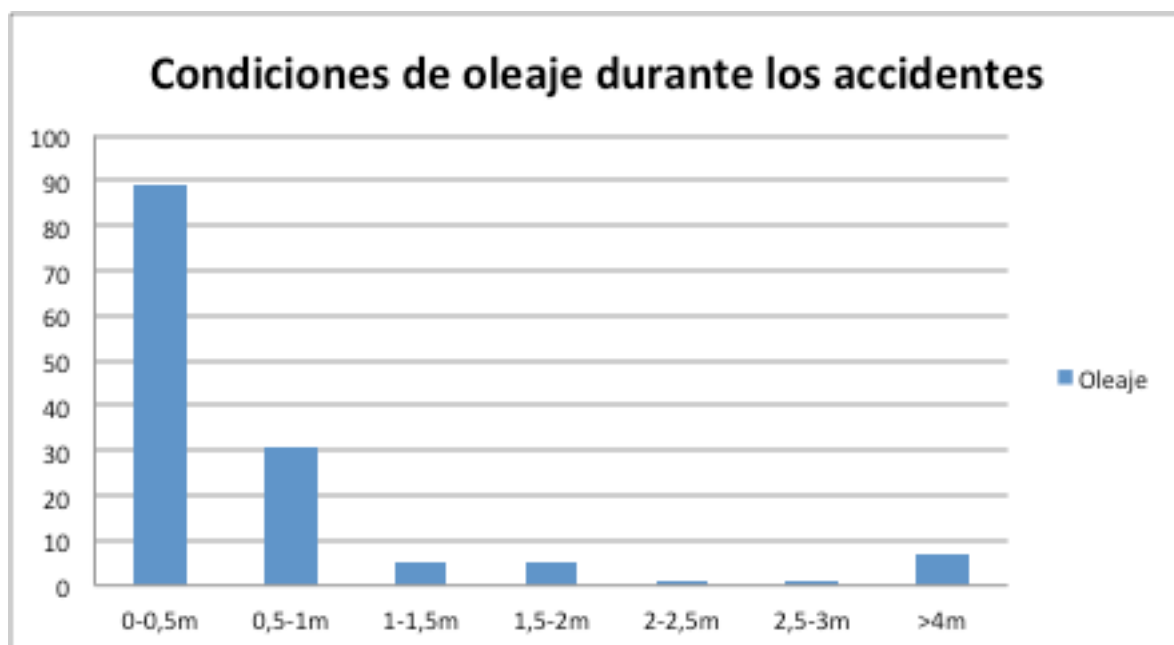


Figura 21. Condiciones de oleaje en los accidentes estudiados

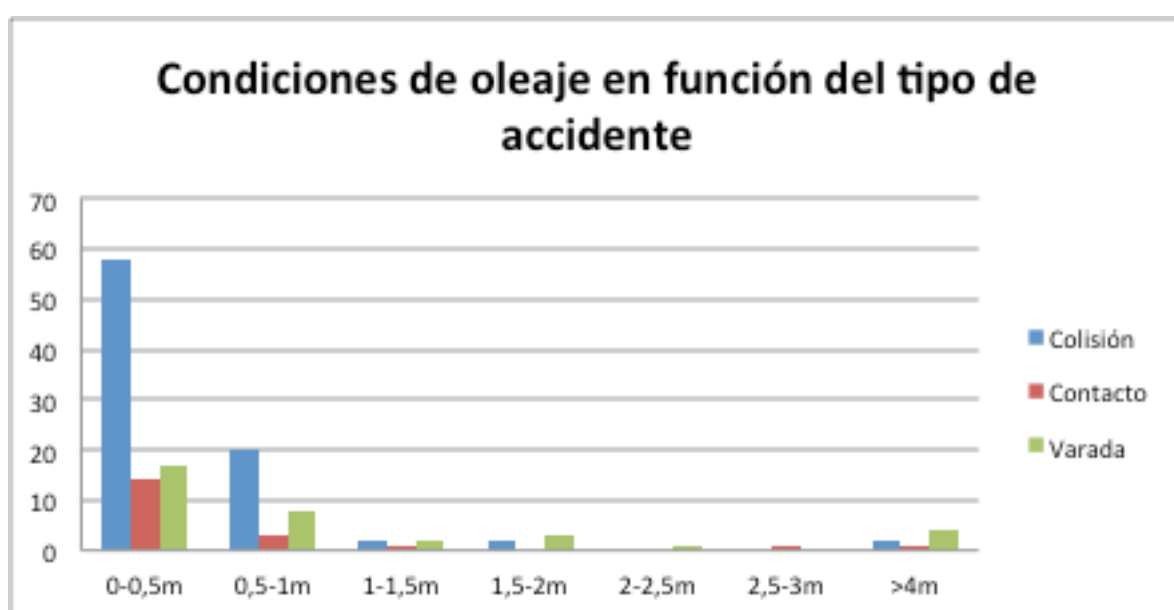


Figura 22. Condiciones de oleaje según el tipo de accidente

La **figura 23** muestra las condiciones de visibilidad reinantes en el momento de suceder los accidentes estudiados. En una gran mayoría de los casos (87%) la visibilidad era buena, en línea con los resultados mostrados anteriormente para las condiciones de viento y oleaje.

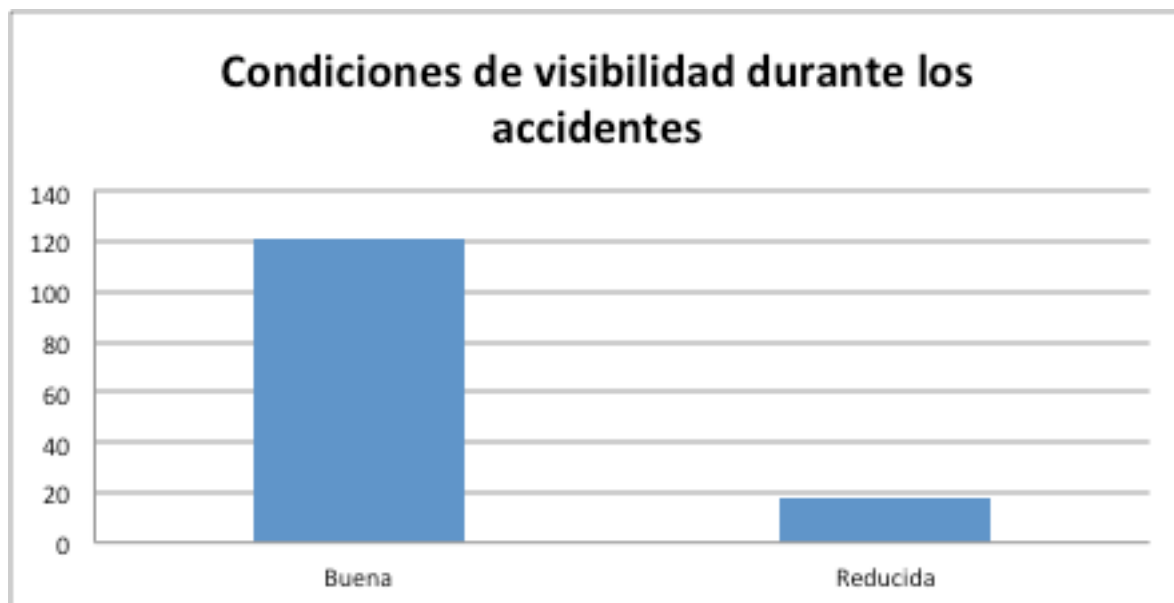


Figura 23. Condiciones de oleaje en los accidentes estudiados

III.1.11.- Consecuencias de los accidentes

Es importante valorar cuáles son las consecuencias que tienen para los buques y para el personal que va a bordo de ellos los accidentes marítimo. Se pueden diferenciar tres grandes entes perjudicados cuando sucede un accidente marítimo: el buque, las personas y el medio ambiente. En este trabajo no se ha entrado a valorar el impacto económico que los accidentes tienen para el negocio marítimo, puesto que no es ese el objetivo del Máster en el que se encuadra este TFM.

El primero de los entes mencionados anteriormente es el buque. La **figura 24** muestra los daños sufridos por los buques implicados en los accidentes estudiados. Los daños en su mayoría fueron graves o moderados, con una minoría de buques intactos. Todos los buques que terminaron por hundirse fueron pesqueros que colisionaron con buques mercantes de mucho mayor tamaño que ellos.

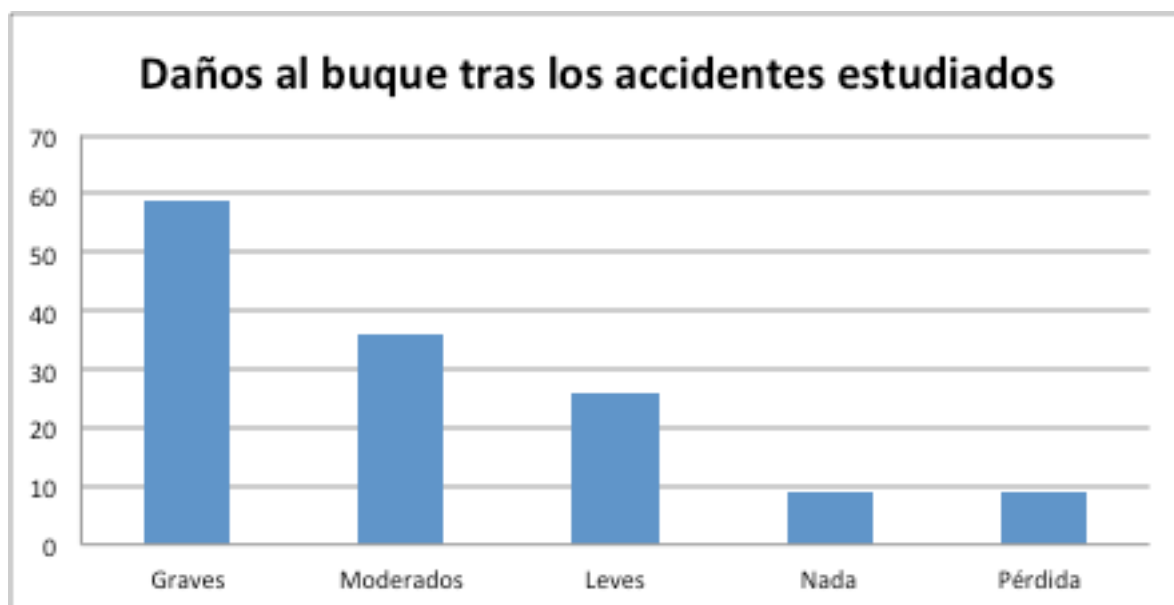


Figura 24. Daños sufridos por los buques como consecuencia de los accidentes estudiados

Por su parte, la **figura 25** expone de manera gráfica los daños sufridos por los buques en función del tipo de accidente. Se observa que las varadas dieron lugar a daños más importantes en los buques que las sufrieron si se comparan con los contactos. La explicación a este fenómeno reside en el hecho de que los contactos suelen tener lugar a velocidades bajas, en los momentos de aproximación o alejamiento del buque con respecto al muelle. Sin embargo, en la mayoría de las varadas donde la causa ha sido la fatiga o el error humano, la velocidad del buque en el momento de varar era considerable y ha dado lugar a graves daños. Es cierto a su vez que el único tipo de accidente que no dio lugar a daños en los buques implicados fueron las varadas, en los casos en los que las velocidades eran bajas y el fondo con el que hizo contacto el buque era de arena o fango.

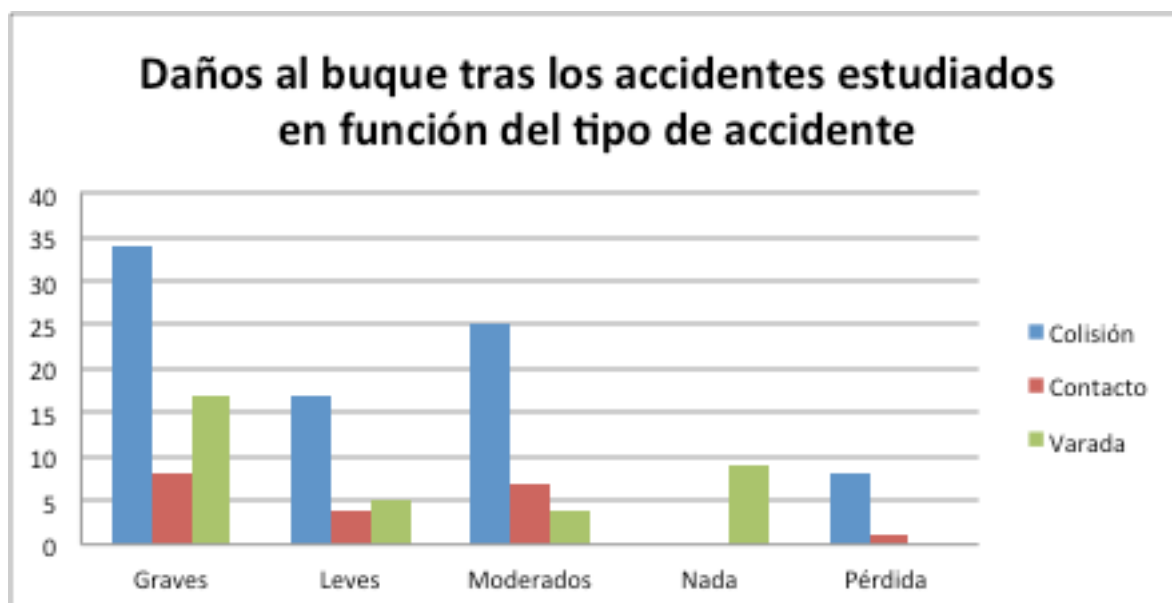


Figura 25. Daños al buque en función del tipo de accidente

El segundo ente mencionado anteriormente, las personas que van a bordo de los buques, merecen una atención especial dada su naturaleza irremplazable. No es casualidad que el principal elemento regulador del mundo marítimo sea el Convenio SOLAS, cuyo principal objetivo es salvaguardar la vida humana en el mar.

Es posible hacerse una buena idea de hasta qué punto es efectiva la regulación actual en materia de seguridad de la vida humana en el mar observando la **figura 26**, que muestra los daños a las personas derivados de los accidentes estudiados. Se observa que en un elevado porcentaje (95%) de los casos, todas las personas a bordo resultaron ilesas, pese a que los daños a los buques fueron en su mayoría graves. No existe por tanto, una relación evidente entre la extensión del daño sufrido por el buque y los daños sufridos a las personas a bordo de los mismos.



Figura 26. Daños sufridos por las personas como consecuencia de los accidentes estudiados

El tercer ente susceptible de sufrir como consecuencia de un accidente marítimo es el medio ambiente, normalmente en forma de derrames de hidrocarburos u otros líquidos perjudiciales para la fauna y la flora que habitan en los mares y océanos. Es por tanto una buena señal que la **figura 27** muestre que tan solo el 2% de los accidentes estudiados tuvieron como consecuencia derrame de hidrocarburos u otras sustancias contaminantes, lo que lleva a pensar que el diseño y las regulaciones impuestas por el Código MARPOL están cumpliendo su función.

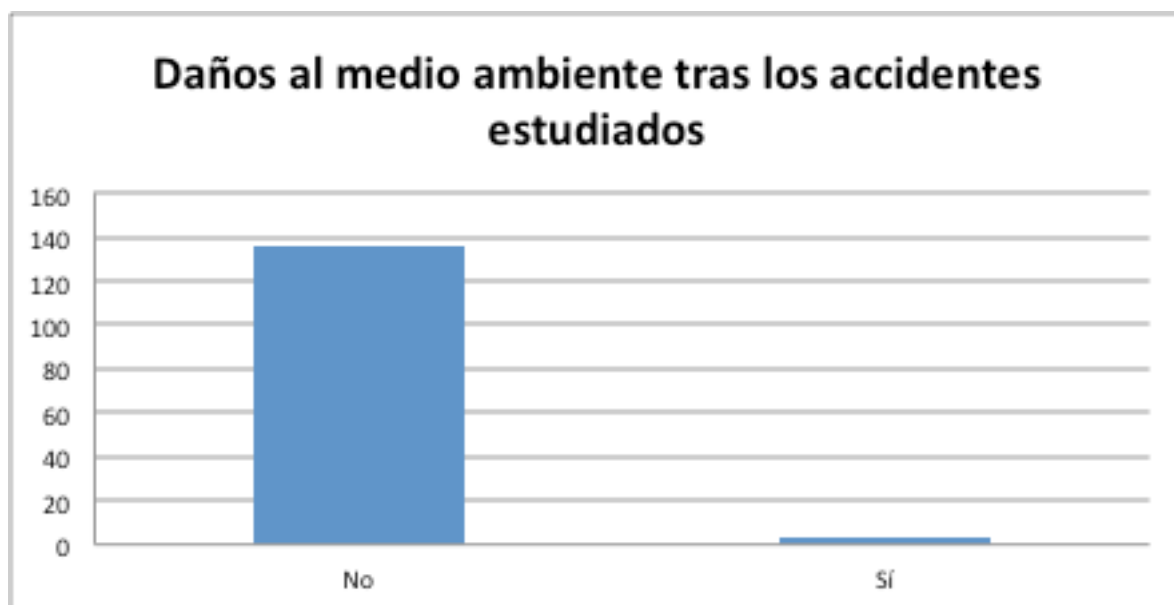


Figura 27. Daños sufridos por el medio ambiente como consecuencia de los accidentes estudiados

III.2.- Análisis de la localización

Para analizar la localización geográfica de los accidentes estudiados nos centraremos en las aguas europeas. Todos los accidentes ocurridos en esta zona han sido investigados por algún estado miembro y por lo tanto disponemos de información contrastada que podremos utilizar para comparar con los resultados de este trabajo.

En primer lugar analizaremos someramente la localización de los accidentes estudiados en función de su tipo: colisión, contacto y varada. A continuación analizaremos los datos presentados por la EMSA en su informe de 2016 y los compararemos con los mapas de densidad extraídos de MarineTraffic.

III.2.1.- Localización de los accidente estudiados

Se puede observar en la **figura 28** una gran densidad de marcas en las zonas del canal de la Mancha así como en las aguas del norte de Alemania y Dinamarca. El Mediterráneo presenta escasos acaecimientos, concentrados en la zona del estrecho de Gibraltar y en las aguas de Grecia y Sicilia.

Es muy destacable el hecho de que se diesen, durante el período estudiado, al menos 6 colisiones entre buques pesqueros y buques mercantes en el área noroeste de la costa de Francia y 3 colisiones del mismo tipo en la costa mediterránea española, cerca del estrecho de Gibraltar. Estas dos áreas, puntos de gran densidad de tráfico por ser la entrada del estrecho de Dover y el estrecho de Gibraltar respectivamente suponen para los marinos una carga de estrés añadida. El gran volumen de buques navegando en la zona, las frecuentes comunicaciones vía VHF y el gran número de ecos visibles en las pantallas de los radares pueden obstaculizar la atención de los oficiales de navegación dando lugar a este tipo de colisiones.

Por su parte la zona de navegación alrededor de la península danesa, con gran densidad de tráfico entre los puertos del norte de Alemania y Polonia y los puertos escandinavos, es una zona muy propensa a las colisiones.



Figura 28. Localización de las colisiones estudiadas representadas sobre un mapa de Europa

La **figura 29** muestra la localización de los contactos. Este tipo de accidente tiene como particularidad el hecho de que siempre ha de producirse en aguas portuarias o en el acceso a las mismas, o en el caso de navegación por canales durante el tránsito de los mismos. Pese a esto, la localización geográfica de los accidentes es similar a la apreciada en la **figura 28**, con mayor densidad de las zonas del canal de la Mancha y las aguas del norte de Alemania, Dinamarca y Polonia.

Como se explicaba anteriormente, tienen más tendencia a sufrir este tipo de accidente los buques de gran frecuencia de escalas, como pueden ser los buque de pasaje y los buques ro-pax, por lo que no es extraño que se concentren en las zonas mencionadas anteriormente, al existir allí gran tránsito de este tipo de buques.



Figura 29. Localización de los contactos estudiados representados sobre un mapa de Europa

La **figura 30** muestra la localización de las varadas estudiadas. Es el tipo de accidente estudiado que muestra una distribución más homogénea por el mapa de Europa, con la particularidad de que apenas existen casos registrados en el mar Mediterráneo. Esto puede tener explicación en el hecho de que el Mediterráneo es un mar profundo, con pocas islas y espacios de navegación libres en su mayoría de archipiélagos o bajos que puedan dar lugar a varadas. Todo lo contrario sucede con el mar del norte y el mar Báltico, donde abundan los fondos someros de roca, los archipiélagos de pequeñas islas y donde se navega frecuentemente por canales que limitan mucho las opciones que tienen los oficiales de navegación a la hora de escapar de una situación de riesgo.



Figura 30. Localización de las varadas estudiadas representadas sobre un mapa de Europa

III.2.2.- Localización de los accidentes estudiados por la EMSA y mapa de densidad

El informe publicado por la EMSA en el año 2016 recoge el reparto geográfico de los accidentes estudiados por sus estados miembro entre los años 2011 y 2015. Esto da lugar al mapa de la **figura 31** para el conjunto de Europa. Se observa que la densidad de accidentes tiene un reparto similar al observado en las **figuras 28 a 30**, con mayoría de accidentes en la zona del canal de la Mancha y en las aguas del norte de Alemania, Dinamarca y sur de la península escandinava. En el Mediterráneo por comparación los números son sensiblemente más bajos excepto en la zona de Grecia y Turquía.

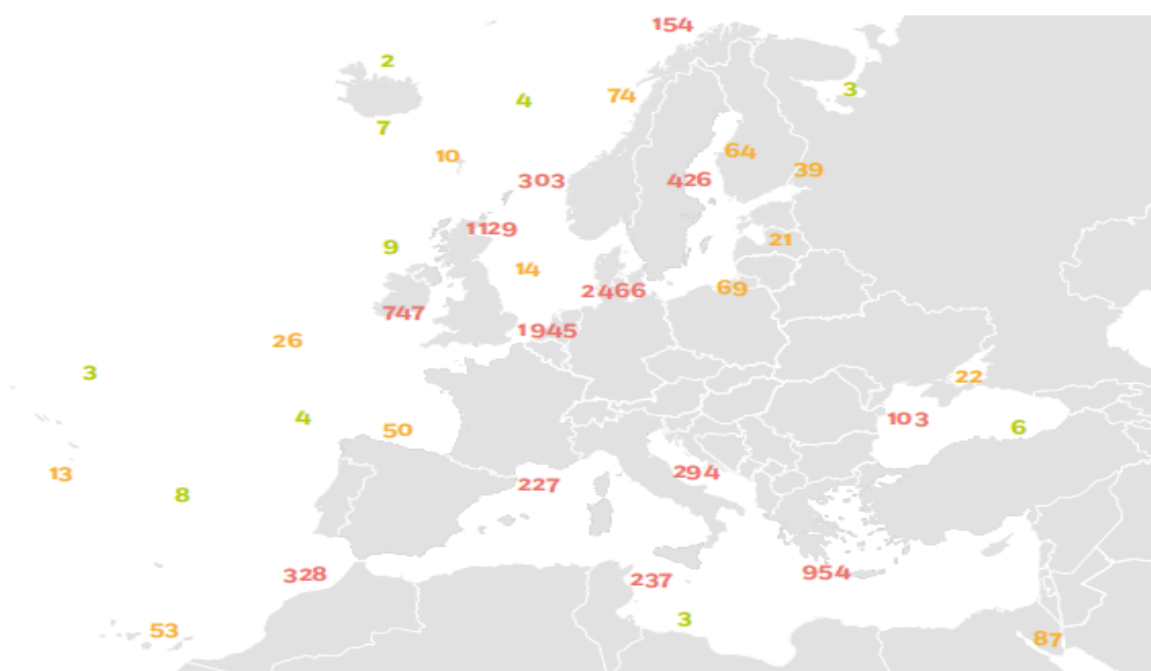


Figura 31. Localización de los accidentes recopilados por la EMSA en el área de Europa y publicados en su informe de 2016 sobre accidentes marítimos

La **figura 32** muestra la zona del mar Mediterráneo ampliada para el mismo período que la **figura 31**. La **figura 33** muestra la densidad de tráfico en aguas del mar Mediterráneo en marzo de 2017. Se puede observar una correlación entre el mayor número de sucesos ocurridos en aguas de Grecia y Malta y la gran densidad de tráfico reinante en esa zona. Hay que tener en cuenta que se trata de una zona con gran número de islas y accidentes geográficos, donde un gran número de buques transita áreas que no permiten grandes alteraciones de rumbo para evitar situaciones de riesgo.

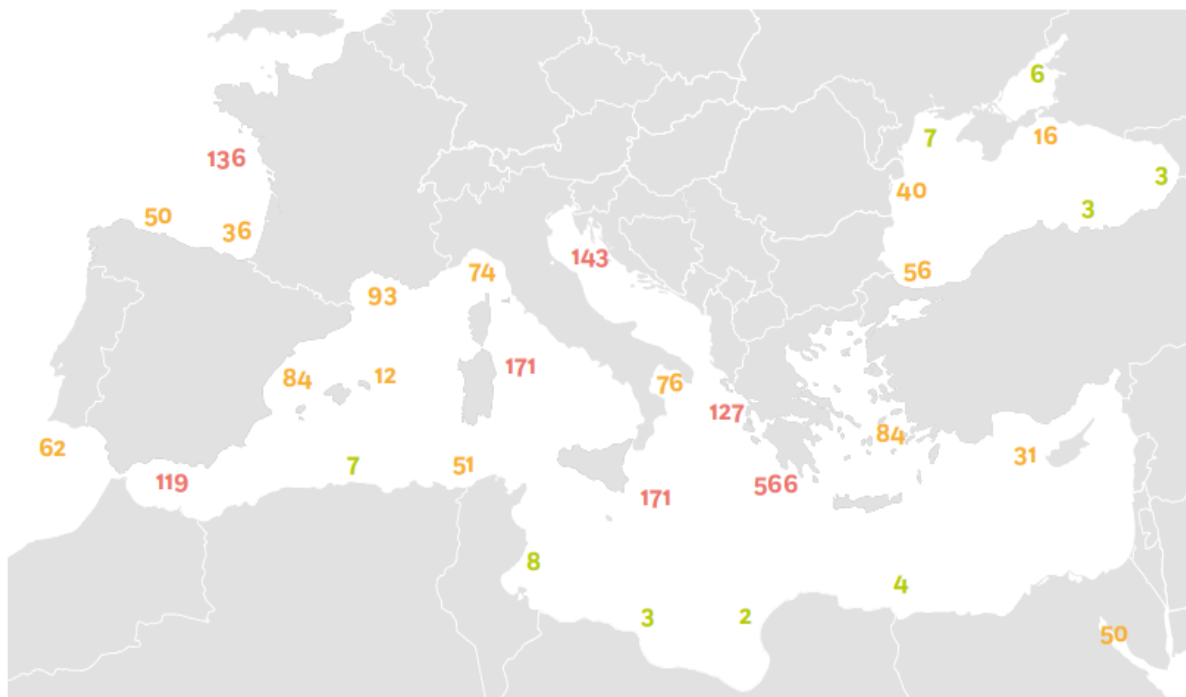


Figura 32. Localización de los accidentes recopilados por la EMSA en el área del Mar Mediterráneo y publicados en su informe de 2016 sobre accidentes marítimos

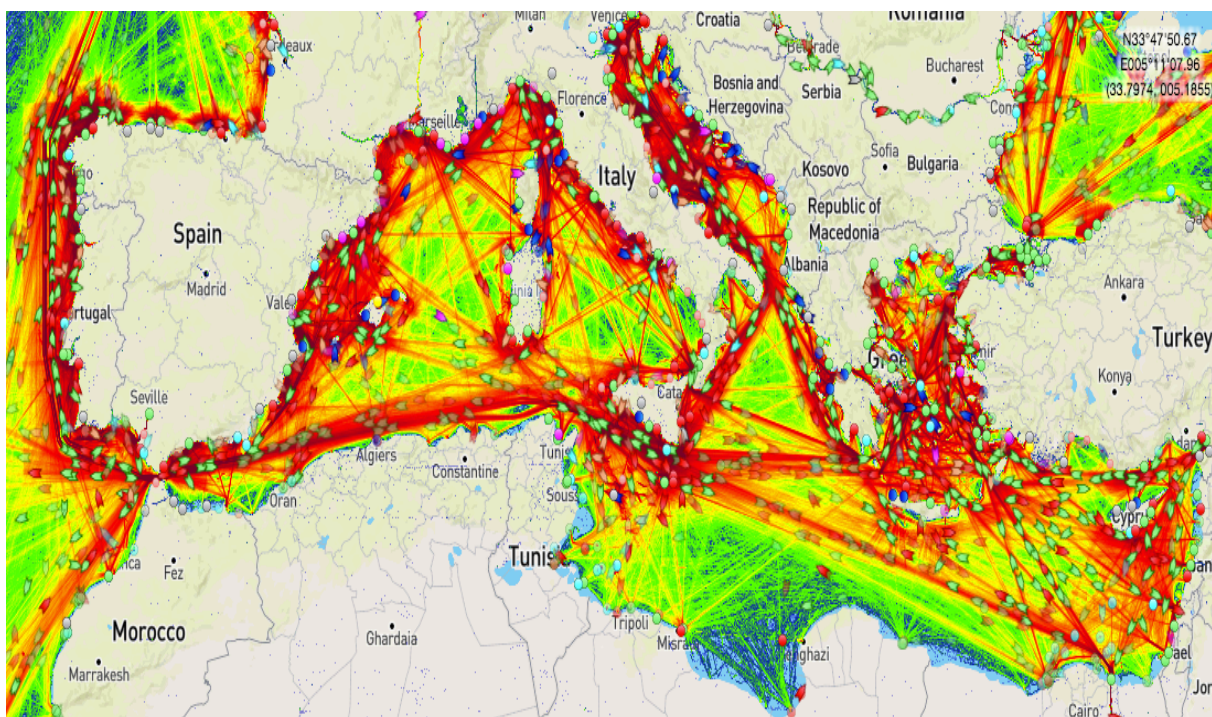


Figura 33. Densidad de tráfico Mar Mediterráneo Marzo 2017, MarineTraffic

Las **figuras 34 y 35** son equivalentes a las figuras 31 y 32 para el norte de Europa. Se observa, al igual que en los accidentes investigados a lo largo de este trabajo, una mayor concentración de accidentes en zonas del canal de la Mancha y en las aguas del norte de Alemania y Dinamarca. Son estas zonas a su vez las que presentan una mayor densidad de tráfico, de nuevo dando lugar a navegaciones en aguas restringidas.

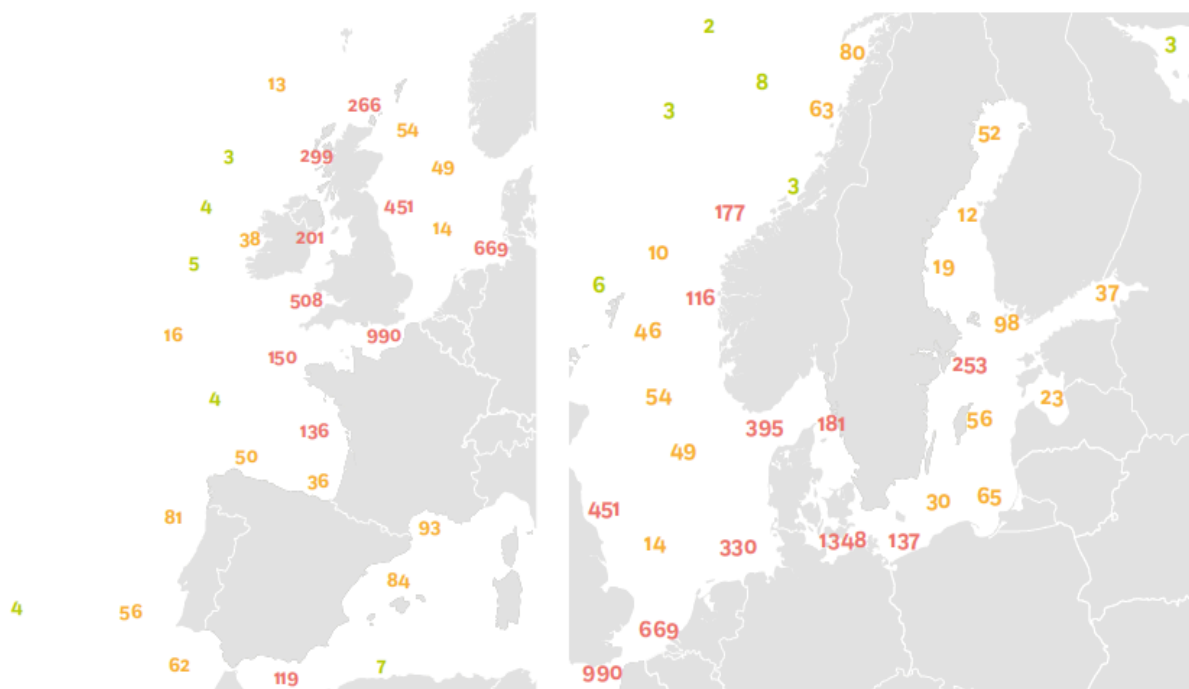


Figura 34. Localización de los accidentes recopilados por la EMSA en el área del norte de Europa y costa atlántica, publicados en su informe de 2016 sobre accidentes marítimos

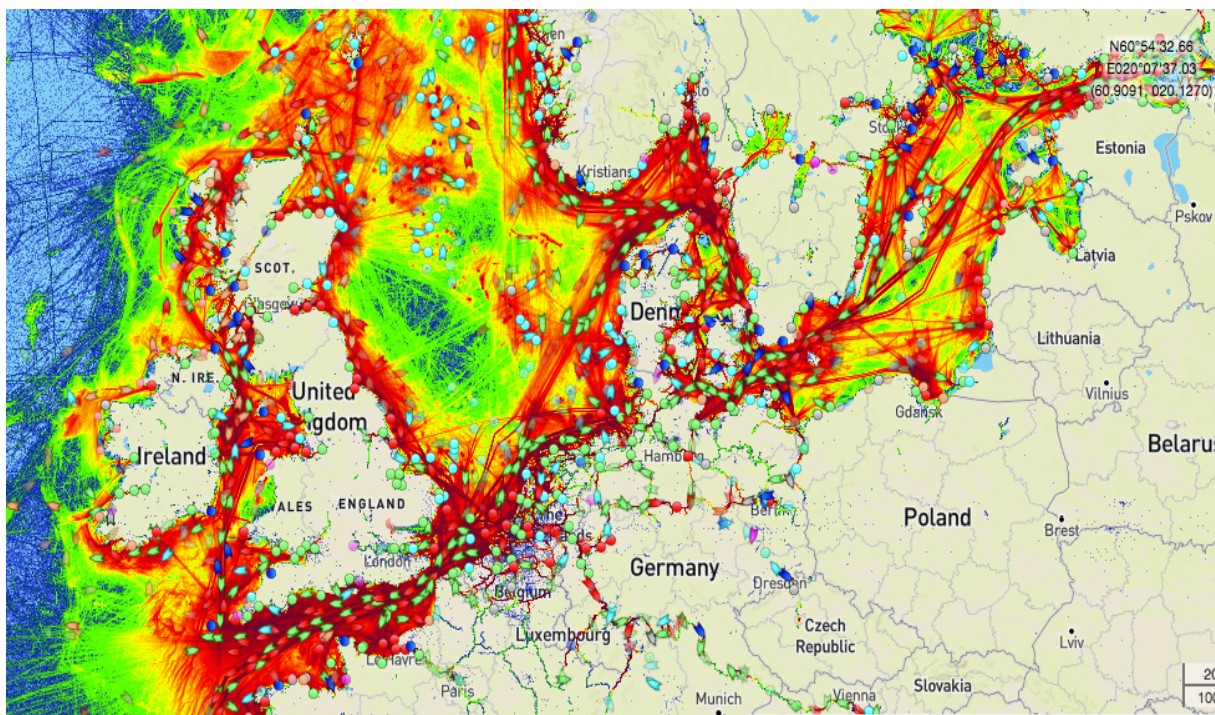


Figura 35. Densidad de tráfico Norte de Europa Marzo 2017, MarineTraffic

III.3.- Análisis del índice de riesgo

El modelo de riesgo explicado en II.3.6.-II.2.2.3.- arroja los resultados que se presentan a continuación.

La **tabla 5** muestra el valor del índice de probabilidad (II.3.6.1.-) obtenido para cada tipo de buque. Se obtiene un valor para el total general de 1.152.

El valor más elevado corresponde a los buques recogidos en la categoría “Otros”, que en nuestro caso englobaría a los pesqueros, las plataformas, las dragas, los remolcadores y los buques frigoríficos. Este tipo de buques tiene un 69% de probabilidades más de sufrir un accidente que la media.

El valor más bajo corresponde a los buques de carga, que son además los buques que más transitaban por las aguas europeas con un porcentaje del 67% del tráfico total. Su probabilidad de tener un accidente de tipo varada, colisión o contacto es un 22% menor que la media.

Buques de pasaje y buques tanque se encuentran en un rango similar con un 19% y 17% de probabilidad más que la media de sufrir un accidente. Por su parte los buques portacontenedores y los bulkcarriers tienen un 35% y un 58% de probabilidad más de media que el total.

Tipo de buque	Factor de tipo	Tráfico anual	Nº de accidentes	Probabilidad	Índice probab	Ratio Ip
Buques tanque	9	199580	19	24	1.377	1.194
Buques pasaje	16	354808	32	23	1.353	1.174
Buques carga	67	1485759	36	6	0.782	0.679
Buques portacontenedores	4	88702	13	37	1.564	1.357
Bulkcarrier	3	66527	18	68	1.830	1.588
Otros	1	22176	8	90	1.955	1.697
Total general	100	2217551	126	14	1.152	1.000

Tabla 5. Cálculo del índice de probabilidad según el tipo de buque para cada 1.000.000 de pasos

Pasamos ahora al índice de consecuencia, siguiendo el proceso explicado en II.3.6.2.- obteniendo los resultados mostrados en la **tabla 6**.

Atendiendo a la comparativa de los valores obtenidos con el valor del total general observamos que existen pocas diferencias en lo que al índice de consecuencia se refiere entre los diferentes tipos de buque.

El valor más bajo, con apenas un 10% de variación corresponde a los buques de carga, mientras que el valor más elevado, un 2% mayor que la media, corresponde a los bulkcarriers.

Esto nos permite afirmar que las consecuencias que tienen las varadas, los contactos y las colisiones para los diferentes tipos de buque son muy similares.

Tipo de buque	Factor de tipo	Tráfico anual	Nº de accidentes	Sum Ic	Ic	Ratio Ic
Buques tanque	9	199580	19	45.158	2.377	0.973
Buques pasaje	16	354808	32	66.247	2.070	0.847
Buques carga	67	1485759	36	78.293	2.175	0.890
Buques portacontenedores	4	88702	13	31.798	2.446	1.001
Bulkcarrier	3	66527	18	44.819	2.490	1.019
Otros	1	22176	8	19.723	2.465	1.009
Total general	100	144141	126	307.896	2.444	1.000

Tabla 6. Cálculo del índice de consecuencia según el tipo de buque

Por último, el cálculo del índice de riesgo se obtiene al sumar los valores del índice de probabilidad y el índice de consecuencia, obteniendo los valores de la **tabla 7**.

Tipo de buque	Ip	Ic	Ir	Ratio Ir
Buques tanque	1.377	2.377	3.753	1.044
Buques pasaje	1.353	2.070	3.423	0.952
Buques carga	0.782	2.175	2.957	0.822
Buques portacontenedores	1.564	2.446	4.010	1.115
Bulkcarrier	1.830	2.490	4.320	1.201
Otros	1.955	2.465	4.421	1.229
Total general	1.152	2.444	3.596	1.000

Tabla 7. Cálculo del índice de riesgo según el tipo de buque

En línea con los resultados anteriores, vemos que el valor del índice de riesgo para los diferentes tipos de buque no varía significativamente de unos a otros, siendo las variaciones más acusadas del entorno del 20%.

IV.- CONCLUSIONES

1. La meteorología no es un factor decisivo a la hora de establecer la probabilidad de que un buque sufra un accidente de tipo varada, colisión o contacto
2. Las zonas de mayor densidad de tráfico son aquellas donde existe un mayor riesgo de que se produzca un accidente de tipo colisión, varada o contacto
3. La aplicación del modelo de riesgo arroja valores similares para todos los tipos de buque debido a la homogeneidad del índice de consecuencia. Sin embargo, el índice de probabilidad varía ampliamente entre los diferentes tipos de buque.
4. Los accidentes de tipo colisión, varada y contacto tienen graves consecuencias para los buques, pero no suelen tener consecuencias graves para las personas o para el medioambiente
5. Es interesante la opción de ampliar este estudio a años anteriores al período estudiado, así como incluir otras tipologías de accidente en el mismo (fuego, accidentes ocupacionales, etc.)
6. El modelo de riesgo puede aplicarse de forma más detallada si se recogen datos específicos sobre las consecuencias de los accidentes (número de heridos y gravedad de cada uno, coste de reparación del buque, cantidad de contaminantes emitidos al medio marino, etc)

Referencias citadas

Organización Marítima Internacional. (1999). Res. A884(21) Enmiendas al código para la investigación de los siniestros y sucesos marítimos. Londres: IMO Pub.

Organización Marítima Internacional. (1997). Res. A849(20) "Código para la investigación de siniestros y sucesos marítimos". Londres: IMO Pub.

Organización Marítima Internacional. (2008). Res. MSC.255(84). Londres: IMO Pub.

Parlamento Europeo. (2009). DIRECTIVA 2009/18/CE . *Diario Oficial de la Unión Europea*, (págs. 114-127). Bruselas.

Parlamento Europeo. (2002). Reglamento 1406/2002. *Diario Oficial de la Unión Europea*. Bruselas.

UNCTAD. (31 de 12 de 2016). *UNCTAD STAT*. Recuperado el 05 de 02 de 2017, de UNCTAD STAT: unctadstat.unctad.org

Papanikolaou, A., & Eliopoulou, E. (2008). Impact of ship age on tanker accidents. *Ship Operations, Management and Economics*. Atenas: The Greek Section of the Society of Naval Architects and Marine Engineers.

Paris-Mou. (2015). *Annual report 2015*. Paris: Paris Mou.

European Maritime Safety Agency. (2017). *EMSA*. Recuperado el 18 de 02 de 2017, de <http://www.emsa.europa.eu/contact-points.html>

European Maritime Safety Agency. (2017). *EMSA*. Recuperado el 18 de 02 de 2017, de <http://www.emsa.europa.eu/emcip.html>

Agencia Europea de Seguridad Marítima. (2017). *EMSA*. Recuperado el 2017 de 02 de 20, de <http://www.emsa.europa.eu/contact-points.html>

Ministerio de Fomento. (2017). *CIAIM*. Recuperado el 2017 de 02 de 20, de <http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/39B55F4D-4AC3-4EDF-85E0-035445216EBF/103367/RD8002011.pdf>

Paris Memorandum of Understanding. (01 de 03 de 2017). *Paris Memorandum of Understanding*. Recuperado el 03 de 04 de 2017, de <https://www.parismou.org/>

International Association Of Classification Societies. (20 de 03 de 2017). *International Association Of Classification Societies*. Recuperado el 03 de 04 de 2017, de <http://www.iacs.org.uk/>

Google My Maps. (22 de 05 de 2017). *My Maps*. Recuperado el 18 de 02 de 2017, de <https://www.google.com/maps/d/>

Marine Traffic. (22 de 05 de 2017). *Marine Traffic*. Recuperado el 14 de 03 de 2017, de <https://www.marinetraffic.com/es/>

Google Académico. (23 de 05 de 2017). *Google Académico*. Recuperado el 01 de 04 de 2017, de <https://scholar.google.es/>

European Comission. (22 de 05 de 2017). *Eurostat*. Recuperado el 20 de 03 de 2017, de <http://ec.europa.eu/eurostat/web/main/home>

MSC. (2002). *GUIDELINES FOR FORMAL SAFETY ASSESSMENT (FSA) FOR USE IN THE IMO RULE-MAKING PROCESS*. Maritime Safety Comitee. London: IMO.

AVISO DE RESPONSABILIDAD:

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Máster de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Máster, así como el profesor/a director no son responsables del contenido último de este Trabajo.