

## Travesía por aguas polares

**Trabajo Fin de Grado**  
Grado en Náutica y Transporte Marítimo.  
Junio de 2022

Autor:  
**Xerach Delgado Diaz**  
45850347P

Tutor:  
Prof. Dra. Amanda Peña Navarro

**Escuela Politécnica Superior de Ingeniería**  
**Sección Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval**  
Universidad de La Laguna

i

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 4632086      Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

---

ii

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 4632086      Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

D<sup>a</sup>. Dra. Amanda Peña Navarro, Profesor de la UD de Marina Civil, perteneciente al Departamento de Ingeniería Civil, Náutica y Marítima de la Universidad de La Laguna:

Expone que:

D. **Xerach Delgado Diaz** con **DNI 45850347P**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **Travesía por aguas polares**.

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

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente documento.

En Santa Cruz de Tenerife a 08 de Julio de 2022.

Fdo.: Amanda Peña Navarro.

Director del trabajo.

iii

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 4632086      Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

---

iv

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 4632086      Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

Delgado Diaz, X. (2022). *Travesía por aguas polares*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

## Resumen

Este es un trabajo para la obtención del título universitario del Grado de Náutica y Transporte Marítimo de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería Sección de Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval, perteneciente a la Universidad de La Laguna, en donde abordaremos las distintas travesías por las gélidas aguas polares del Ártico.

Para ello, veremos las distintas herramientas que son necesarias para poder cumplir la navegación por estas aguas cubiertas de hielo, como son el marco legal, con la creación del Código de Navegación Polar, los sistemas de ayudas a la navegación, las rutas más conocidas del mar Ártico y las distintas maniobras que pueden ayudarnos a cumplir nuestro objetivo de navegar por aguas con presencias de hielos.

Veremos qué es necesario para que un buque navegue por esas aguas, manteniendo la seguridad tanto de la tripulación y pasaje, como del medio marino y su fauna, además de las distintas ventajas que puede traer las nuevas rutas árticas en cuanto a distancia y eficiencia, frente a otras rutas comerciales más masificadas.

Descubriremos que las rutas árticas pueden ser una gran ayuda para conectar los continentes de América y Asia por el norte, y permitiendo una mejora en el comercio entre las grandes potencias de Estados Unidos, Canadá y Rusia, quienes tienen prácticamente el monopolio de las aguas árticas, tanto de los puertos seguros como de los buques rompehielos que tanta falta hacen en esas aguas heladas en los meses más fríos del año.

También haremos una comparativas con los pros y los contras de las diferentes rutas árticas para poder tener un conocimiento de cual de ellas nos vendrá mejor atravesar según nuestro destino.

v

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 4632086 Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

---

Delgado Diaz, X. (2022). *Travesía por aguas polares*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

## ABSTRACT

This is a work to obtain the university degree of the Grado de Náutica y Transporte Marítimo de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería Sección de Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval, belonging to the Universidad de La Laguna, where we will address the different crossings through the icy polar waters of the Arctic.

To do this, we will see the different tools that are necessary to be able to comply with navigation through these ice-covered waters, such as the legal framework, with the creation of the Polar Navigation Code, navigation aid systems, the best-known routes of the Arctic Sea and the different maneuvers that can help us meet our objective of navigating waters with ice presences.

We will see what is necessary for a ship to navigate these waters while maintaining the safety of both the crew and passenger as well as the marine environment and its fauna, in addition to the different advantages that the new Arctic routes can bring in terms of distance and efficiency, compared to other more crowded trade routes.

We will discover that arctic routes can be a great help to connect the continents of America and Asia to the north, and allowing an improvement in trade between the great powers of the United States, Canada and Russia, who have practically the monopoly of Arctic waters, both safe ports and icebreaker ships that are so needed in those icy waters in the coldest months of the year.

We will also make a comparison of the pros and cons of the different Arctic routes in order to have a better understanding of which one is the best route to take depending on our destination.

vi

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 4632086      Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

## Índice

<b>1. Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Objetivos</b> .....	<b>2</b>
Objetivos Generales: .....	2
Objetivos específicos:.....	2
<b>3. Antecedentes</b> .....	<b>3</b>
3.1. Historia de las primeras navegaciones por el Ártico .....	3
3.2. Deshielo de los Polos.....	4
3.3. Código Polar .....	8
3.3.1. Historia del Código Polar .....	9
3.3.2. Formación para navegar por los polos .....	10
3.3.3. Desarrollo del Código Polar .....	11
3.3.4. Futuro del Código Polar .....	17
3.4. Rutas Potenciales por el Ártico .....	18
3.4.1. Ruta del Mar del Norte .....	19
3.4.2. Ruta Marítima Transpolar.....	21
3.4.3. Ruta del Puente Ártico .....	22
3.4.4. Ruta del Noroeste .....	23
3.5. Tipos de buques que navegan en el Ártico .....	25
3.6. Navegación en aguas cubiertas de hielo.....	27
3.6.1. Maniobras en hielo.....	27
3.6.1.1. Maniobra de Giro en zonas con presencia de hielos.....	29
3.6.1.2. Maniobra marcha atrás en hielo.....	30
3.6.1.3. Evitando Icebergs.....	31
3.6.1.4. Atraque en el hielo.....	31
3.6.2. Operaciones de escolta.....	32
3.6.3. Precauciones, problemas y soluciones.....	33

vii

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 4632086      Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

3.7. Equipos de Navegación .....	36
<b>4. Metodología .....</b>	<b>42</b>
<b>5. Resultados .....</b>	<b>44</b>
<b>6. Conclusiones .....</b>	<b>48</b>
Conclusions .....	49
<b>7. Bibliografía.....</b>	<b>50</b>
<b>8. Anexos .....</b>	<b>52</b>
8.1. Abreviaturas.....	52

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 4632086      Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

## Índice de Ilustraciones

<b>Ilustración 1:</b> Chancellor con Iván IV.....	3
<b>Ilustración 2:</b> Océano Ártico.....	5
<b>Ilustración 3:</b> Antártida.....	5
<b>Ilustración 4:</b> Deshielo Ártico .....	7
<b>Ilustración 5:</b> Código Polar.....	8
<b>Ilustración 6:</b> Rutas Árticas.....	18
<b>Ilustración 7:</b> Ruta del Mar del Norte .....	19
<b>Ilustración 8:</b> Ruta Transpolar.....	21
<b>Ilustración 9:</b> Ruta del Puente Ártico.....	23
<b>Ilustración 10:</b> Ruta del Noroeste.....	24
<b>Ilustración 11:</b> Entrada al hielo .....	28
<b>Ilustración 12:</b> Giro en Hielo .....	30
<b>Ilustración 13:</b> Atrás en Hielo.....	31
<b>Ilustración 14:</b> Escolta en Convoy.....	33
<b>Ilustración 15:</b> Cónica de Lambert .....	37
<b>Ilustración 16:</b> Proyección Policónica .....	37
<b>Ilustración 17:</b> Estereográfica Polar .....	38

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1:</b> Condiciones aplicables .....	10
<b>Tabla 2:</b> Comparativa de Distancias hasta Rotterdam (en millas náuticas).....	20
<b>Tabla 3:</b> Ventajas y desventajas de las rutas árticas.....	44

x

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 4632086      Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

## 1. Introducción

La región de aguas polares Árticas ha estado siempre en la mira de los marinos mercantes para poder comercializar entre el continente asiático y el continente europeo, buscando una alternativa a rutas más conocidas e intentando minimizar los gastos de transporte y los días de travesía.

Esta incesante búsqueda de pasos seguros para el comercio comienza en el siglo XVI, con expediciones que buscaban la actualmente conocida Ruta Marítima del Norte, siendo finalmente conseguida por Richard Chancellor, creando una ruta comercial entre Inglaterra y Rusia a través del Mar de Barents. [1]

El objetivo de buscar más pasos seguros por aguas del Ártico fue inútil hasta tiempos actuales, debido a la placa de hielo existente y, aunque varíe su grosor y extensión según la época del año, hace muy difícil la navegación.

Durante el año 1648, los marinos Dezhnev y Popov hallaron por accidente el Estrecho de Bering, demostrando que América del Norte y Asia no estaban conectadas por tierra, y la única conexión entre los Océanos Pacífico y Atlántico es a través del Ártico. Debido a la falta de documentación y la ardua travesía haciendo casi imposible repetir la ruta por otros marinos, esta ruta no se consideró oficial hasta que el marino danés Bering la redescubre en el año 1728, mejorando los conocimientos geográficos de la zona. [2][3]

Hoy en día debido al calentamiento global esta placa de hielo se ha ido reduciendo, y junto con los avances en equipos de navegación hace que la travesía por aguas Polares sea mucho más seguras y fructíferas que en antaño.

## 2. Objetivos.

### Objetivos Generales:

El objetivo general de este trabajo titulado: TRAVESÍAS POR AGUAS POLARES, es el conocimiento de las herramientas fundamentales que se necesitan para tener un viaje seguro, y avalado por la Organización Marítima Internacional, para la protección del medio marino y la propia del buque, además de conocer las nuevas rutas que atraviesan por aguas pocos transitadas y con presencias de hielos como son las aguas polares del ártico.

### Objetivos específicos:

Como objetivos específicos nos hemos planteado:

1. Partiendo de la hipótesis de que las rutas polares marinas son más inestables, en el que solo se puede cruzar en periodos de deshielo o con presencias de rompehielos, intentaremos comprobar la viabilidad las travesías por las aguas polares del ártico frente al Canal de Suez y que pueden conseguir un ahorro considerable en cuanto a gastos de viaje, observando las ventajas y desventajas que presentan estas rutas. Siempre desde un punto de vista teórico.

2. Expondremos posibles soluciones a las dudas que envuelven a la normativa vigente sobre la navegación en aguas polares adoptadas por la OMI en el relativamente nuevo Código Polar.

3. Indagaremos sobre las maniobras más aconsejables en aguas con presencias de hielos, para mantener una navegación segura y eficaz en todo el trayecto.

4. Conoceremos las medidas que debemos tener en cuenta para evitar que los equipos de ayuda a la navegación sufran diversos efectos por la navegación en latitudes altas, así como el mantenimiento necesario para conseguir un mejor rendimiento.

### 3. Antecedentes:

En esta sección tendremos toda la información necesaria para comprender un poco mejor el tipo de aguas navegables que se extienden en zonas polares como el océano Ártico, y así poder elaborar unos resultados y conclusiones desde el punto de vista teórico.

#### 3.1. Historia de las primeras navegaciones por el Ártico

Las primeras navegaciones que se llevaron con éxito en el siglo XVI y se consiguió tener una relación de comercio entre Inglaterra y Rusia. Los marinos ingleses Richard Chancellor, Hugh Willoughby y Sebastian Cabot, fundaron la compañía "Misterio y Compañía de aventureros mercantes para el descubrimiento de regiones, dominios, islas y lugares desconocidos" en el año 1551, y en 1553 emprendieron la primera expedición para descubrir el Paso del Nordeste e intentar entablar una ruta comercial con China. Fueron 3 los buques que emprendieron el viaje, al mando estaban Willoughby, Chancellor y Cornelias Durfoorth.

En el mar de Noruega, un torbellino separó a Chancellor del resto del convoy. Los buques de Willoughby y Durfoorth fueron atrapados por el hielo, y sin estar preparados para afrontar el duro frío, perecieron en el mar de Barents.

Chancellor logra llegar al mar Blanco, siguiendo su rumbo hasta Moscú, donde entablo una relación con el zar Iván IV, de comercio entre Inglaterra y Rusia, pero fallando en su objetivo de llegar a China. [1]

*Ilustración 1: Chancellor con Iván IV*



Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Richard\\_Chancellor](https://es.wikipedia.org/wiki/Richard_Chancellor) [1]

3

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 4632086 Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

En 1648, Seymon Dezhnev y Fedot Alekseev Popov, dos exploradores de Siberia, emprendieron una expedición con barcos de velas y demostraron por error que los continentes americano y asiático estaban separados por el estrecho conocido hoy como Estrecho de Bering. Cabe destacar que Popov viajó con su mujer Yakut, siendo la primera mujer de Siberia en participar en una expedición polar. [2]

En el año 1728, el marino Vitus Bering realiza una ruta desde Siberia hacia el Ártico, avistando varias islas de Alaska. Cuando dejó de avistar tierras, ya había pasado el Estrecho de Bering, confirmando que los continentes americano y asiático estaban separados. Al volver, fue duramente criticado por no avistar el continente americano, debido a las condiciones climatológicas. Un año después, vuelve a emprender la misma ruta para poder observar el continente vecino, pero no lo consigue por las mismas razones por las que no pudo avistarlo en el primer viaje, las condiciones climatológicas adversas. [3]

### 3.2. Deshielo de los Polos

El cambio climático es un tema recurrente entre la comunidad científica desde principios del siglo XIX, y es la razón principal del deshielo que sufre los polos, siendo los últimos años los que más se va notando.

Ambos polos están formados por grandes bloques de hielo, que ayudan a mantener el medio ambiente, sin embargo, el deshielo hace que se aumenten los niveles de los mares y océanos. Esto ocurre de forma natural, pero en mucho menor medida, siendo el calentamiento global el principal culpable de que se haya aumentado la velocidad de este deshielo. Un ejemplo de ello es que en la Antártida se está calentando de una forma más rápida que en el resto del planeta, registrando una subida en el polo sur de 0.17°C desde el año 1950, mientras en el resto del planeta solo un 0.1°C.

En el Ártico, el hielo que se genera es menor que el hielo que se pierde, registrando desde el año 1979 una pérdida constante.

Aun así, en septiembre de 2012, la extensión de hielo en zonas marítimas alcanzó una superficie de 19.44 de kilómetros cuadrados. Una de las hipótesis es que el viento alejó el hielo de las costas y el agua volvió a congelarse.

Hay dos grandes diferencias entre el Ártico y la Antártida:

El Ártico tiene la mayoría del hielo en el mar, siendo un océano rodeado de tierra. Esto hace que las consecuencias del deshielo sean diferentes, siendo la principal razón de su

deshielo el calentamiento global, y en menor medida el desgaste del viento. Desde que hay registros, el nivel más de hielo ha sido en el año 1979.

**Ilustración 2: Océano Ártico**



Fuente: <https://i0.wp.com/afanporsaber.com/wp-content/uploads/2010/01/detalle-mapa-artico.jpg?ssl=1> [5]

Las Antártida, a diferencia del Ártico, la mayoría de hielo se encuentra en tierra, y de ahí se extiende al océano. Más o menos se pierde al año unos 100 km cúbicos de masa helada. Su mayor glaciar es el Totten, siendo de 130 km de largo por 30 km de ancho, y perdiendo masa debido al calentamiento del agua en sus últimos años. [4]

**Ilustración 3: Antártida**



Fuente: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-51281366> [6]

Las zonas de color azul son las profundidades comprendidas entre los menos 1500 metros hasta el nivel del mar, y las zonas de color blancas, amarillas y naranjas son zonas comprendidas desde el nivel del mar hasta los 1500 metros o más. La delgada línea azul muestra hasta donde llega la capa de hielo que cubre la tierra y se desplaza hacia el mar.

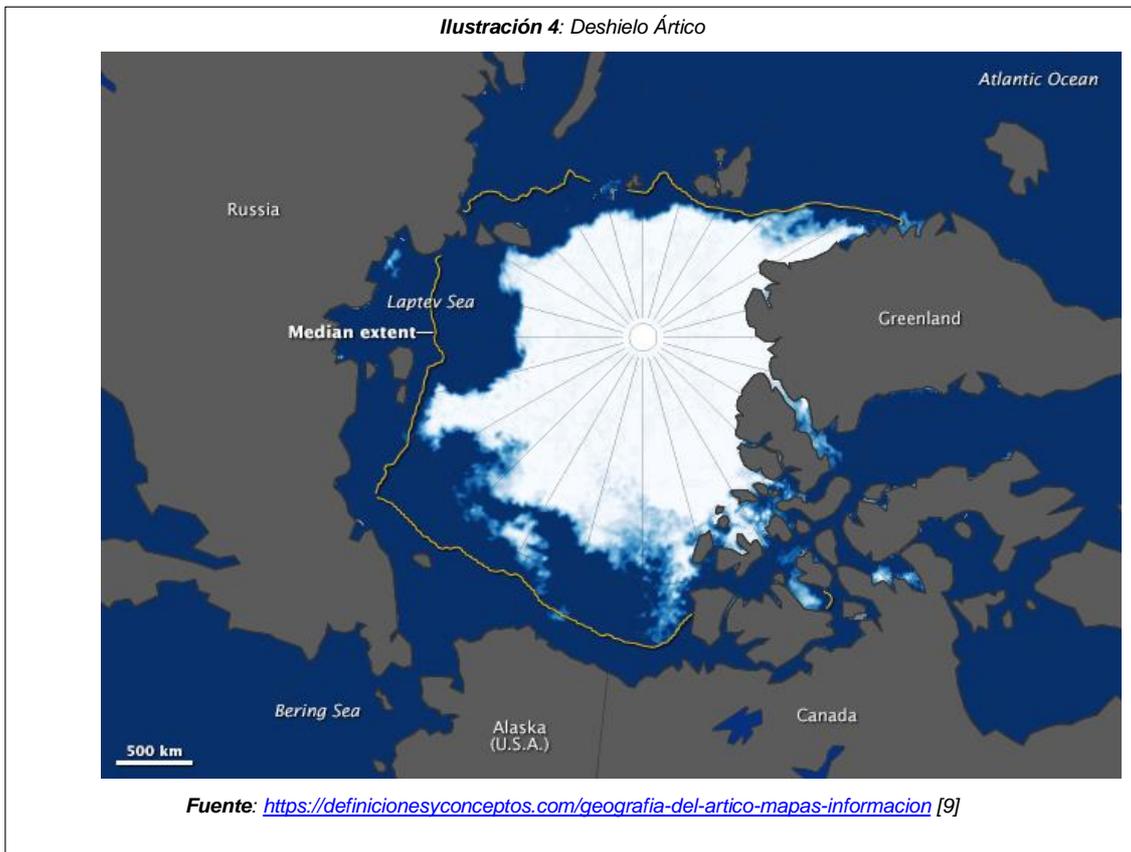
Estos deshielos tendrán consecuencias graves para nuestro planeta, tales como:

1. Penetra más luz del sol: Con el deshielo, la superficie congelada se reduce y se refleja menos luz del sol, lo que hace que se caliente más el planeta.
2. Aumento del nivel del mar: Con la pérdida del hielo, el nivel del mar aumenta, se estima que en el año 2100 aumente entre 42 y 85 centímetros, y un metro y medio para el año 2150. En los últimos 25 años, la Antártida a perdido 3 billones de toneladas, aumentando el nivel en 7.6 milímetros.
3. Pérdidas de ciudades y costas: Ciudades como Amsterdam o Venecia se verían gravemente afectadas. De las 15 ciudades más importantes del mundo, 11 de ellas son costeras. Ciudades como Osaka, Shanghái, Hong Kong o La Haya estarían en grave riesgos, y unos 30 millones de personas viven ahí, por lo que en conjunto sería una gran pérdida para toda la población total.
4. Flujos migratorios: Con esta subida del nivel del mar, muchas personas se verán obligadas a moverse a zonas de más relieve. Y no solo las personas, la flora y fauna se verán afectadas también, al verse comprometido su habita natural.
5. Reaparición de enfermedades: En el año 2016, un reno muerto apareció en una zona de deshielo en Siberia. El animal portaba el Ántrax y se tuvo que sacrificar a miles de animales para poder superar la crisis. Esto demuestra, que con el deshielo podrían aparecer otros seres muertos que porten enfermedades de antaño y sean una amenaza actual.
6. Cambios en las corrientes marinas y el clima: El deshielo no solo afecta a la subida del mar, sino que además cambia la salinidad del agua. El hielo no contiene sal, y al deshacerse, esta agua dulce se queda en la superficie marina. Esto modifica las corrientes marinas, afectando al ecosistema marino y al clima. [4][7]

Aparte de las consecuencias que influyen en el resto del mundo, en el Ártico se está viviendo unos acontecimientos inusuales. Debido al deshielo, se aumenta la superficie de aguas libres o con pocas presencias de hielo, lo que hace que el viento aumente las olas, haciéndolas crecer, que a su vez arremeten contra el hielo, fragmentándolo y favoreciendo a que se disuelva más rápido, lo que aumenta aún más la superficie y aumentando así el nivel

de las olas. En el año 2014, donde convergen el mar de Chukchi y el mar de Beaufort se registraron unas olas de 4.5 metros de altura. [8]

En la siguiente imagen se puede observar cómo se ha reducido la superficie helada en el Ártico desde el año 1981 hasta el 2015:



La delgada línea amarilla indica la cantidad de hielos que abarcaba el océano ártico en el año 1981, y la marca blanca es la cantidad de hielo que había en el año 2015.

### 3.3. Código Polar

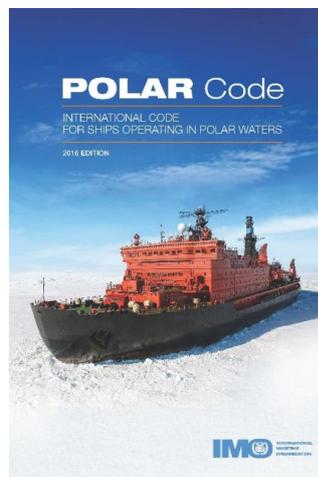
Desde el 1 de enero de 2017, ha entrado en vigor el **Código Internacional para los buques que operan en aguas polares**, o más conocido como **Código Polar**, creando un logro en la historia de la navegación al procurarse la protección tanto de los buques que transitan por las aguas que rodean los polos como la flora y fauna que allí habitan. [10]

Este logro se debe al trabajo de la OMI con el Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (SOLAS) y con el Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978 y por el Protocolo de 1997 (Convenio MARPOL). El SOLAS se encargó de la protección de los buques y la vida humana y el MARPOL del medio ambiente, uniéndose así en el Código Polar.

El Código Polar, junto con las enmiendas al SOLAS, se aprobaron en la sesión del Comité de Seguridad Marítima (MSC) de noviembre de 2014. El Comité de Seguridad Marítima se ocupa de todo lo relacionado con la seguridad y la protección que entran dentro de los asuntos de la OMI, desde los buques de pasaje hasta todo tipo de buques de carga.

Las enmiendas al Convenio MARPOL se aprobaron en la sesión del Comité de Protección del Medio Marino (MEPC) de mayo de 2015. [11]

**Ilustración 5: Código Polar**



**Fuente:** <https://www.imo.org/es/MediaCentre/PressBriefings/Paginas/02-Polar-Code.aspx> [12]

### 3.3.1. Historia del Código Polar

Una de las preocupaciones de la OMI ha sido la seguridad de los buques que transitan por las remotas aguas de los círculos polares y por la protección de sus zonas vírgenes, por lo que a lo largo de los años ha ido creando recomendaciones y directrices.

Debido al calentamiento global y el acelerado proceso de deshielo de las placas polares, se han ido desarrollando nuevas rutas por dichas regiones, lo que significa un aumento en el volumen de tránsito. Esto supone un reto a la hora de tratar con mucho cuidado la seguridad de la vida humana en el mar y la sostenibilidad del medio marino polar. [13]

Al navegar por las regiones ártica y antártica se exponen los buques a una serie de riesgos concretos como son las condiciones meteorológicas, la presencia de hielo que hace peligrar el casco y los sistemas de propulsión, las bajas temperaturas que afectan a la eficacia de los componentes del barco como la maquinaria o los equipos de emergencias, la relativa falta de cartas náuticas actualizadas o equipos de ayuda a la navegación y la comunicación, además de la lejanía de las zonas polares que hacen más costosas y difíciles las labores de salvamento o de limpieza.

El Código Polar hace frente a todas las cuestiones relacionadas con la construcción, equipamiento, funcionamiento, planificación del viaje, formación, protección del medio marino y actividades de salvamento pertinentes para aquellos barcos que operen en los círculos polares.

El Código Polar comenzó a cobrar forma en 2009 cuando la OMI aprobó las **Directrices para los buques que operen en aguas polares** (resolución A. 1024(26)), de carácter recomendatorio y con el propósito de tener en cuenta las condiciones meteorológicas, las normas adecuadas para la seguridad marítima y la prevención de la contaminación, aparte de las normas existentes en los Convenios SOLAS y MARPOL. [13]

Las aguas árticas y antárticas tienen bastante en común, pero también tienen muchas diferencias. El Ártico es un océano rodeado de continentes, mientras que el Antártico es un continente rodeado de océano. Durante los meses de verano, el hielo marino del Antártico retrocede considerablemente mientras que en el Ártico es capaz de soportar varios veranos. La antigüedad del hielo es mayor en el Ártico que en el Antártico. Y aunque los dos medios marinos sean prácticamente igual de vulnerables, hay que tener en cuenta los regímenes jurídicos y políticos que corresponden a cada mar polar.

### 3.3.2. Formación para navegar por los polos

Según el Capítulo 12 del Código Polar, las compañías deben cerciorarse de que los capitanes, los primeros oficiales de puente y los oficiales encargados de la guardia de navegación, que vayan a operar en aguas polares, deben de haber recibido la formación necesaria para desempeñar sus cargos abordo como viene indicado en el Capítulo V del Convenio de formación y el Código STCW, enmendados (2010), como se indica a continuación en la Tabla 1:

<b>Condiciones de Hielo</b>	Buques tanque	Buques de pasaje	Otros
<b>Aguas libres de hielo</b>	No aplicable	No aplicable	No aplicable
<b>Aguas libres</b>	Formación básica para el capitán, el primer oficial de puente y los oficiales encargados de la guardia de navegación	Formación básica para el capitán, el primer oficial de puente y los oficiales encargados de la guardia de navegación	
<b>Otras aguas</b>	Formación avanzada para el capitán y el primer oficial de puente. Formación básica para los oficiales encargados de la guardia de navegación	Formación avanzada para el capitán y el primer oficial de puente. Formación básica para los oficiales encargados de la guardia de navegación	Formación avanzada para el capitán y el primer oficial de puente. Formación básica para los oficiales encargados de la guardia de navegación

**Fuente:** Código Internacional para los Buques que operen en Aguas Polares (Código Polar) (2015) Resolución MEPC.264(68) – Publicado por la OMI. [14]

La Administración también permitirá el empleo de personas que no sean capitán, como primer oficial de puente y oficiales de guardia, cuando cumplan con los requisitos de formación conforme con la regla II/2 del Convenio de formación y la sección AII/2 del Código de formación y cumplan con las prescripciones de la Tabla 1; cuando sea necesario cubrir todas las horas de guardia mientras se operan en aguas polares, cumpliendo con las prescripciones de formación oportunas y cuando se puedan cumplir el número mínimo de horas de descanso para esas personas.

El Comité de seguridad marítima (MSC) adoptó los requisitos mínimos de formación para los oficiales y capitanes que naveguen en aguas polares en noviembre de 2016, siendo requisito obligatorio a partir de julio de 2018. [14]

10

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 4632086 Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

### 3.3.3. Desarrollo del Código Polar

El Código polar contiene todas las respuestas a las diferentes preguntas que se relacionan con la navegación en las aguas que componen los círculos polares, desde la construcción y equipamiento del buque como la protección del medio marino, pasando por la búsqueda y salvamento marítimo.

Incluye medidas de obligado cumplimiento relacionado con la seguridad (parte I-A) y la contaminación (parte II-A), y medidas de carácter recominatorio en ambas partes (partes I-B y II-B).

Todo buque que quiera navegar por las aguas del Ártico y del Antártico requerirán un Certificado para buque polar, que lo clasificará en una de las tres siguientes categorías:

**Categoría A:** Preparado para navegar en aguas polares con presencia de hielo de tamaño medio del primer año y que puede incluir trozos de hielo antiguo.

**Categoría B:** Preparado para navegar en aguas polares con presencia de hielo fino del primer año y que puede incluir trozos de hielo antiguo.

**Categoría C:** Preparado para navegar en aguas sin presencias de hielos o con condiciones del hielo menos duras que las de las categorías A y B.

Una evaluación determinará si se emite el certificado para poder navegar en aguas polares, teniendo en cuenta las condiciones de explotación y los peligros que se puedan encontrar en aguas polares. Se tendrá en cuenta la información sobre las limitaciones operacionales, planes, procedimientos y equipos de seguridad que sean requeridos para mitigar el impacto en casos que puedan afectar a la seguridad o al medio ambiente.

Se deberá de llevar a bordo un Manual de operaciones en aguas polares que contendrá información esencial sobre las capacidades y las limitaciones operacionales del buque que ayudará a reducir y facilitar las tomas de decisiones. [14]

En resumen, cada capítulo establece objetivos y prescripciones funcionales, todas ellas enfocadas en minimizar lo mayor posible los daños tanto en el buque como en el medio marino, haciendo referencia a la estructura del buque como su compartimentado y su estabilidad, la integridad estanca del agua e integridad estanca a la intemperie, la sala de máquinas, la seguridad y protección contra incendios, dispositivo y medios de salvamento,

prevención de la contaminación frente a varios tipos de derrames como hidrocarburos o aguas sucias, comunicaciones, planificación del viaje, dotación y formación.

#### **A) La seguridad de los buques por el Código Polar:**

El Código polar ha agrupado en tres bloques las directrices que debe seguir un buque para poder navegar en aguas de los polos [14]:

##### **- Equipos:**

- a. Ventanas en el puente: Deben estar dotadas para eliminar el hielo derretido, la lluvia congelante, la niebla, los rociones, y la condensación.
- b. Botes salvavidas: Todos los botes salvavidas deben ser de los tipos parcialmente cerrados o totalmente cerrados.
- c. Indumentaria: Protección para conservar la temperatura adecuada para todas las personas de a bordo; y en los buques de pasaje, una ayuda térmica o un traje de inmersión para cada pasajero y tripulante a bordo.
- d. Retirada del hielo: Equipo especial para la retirada del hielo; por ejemplo, herramientas tales como hachas y bates de madera, y dispositivos neumáticos o eléctricos.
- e. Seguridad contra incendios: Debe comprobarse que el equipo de extinción de incendios funcione correctamente a temperaturas frías, estando salvaguardado del hielo y siendo adecuado para las personas que lleven vestimentas voluminosas para protegerse de las condiciones meteorológicas frías.

##### **- Proyecto y construcción:**

- a. Materiales: Los buques que vayan a operar en temperaturas del aire bajas en las zonas del polo, deben construirse con los materiales adecuados.
- b. Estabilidad sin avería: Estabilidad suficiente en la condición sin avería cuando haya acumulación de hielo, y en los cálculos de estabilidad deben tenerse en cuenta los márgenes por congelamiento.

12

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 4632086      Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

c. Categorías de los buques: Como se explicó anteriormente, existen tres categorías de buques que puedan operar en las aguas polares:

- Categoría A: Preparado para navegar en aguas polares con presencia de hielo de tamaño medio del primer año y que puede incluir trozos de hielo antiguo.

- Categoría B: Preparado para navegar en aguas polares con presencia de hielo fino del primer año y que puede incluir trozos de hielo antiguo.

- Categoría C: Preparado para navegar en aguas sin presencias de hielos o con condiciones del hielo menos duras que las de las categorías A y B.

d. Estructura: La estructura del buque tiene que ser reforzada para resistir las cargas estructurales generales y locales.

- **Operaciones y dotación:**

a. Navegación: Tiene que recibir en todo momento, información sobre las condiciones del hielo, para mantener una navegación segura y evitar la congelación de los elementos del buque.

b. Certificado y manual: Como se explicó anteriormente, deberá tener a bordo el Certificado para buque polar y el Manual de operaciones en aguas polares de buque, para ser consultado en caso de dudas a la hora de realizar una operación.

c. Formación: También explicado anteriormente, los capitanes, los primeros oficiales de puente y los oficiales encargados de la guardia de navegación deberán haber completado una formación básica adecuada (para las operaciones en aguas libres) y una formación avanzada para otras aguas, incluido el hielo.

**B) La protección del Medio Ambiente con el Código Polar:**

Para la protección del medio marino de las aguas polares, el código polar se puede agrupar en 5 grandes bloques [14]:

- **Hidrocarburos:**

13

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 4632086 Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

- a) Descargas: La descarga en el mar de hidrocarburos o mezclas oleosas desde cualquier buque está terminantemente prohibido.
- b) Estructura: Se exigen el doble casco y el doble fondo para todos los petroleros, incluidos los de menos de 5.000 TPM (buques de las categorías A/B construidos el 1 de enero de 2017 o posteriormente).
- c) Fueloil pesado: el fueloil pesado está prohibido en el Antártico (de conformidad con el Convenio MARPOL). Se alienta a los buques a no utilizar ni transportar fueloil pesado en el Ártico.
- d) Lubricantes: Considerar la utilización de sistemas basados en agua o lubricantes biodegradables no tóxicos en los componentes lubricados situados en el exterior del casco sumergido en contacto directo con el agua de mar.

- **Especies invasivas:**

- a) Especies acuáticas invasivas: Se adoptarán medidas para reducir al mínimo el riesgo de especies acuáticas invasivas a través de la contaminación biológica y el agua de lastre de los buques. Esto es debido a que se pueden llevar bacterias o especies marinas de otras zonas del globo en los tanques de lastre, y al soltarlas en un medio que no es el suyo, como es el Ártico, podrían poner en riesgo el equilibrio aquí se encuentra.

- **Aguas sucias:**

- a) Descargas I: Queda prohibido la descarga de aguas sucias en las aguas de los círculos polares (salvo en circunstancias específicas)
- b) Descargas II: Las aguas sucias que no estén trituradas y desinfectadas podrán descargarse a una distancia mayor a 12 millas marinas de cualquier barrera de hielo o hielo fijo. En caso contrario, pueden descargarse a una distancia mayor a las 3 millas náuticas de hielo fijo o barrera de hielo.
- c) Instalación de tratamiento: La descarga se permite si el buque cuenta con una instalación de tratamiento de aguas sucias aprobada y su descarga sea lo más distante posible de tierra, barrera de hielo, hielo fijo o zonas con concentración de hielo.

- **Basuras:**

- a) Plásticos: Según el Convenio MARPOL, la descarga de plásticos está totalmente prohibida.
- b) Desechos de alimentos I: No se podrá descargar desechos de alimentos en el hielo.
- c) Desechos de alimentos II: Los desechos de alimentos hayan sido triturados con un tamaño inferior a 25mm, podrán descargarse solamente cuando el buque se encuentre a una distancia mayor de 12 millas marinas de la tierra, la barrera de hielo o el hielo fijo más próximo.
- d) Cadáveres de animales: Está totalmente prohibido la descarga de cadáveres de animales.
- e) Residuos de carga: Solo podrán descargarse los residuos de carga y los agentes y aditivos de limpieza, como el contenido en el agua de lavado de las bodegas, si los puertos de origen y destino se encuentran en las aguas árticas, si no hubiese instalaciones de recepción adecuadas en dichos puertos o si no son perjudiciales para el medio marino. Es de igual aplicación en la zona del Antártico conforme al Convenio MARPOL.

- **Sustancias químicas:**

- a) Descargas: Está prohibida la descarga en aguas polares de sustancias nocivas líquidas (NSL) o de mezclas que las contengan.

**C) La protección de la antártica contra los derrames de hidrocarburos:**

En marzo de 2010, el MEPC aprobó una regulación para proteger esta zona polar de los derrames de hidrocarburos pesados de los buques que allí transiten, adoptando enmiendas al MARPOL y entrando en vigor en agosto de 2011.

Dichas enmiendas incluyen un nuevo capítulo 9 del Anexo I del MARPOL, con la nueva regla 43 que prohíbe el transporte a granel como carga o el transporte y utilización como combustible crudos o hidrocarburos (distintos de los crudos) con densidad superior a 900 kg/m<sup>3</sup> a 15°C o una viscosidad cinemática superior a 180 mm<sup>2</sup>/s a 50°C; así como asfalto, alquitrán y sus emulsiones. [13]

15

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 4632086 Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

Cabe destacar, que el Código polar insta a no usar ni transportar hidrocarburos pesados en el Ártico, en vez de regular su uso como en el Antártico.

#### **D) Planificación del viaje a zonas alejadas:**

En los últimos años ha habido un incremento exponencial en la popularidad de los viajes a lugares exóticos y zonas alejadas, trayendo consigo un mayor tráfico de buques que naveguen distancias más largas.

En noviembre de 2007, la OMI aprobó las **Directrices sobre planificación del viaje en los buques de pasaje que naveguen por zonas alejadas**, para ayudar a las compañías a mantener una travesía sin incidencias graves manteniendo la seguridad y la protección del medio ambiente. Al preparar un plan de viaje a zonas alejadas se debe prestar especial atención a las características del entorno en cuestión, la limitación de recursos y la información náutica necesaria. [13]

Un buen plan detallado del viaje debe incluir elementos como zonas seguras y zonas que deben evitarse; corredores marinos que hayan sido objeto de un levantamiento si los hubiera; y planes de contingencia, por si los lugares donde se vaya a visitar tengan un apoyo limitado para prestar asistencia en cuanto a búsqueda y salvamento.

Además, para navegar en aguas polares se deben incluir elementos como las condiciones que no sea seguro entrar en zonas con hielos o témpanos debido a la oscuridad, el mar de fondo, la niebla y el hielo comprimido; o la distancia y velocidad de seguridad que debe navegar en zonas con presencia de hielos y témpanos.

#### **E) Sistema de notificación de los buques en la región ártica:**

En noviembre de 2012, el MSC aprobó el nuevo sistema de notificaciones para barcos, propuesto por Rusia y Noruega, en las áreas del mar de Barents que limita con el círculo polar del ártico.

Los buques de 5.000 GT o más, los buques tanque, los buques que transporten mercancías de carga peligrosas, los remolcadores cuando el remolque alcance una distancia superior a 200 metros, y los buques sin gobierno o con maniobra restringida que vayan a atravesar o vengán de puertos y zonas de fondeo del mar de Barents, deben de reportarse en los centros de gestión de tráfico marítimo de Vardo o Murmansk. [15]

16

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 4632086 Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

Esta ordenanza entró en vigor en junio de 2013.

#### **F) Medidas de organización del tráfico en el Ártico:**

En mayo de 2018, el MSC aprobó unas medidas para la organización del tráfico marítimo en el mar de Bering y el estrecho de Bering, con intención de reducir los riesgos de incidentes. Estas medidas fueron las primeras adoptadas por la OMI para la región del Ártico en la que se aplica el Código polar.

Las medidas incluyen seis zonas de precaución para buques de 400 GT o superior, en el mar y el estrecho de Bering, cerca de Alaska, que fueron propuesta conjunta de Estados Unidos y Rusia; y tres zonas a evitar en el mar de Bering para mejorar la seguridad de la navegación y proteger el entorno único y vulnerable del Ártico. [16]

Estas medidas entraron en vigor en diciembre de 2018.

#### **3.3.4. Futuro del Código Polar**

El Código polar es aún muy reciente y necesita ir evolucionando a medida que los trayectos por las aguas polares vayan incrementándose, aumentando así los tipos de buques que naveguen por esas aguas.

En este momento, el Código polar es obligatorio para ciertos buques contemplados en los Convenios SOLAS y MARPOL. El SOLAS no se aplica a unos determinados buques, como los buques de carga inferiores a 500GT, los yates de recreo no dedicados al tráfico comercial y los buques pesqueros; por lo tanto, estos buques están exentos de cumplir con el Código polar.

Por ello, el MSC quiere instar a los Estados miembros, para implantar de forma voluntaria, las medidas de seguridad del Código polar a los buques no regidos por el Convenio SOLAS.

En junio de 2019, se aprobaron unas orientaciones para la utilización de equipos de navegación y comunicaciones en aguas polares. Entre las orientaciones, destacan las pruebas de impacto mecánico y temperatura, así como las medidas para evitar acumulación de hielo y el funcionamiento de las baterías a temperaturas frías. [17]

17

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 4632086 Código de verificación: x3Cxdkjg

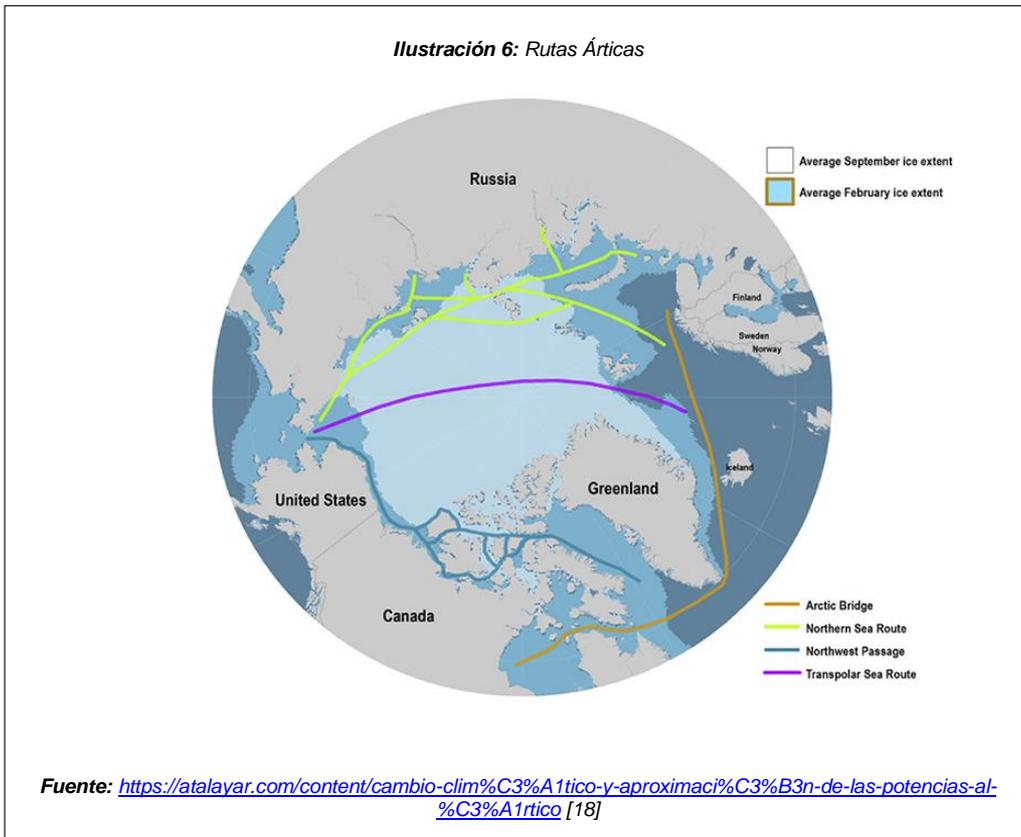
Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

### 3.4. Rutas Potenciales por el Ártico

El comercio marítimo se está viendo beneficiado por el deshielo del polo Ártico, que forman nuevas rutas potenciales donde se pueden ahorrar varias millas náuticas de viaje, siendo 4 las rutas marítimas principales en el siglo XXI:

- Ruta del Mar del Norte
- Ruta Marítima Transpolar
- Ruta del Puente Ártico
- Paso del Noroeste



En la imagen anterior, se pueden diferenciar las 4 rutas que son utilizadas en el mar Ártico. Con el color verde se define la ruta del Mar del Norte, con el color violeta se señala la ruta Marítima Transpolar, con la línea azul vemos la ruta del Noroeste y con la línea naranja la ruta del Puente Ártico. Podemos observar también la extensión media de hielo en los meses

18

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 4632086 Código de verificación: x3Cxdkjg

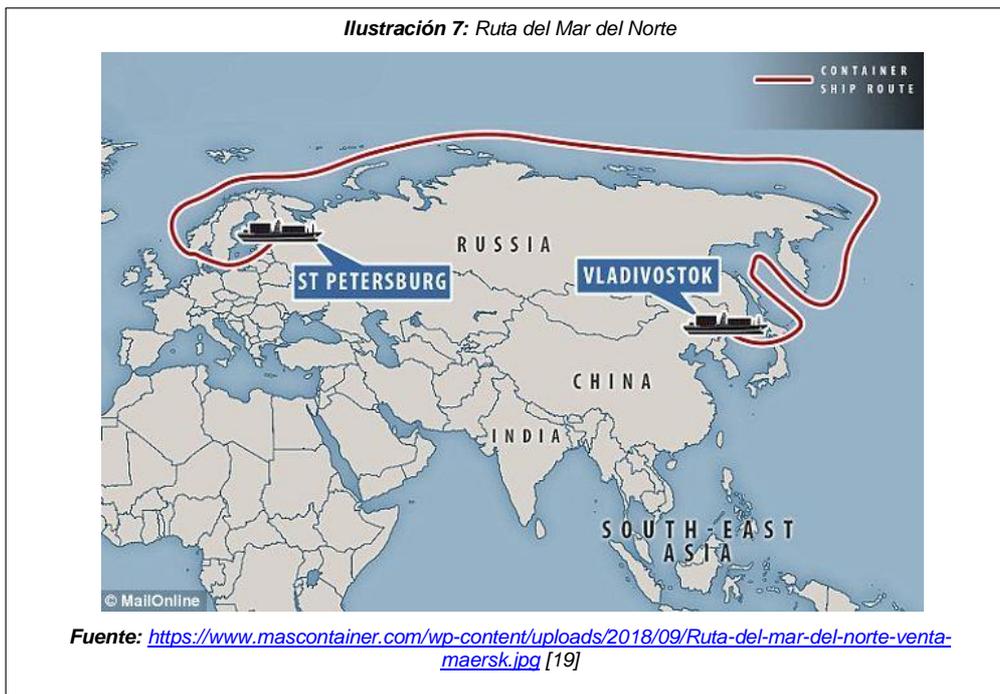
Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

de febrero y de septiembre, siendo el color azul claro el perteneciente a febrero y el color blanco a septiembre.

### 3.4.1. Ruta del Mar del Norte

Conectando el Atlántico con el Pacífico a lo largo del Mar Ártico ruso, la Ruta del Mar del Norte (RMN) es la más eficiente al disponer más tiempo de navegabilidad en comparación con el resto de las rutas árticas entre Europa y Asia.



La imagen anterior no representa una distancia real, es simplemente un esquema para dar una visión generalizada de la ruta.

Según las condiciones meteorológicas, de aguas con presencias de hielos y de infraestructuras, la RMN se puede considerar como divisible en dos partes: La parte occidental y la parte oriental. La parte más ocupada y desarrollada es la parte occidental, compuesta por el mar de Barents y el mar de Kara. Esto es debido a unas condiciones meteorológicas menos severas, y aguas con menos presencias de hielo. Por otro lado, la parte oriental es menos desarrollada por las condiciones extremas del hielo, y está formada por el mar de Chukchi, el mar de Laptev y el mar de Siberia Oriental.

19

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 4632086 Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

Otro factor a tener en cuenta al planificar la ruta es la poca profundidad que alcanza las aguas de la RMN, debido a que su longitud coincide con la plataforma continental de Eurasia. El calado máximo en 2001 era de entre 12 y 13 metros, pero en un futuro cercano se pudiera navegar sin peligros por el norte de las islas de Siberia, el calado puede alcanzar unos 20 metros de profundidad. [20]

Además, es de poca ayuda que la mayoría de los puertos situados en esta ruta no estén preparados para buques extranjeros, siendo solo unos pocos los que tienen características y facilidades para ellos.

Se han publicado informes y trabajos sobre la viabilidad de la RMN frente a rutas como el Canal de Suez. Unos ejemplos de ellos son los trabajos de Ostreng, W; Eger, K; Floistad, B; y Jorgensen-Dahl, A. (*“The potential economic viability of using the Northern Sea Route as an alternative route between Asia and Europe”* y *“The Northern Sea Route versus the Suez Canal: Cases from bulk shipping”*; publicados en 2010 el primero y en 2011 el segundo) en los que se indican un ahorro en la distancia entre Asia y el noroeste de Europa del 50% frente al trayecto por el Canal de Suez. Significando una reducción del consumo de combustible del 25% a una velocidad constante. [21].

En la siguiente tabla podemos ver una comparativa de distancias en millas náuticas desde distintos puertos principales de Asia hasta Rotterdam en Europa, por distintas rutas comerciales:

**Tabla 2:** Comparativa de Distancias hasta Rotterdam (en millas náuticas)

	<b>Cabo de Buena Esperanza</b>	<b>Canal de Suez</b>	<b>Ruta del Mar del Norte</b>
Yokohama, Japón	14.448	11.133	7.010
Busan, Corea del Sur	14.084	10.744	7.667
Shanghái, China	13.796	10.557	8.046
Hong Kong, China	13.014	9.701	8.594
Ciudad Ho Chi Minh, Vietnam	12.258	8.887	9.428

**Fuente:** [https://es.frwiki.wiki/wiki/Route\\_maritime\\_du\\_nord#Distance\\_Pacifique-Atlantique](https://es.frwiki.wiki/wiki/Route_maritime_du_nord#Distance_Pacifique-Atlantique) [22]

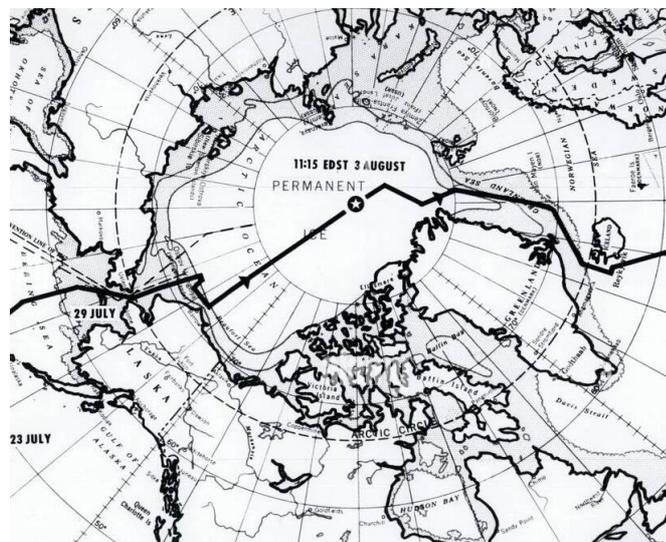
Sin embargo, vemos que la Ruta marítima del Norte presenta muchas limitaciones, como son el solamente poder navegar en los meses verano o la falta de calado que impiden el trayecto de barcos mercantes más grandes.

En definitiva, la Ruta Marítima del Norte presenta una competitividad a la hora de reducir combustible, tiempo, costes de viaje y emisiones de CO2 en el viaje entre Asia y Europa. Por otro lado, las restricciones debido a las condiciones del hielo, el coste de los seguros, la falta de información, las infraestructuras deficientes y los impuestos que Rusia exige para la utilización de esta ruta, hace que sea prácticamente inviable para muchos de los buques mercantes. [21]

### 3.4.2. Ruta Marítima Transpolar

Como la Ruta Marítima del Norte, esta ruta conecta el Atlántico con el Pacífico, pero atravesando el mar Ártico, siendo la ruta más corta y directa entre el Norte de Europa y Asia, pero también siendo la más peligrosa debido a las condiciones meteorológicas.

*Ilustración 8: Ruta Transpolar*



Fuente: <https://www.alamy.es/imagenes/transpolar.html> [23]

Esta ruta pasa a través o muy cerca del Polo Norte, habiendo una gran variedad de trayectos a elegir, siempre logrando evitar la Zona Económica Exclusiva de las aguas rusas en el Ártico, aunque pagando las tarifas impuestas por el gobierno ruso.

La Ruta Marítima Transpolar conecta Tokio con Rotterdam en tan solo 16 días a 17 nudos. A la misma velocidad, se tardaría 27 días de navegación haciendo el mismo trayecto por el Canal de Suez, lo que supone un ahorro del 41% por la Ruta Transpolar, implicando que se pueden hacer más trayectos de ida y vuelta en el mismo período de tiempo.

Considerando el rendimiento de eficiencia energética, haciendo el trayecto de Tokio-Rotterdam en 27 días por la Ruta Transpolar y reduciendo la velocidad en un 40%, se reduciría significativamente la emisión de gases de efecto invernadero y el consumo de combustible. [21]

Además, esta ruta presenta una gran ventaja respecto al resto de rutas árticas y es que no posee aguas estrechas ni poco profundas, permitiendo la navegación de buques mercantes de gran tamaño.

Pero también presenta una serie de inconvenientes. El primer inconveniente es la falta de información de las cartas de navegación, por el hecho de que no se ha invertido capital en sus actualizaciones y a que la variación de la superficie helada cambia durante todo el año. El siguiente gran inconveniente que nos encontramos es la falta de instalaciones a lo largo de la ruta, debido a la gran distancia de puertos seguros. Otro inconveniente es la falta de comunicación, puesto que estas se ven muy afectadas por las fuerzas magnéticas. Por último, nos gustaría destacar como inconveniente la falta de respuesta rápida en caso de cualquier emergencia. Para lograr que esta ruta tenga una viabilidad económica considerable, se debería invertir para suplir todos estos defectos. [21] [24]

### 3.4.3. Ruta del Puente Ártico

Esta ruta ofrece una conexión entre Rusia (puerto de Musmansk) y Canadá (puerto de Churchill), estableciendo una soberanía en el Ártico por parte de Canadá, y abriendo una ruta que integra el norte de Manitoba en el comercio mundial.



**Ilustración 10: Ruta del Noroeste**



**Fuente:** <https://atalayar.com/content/cambio-clim%C3%A1tico-y-aproximaci%C3%B3n-de-las-potencias-al-%C3%A1rtico> [18]

Se caracteriza por tener en torno a 36.000 islas, incluyendo a 3 de las 10 islas más grandes del mundo, siendo toda esta área conocida como el Archipiélago Canadiense. [26]

Las aguas árticas que bañan el Archipiélago Canadiense son consideradas como aguas internacionales, por lo que Canadá ha empezado a investigar sobre el límite de la plataforma continental para así poder reclamar el derecho a explotación de los recursos en el lecho marino.

Canadá ha elaborado varios planes con el fin de tener soberanía sobre el Ártico como el “Canada’s Arctic and Northern Policy Framework”, un plan que tiene la intención de intervenir en el cambio climático, la pobreza y seguridad alimentaria de los pueblos indígenas, y la falta de infraestructuras y transporte.

Otro documento es el “Oceans Protection Plan”, con la intención de desarrollar las siguientes políticas [18]:

- Capacidad de salvamento y rescate
- La capacidad de responder a emergencias medioambientales
- Tener rompehielos operativos
- Mejorar la capacidad de vigilancia y conocer el entorno marítimo del Ártico
- Refuerzo militar
- Incrementar la colaboración entre los Estados Árticos

Esta ruta es la menos factible y que menos competitividad ofrece a rutas como el Canal de Suez. Esto se debe a varios factores como son las condiciones severas de hielo antiguo, a las condiciones meteorológicas que solo permiten navegar durante 3 meses al año, la incertidumbre que posee por la falta de cartas náuticas adecuadas y la complejidad por sus aguas estrechas y poco profundas.

En cambio, esta ruta ofrece más puertos seguros que la Ruta del Norte, siendo estos ofrecidos en los países de Estados Unidos, Canadá y Groenlandia.[26]

### 3.5. Tipos de buques que navegan en el Ártico

Debido a las condiciones de deshielo que vimos anteriormente, el Ártico se ha convertido en un lugar donde transitan más buques que en años anteriores. Algunos de ellos son:

#### a) Buques a granel, petróleo y gas:

Una parte importante del tráfico en el Ártico es el transporte de materia primas a granel, de petróleo, gas o diversos materiales. En el Ártico se hallan grandes minas de los que se extraen minerales como el níquel o el zinc, así como yacimientos de petróleo y gas frente a las costas de Rusia y Noruega. En Alaska, la mina Red Dog es una de las mayores productoras de zinc, mientras que en Rusia se encuentra la mina Norilsk Nickel, productora mundial de níquel y paladio. La mayoría de las travesías de buques graneleros son de exportación del Ártico, llevando los recursos extraídos a los mercados mundiales.

#### b) Buques de reabastecimiento comunitario:

En algunas zonas del Ártico se les denomina Transporte marítimo costero, y se trata de una actividad de reabastecimiento en las zonas como Ártico canadiense, el este de Rusia y Groenlandia, proporcionando una línea de vida a comunidades que no tienen acceso a carreteras, o están muy limitados, y no poseen capacidad de pilotar aviones pesados. Estas comunidades están bloqueadas por el hielo durante parte del año y dependen en gran medida del reabastecimiento en los meses de verano para obtener frutos secos, combustible, materiales de construcción y otros productos básicos. Entre los buques que reabastecen estas zonas, destacan los petroleros, los buques de carga general o portacontenedores,

25

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 4632086 Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

y en algunas zonas, la combinación barcas/remolcadores. Esta última combinación sirve para proyectos de minería o construcción.

**c) Cruceros:**

La zona remota y salvaje del Ártico sostiene una flora y fauna única. Esto hace de la zona un gran atractivo turístico, y si el hielo sigue disminuyendo, más cruceros vendrán a navegar por la zona. Los operadores especializados ofrecen cruceros por las tres rutas, usando potentes rompehielos para poder circunnavegar todo el Océano Ártico. Estos buques suelen ser de entre 50 y 400 pasajeros, nada comparado con los mayores cruceros de hasta 5.000 pasajeros. El típico viaje en crucero es con zodiacs y aerodeslizadores, para poder navegar aguas pocas profundas.

**d) Buques de pesca:**

La actividad pesquera constituye una parte importante del tráfico marítimo en el Ártico. Aun así, es muy limitada por el hecho de que se lleva a cabo hasta el borde del hielo, siendo realizadas en zonas total o estacionalmente libres de hielo, o con baja concentración.

**e) Rompehielos, Gubernamentales y de Investigación:**

Estos tipos de buques representan una pequeña proporción del tráfico marítimo total por aguas del Ártico, sin embargo, poseen un valor extremadamente alto para la prospección, la investigación oceanográfica, la escolta de buques en el hielo, el salvamento, la lucha contra la contaminación y en la búsqueda y rescate. Las flotas de rompehielos canadienses y rusas llevan a cabo sus tareas en los meses de verano, aunque también actúan en menor medida en invierno. [27]

### 3.6. Navegación en aguas cubiertas de hielo.

Navegar por aguas con presencia de hielos implica un riesgo mucho mayor, por lo que es necesario planificar con más cautela y detalle las medidas de precaución, respetando el terrible potencial destructivo que oculta el hielo en sus diferentes formas.

Por ellos, es crucial que la tripulación tenga un gran conocimiento del manejo del barco en la navegación polar con presencias de hielo, los posibles efectos debido a las bajas temperaturas, los problemas de la comunicación, conocer la meteorología en las zonas polares y en la detección del hielo. El conocimiento de todos estos aspectos es necesario para así mantener una navegación segura y exitosa.

El poder mantener la libertad de maniobra y evitar quedar atrapado en el hielo, en la medida de lo posible, es probablemente el factor más importante que debe tener en cuenta el buque que realice su viaje por aguas polares.

La experiencia de los marinos que han navegado por aguas con grandes concentraciones de hielo, nos indica que deben aplicarse cuatro reglas básicas para no sufrir ningún incidente [28]:

1. Siempre hay que seguir moviéndose, aunque sea lentamente, pero nunca detenerse.
2. Intentar adaptarse al movimiento del hielo y de sus puntos débiles, nunca ir contra ellos.
3. Una velocidad alta significa un mayor riesgo de sufrir daños por el hielo.
4. Conocer muy bien las características de maniobrabilidad del buque que pilota.

#### 3.6.1. Maniobras en hielo

En esta sección, vamos a explicar las distintas formas de navegación que podemos utilizar para poder atravesar una zona con presencias de hielos. Para eso tendremos en cuenta, por un lado, la situación antes de entrar en aguas con presencia de hielo y, por otro lado, veremos la situación después de haber entrado en aguas con presencia de hielo.

Entre las maniobras de las que hablaremos, destacan la maniobra de giro, la marcha atrás, rodeando icebergs, el ataque y las operaciones de escolta.

27

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 4632086 Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

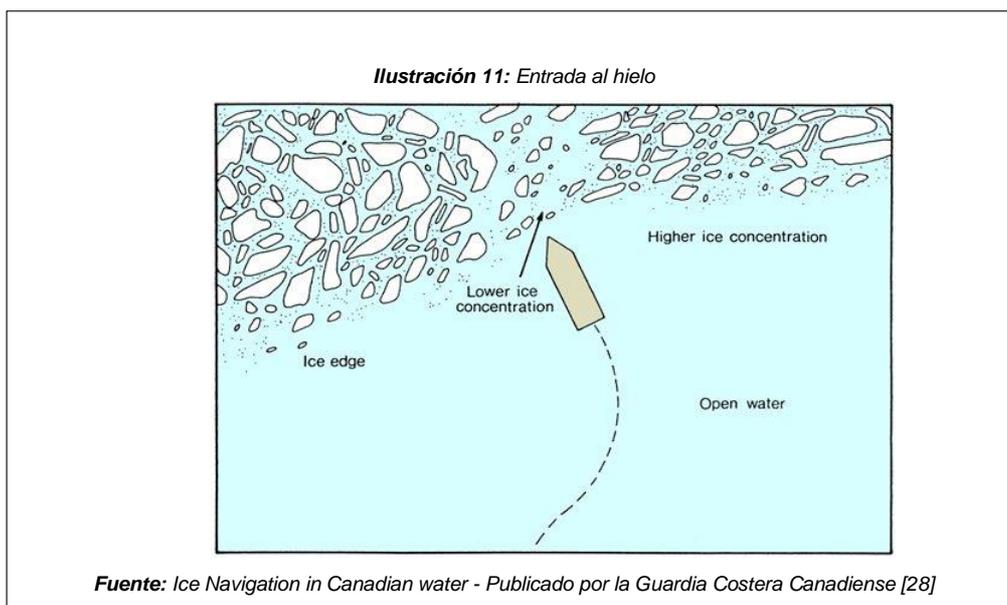
Fecha: 08/07/2022 19:51:56

### a) Antes de entrar en una zona con presencias de hielo

Debemos comprobar si existe la posibilidad de evitar entrar en una zona con presencias de hielo, aunque la ruta alternativa demore el trayecto algunas horas o incluso días, esta será la mejor opción posible a considerar. Si no tenemos al alcance esa posibilidad, debemos elegir la ruta que nos ofrece el Centro de Servicios de Tránsito y Comunicaciones Marinas (MCTS), examinada por aviones y lecturas satelitales, buscando aguas abiertas, presencia de icebergs y hielo bajo presión.

El Centro de Servicios de Tránsito y Comunicaciones proporciona servicios de tráfico marítimo mediante el intercambio de información entre los buques y las torres en tierra. Esto hace que los viajes sean más seguros y ayuda a proteger el medio ambiente marino.

Lo siguiente que debemos hacer es seleccionar el punto de entrada, buscando donde haya menos concentración de hielos y reduciendo la velocidad del buque al mínimo gobernable, para así sufrir en menor medida los impactos. [28]



28

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 4632086 Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

## **b) Una vez dentro del hielo**

Una vez hayamos conseguido entrar en la zona con presencias de hielos, debemos mantener una velocidad adecuada, reduciéndola si es necesaria o aumentándola si podemos asegurar una travesía eficaz.

Cuando hablamos de navegar en presencia de hielos, debemos fijarnos en sus movimientos y seguir a su favor, nunca en contra de él. Debemos siempre estar en movimiento y no parar a no ser que sea estrictamente necesario. Si fuera necesario hacer una parada de emergencia, debemos mantener la hélice trabajando, para evitar la acumulación de hielo alrededor de la popa. [28]

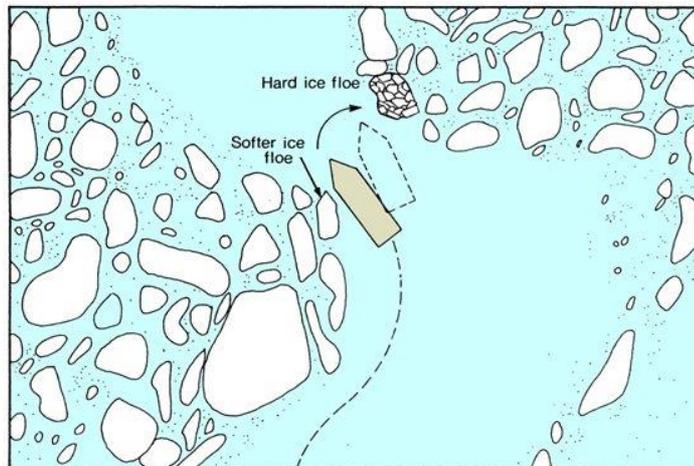
Ahora pasaremos a explicar cómo son las maniobras utilizadas en este tipo de navegaciones:

### **3.6.1.1. Maniobra de Giro en zonas con presencia de hielos**

La maniobra de giro en hielo es muy compleja, necesitando la mayor concentración y atención del Capitán. Para ello, es recomendable hacerlo en aguas abiertas o con presencias de hielos muy ligeros. Si es necesario hacerlo en otras condiciones más adversas, debe hacerse con el mayor ratio de giro posible y en agua helada.

En buques con dos hélices la mejor opción es colocando el timón a la vía y usar solamente las hélices, para evitar que el timón ofrezca resistencia y el buque quede totalmente detenido. [28]

**Ilustración 12: Giro en Hielo**



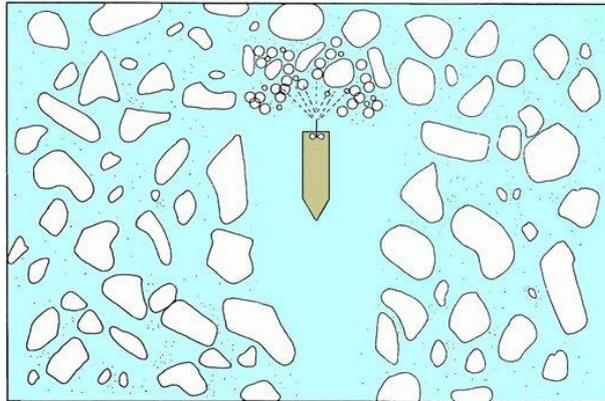
**Fuente:** Ice Navigation in Canadian water - Publicado por la Guardia Costera Canadiense [28]

### 3.6.1.2. Maniobra marcha atrás en hielo

Para poder dar marcha atrás en zonas de presencias de hielo, se debe poner el timón a la vía y romper el hielo con velocidad reducida hasta que el buque encuentre bastante resistencia, entonces aumentamos la máquina dejando así la zona limpia. En caso de que no funcione, se debe poner el timón todo a una banda y poner máquina avante a máxima potencia.

Esta maniobra debe llevarse a cabo con mucho cuidado y observar detenidamente las partes expuestas que puedan ser vulnerables. [28]

**Ilustración 13: Atrás en Hielo**



**Fuente:** *Ice Navigation in Canadian water - Publicado por la Guardia Costera Canadiense [28]*

### **3.6.1.3. Evitando Icebergs**

La detección de los ecos en el radar de los icebergs presenta algunos inconvenientes como que pueden estar bastante hundidos y no precisar bien su volumen total, o que pueden ser desplazados por las corrientes marinas, siendo más peligrosos los de menor tamaño debido a que pueden ser movidos también por las corrientes de viento.

La mejor opción es evitar las zonas donde haya iceberg, pero siempre está la posibilidad de toparse con alguno cuando se navegan en aguas polares, por ellos lo mejor es pasar por el barlovento del iceberg, es decir, pasar por la zona donde viene el viento empujando el iceberg evitando el rumbo que este lleve, reduciendo así el peligro que pueda ofrecer. [28]

### **3.6.1.4. Atraque en el hielo**

El atraque en zonas con presencias de hielo suele ser un proceso muy largo, sumándole que en el Ártico no es normal tener remolcadores.

Hay una gran cantidad de formas de atracar, como dice el refrán: *“Cada maestrillo, tiene su librillo”*. Siempre varía la forma de atracar de un buque a otro, no solo por su tamaño o la forma, sino por las habilidades de quien lo gobierna.

Aun así, la OMI ha recomendado una forma de atracar para aumentar la seguridad de la maniobra. Se acerca la proa a la posición deseada y luego se da un spring, dándole poco adelante para ir acercando la popa al muelle.

Es de vital importancia sacar todo el hielo que haya entre el barco y el muelle, manteniendo vigilado en todo momento la banda por la que se vaya a atracar, lo que es aconsejable poner dos vigías en la proa y en la popa. [28]

### 3.6.2. Operaciones de escolta

Cuando las condiciones del hielo empeoran, los riesgos de daño al buque aumentan considerablemente, por lo que la presencia de un buque rompehielos y el modo de navegación escoltado es la mejor opción.

Este tipo de navegación suele ser en forma de convoy donde un rompehielos va a la cabeza y el resto de los barcos comerciales le siguen a una distancia prudencial, siendo el Capitán del rompehielos quien dictaminé la distancia mínima y máxima de escolta según la velocidad con la que se cierre la pista de hielo.

El número de rompehielos viene dado según las condiciones de concentración del hielo, por ejemplo, en 5/10 decenas, un rompehielos puede escoltar hasta 4 buques comerciales. Sin embargo, con 8/10 decenas, lo más aconsejable con como máximo 2 buques comerciales.

No se recomienda una velocidad muy baja para el rompehielos porque podría no romper todos los trozos de hielo, haciendo peligrar al resto del convoy con los que vayan quedando atrás. Por lo que es recomendable que lleve una velocidad que garantice la destrucción de la mayor parte de la placa helada.

En algunos casos, el rompehielos queda detenido a causa del deterioro del hielo, indicándolo con dos luces rojas en el lugar más visible. En este caso, el Capitán del buque comercial lo entenderá como máxima urgencia, poniendo toda la máquina atrás para evitar colisionar con el rompehielos.

En caso contrario, y es el buque comercial quien comienza a detenerse por el hielo, debe tener la máquina en espera para mantener el hielo alejado de las hélices, e informar inmediatamente al buque rompehielos.

Bajas condiciones extremas de hielo, el buque comercial será remolcado por el buque rompehielos, conocido como remolque cercano. Esta maniobra es muy peligrosa, siendo los rusos los más experimentados, los que suelen llevar a cabo esta maniobra con seguridad. [28] [29]

*Ilustración 14: Escolta en Convoy*



**Fuente:** <http://www.histarmar.com.ar/Antartida/BuquesAntarticosLogisticos/AmericanTern.htm> [29]

### **3.6.3. Precauciones, problemas y soluciones**

En este apartado, se expondrán las posibles situaciones que podemos hacer frente mientras navegamos por aguas con presencias de hielos, como son el estar rodeados por el

hielo, liberación de un buque rodeados por el hielo y la aparición de hielos en la superestructura.

Hay que diferenciar entre hielo antiguo y hielo nuevo, siendo el antiguo el hielo que lleva más tiempo formándose, desde décadas hasta siglos, por lo que lo hace más resistente y más peligroso que el hielo nuevo, hielo que se formó hace meses o pocos años, por lo que es menos resistente y más fácil de que los buques o los rompehielos puedan cruzar mejor por aguas con presencias de este tipo de hielos.

#### **a) Rodeado por el hielo**

Una de las situaciones que pueden ocurrir y que debe evitarse a toda costa, es estar rodeado por el hielo. Es muy fácil que esto ocurra en condiciones donde el hielo está bajo presión, debido al fuerte viento, las corrientes, las mareas o las diversas condiciones meteorológicas o hidrológicas.

Una forma de saber si esto está ocurriendo, es fijarse en la estela que va dejando el barco. Normalmente esa estela va cerrándose poco a poco, si se observa que el cierre es muy rápido, es porque estamos en una zona con hielo bajo presión. Otra forma es en aguas abiertas, cuando se comienza a observar que el hielo va reuniéndose y el área abierta comienza a disminuir. Esto es muy peligroso, debido a que puede aparecer hielo antiguo. [28]

#### **b) Liberación de un buque rodeado por el hielo**

Cuando el barco está totalmente rodeado por el hielo, éste pierde potencia al tener el casco demasiado agarre, lo que conlleva una reducción de movimiento o incluso a detenerlo. Por lo que debemos aflojar este agarre para poder continuar nuestra travesía. [28]

Pueden usarse distintas maneras:

- Dar máquina avante y atrás a máxima potencia, hasta que podamos seguir avanzando.
- Si se tienen dos hélices, darle toda avante a una y toda atrás a la otra, y luego alternar.
- Escorando el buque de una banda a otra, alternando los lastres de una banda a la otra.

34

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 4632086 Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

- Cambiando el asiento de proa a popa, y viceversa, alternando los lastres en proa y popa.
- El uso de 2 hombres muertos, que son maderas enterradas en agujeros en el hielo y a donde se amarra un buque, y las anclas de hielo.
- El uso de explosivos colocados en agujeros en el hielo, este método es uno de los más peligrosos, haciendo explotar el hielo colindante.

### c) Hielo en la Superestructura

Es suceso muy común que se forme hielo en la superestructura. Esto se debe a las condiciones meteorológicas extremas de las aguas donde se navegan, cuando el agua que embarca proveniente de las gotas de las crestas de las olas o la niebla del mar es congelada por la caída de la temperatura atmosférica.

Hay una generalización sobre la fuerza del viento que puede ayudar a saber cuál es el tipo de formación de hielo que puede ocurrir:

- Los vientos de fuerza 5 en la escala Beaufort, puede producir una ligera formación de hielo.
- Los vientos de fuerza 7 en la escala Beaufort, pueden producir una formación de hielo moderado.
- Los vientos superiores a fuerza 8 en la escala de Beaufort producen una formación de hielo intensa.

Debemos tener especial cuidado en la acumulación de hielo en el ancla, los escobenes y el molinete del ancla, debido a que si necesitamos arriar el ancla por alguna urgencia. Una práctica común es dejar las anclas arriadas para evitar la acumulación de hielo. [28]

### 3.7. Equipos de Navegación

Navegar por latitudes altas representa un gran reto a la hora de posicionarse. Muchas de las cartas náuticas y los equipos de posicionamiento se ven alterados en las proximidades a los polos magnéticos, pudiendo contrarrestarse si se conoce la alteración a las que son sometidas, permitiendo así un posicionamiento seguro en pos de la seguridad de la tripulación, el barco y el medio marino.

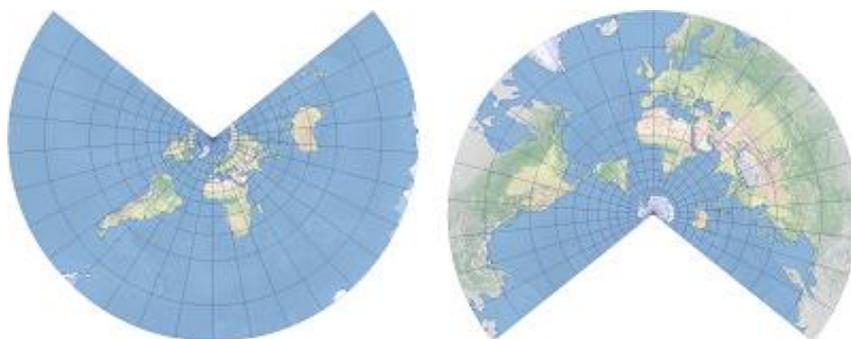
Los marinos normalmente se han sabido posicionar usando las cartas náuticas, el posicionamiento astronómico y usando equipos de posicionamiento global. Estos últimos han ido cobrando más protagonismo en los últimos años con la llegada del GPS y del GLONASS entre otros.

#### a) Cartas Náuticas

La proyección Mercator es la más usada por los marinos para posicionarse en todo el planeta. Sin embargo, debido a la lejanía y a la incapacidad de navegar por algunas áreas, muchas cartas de los círculos polares son inexactas a la hora de representar aguas poco profundas, cualquier peligro submarino como pecios o rocas, y la distorsión provocada por las altas latitudes. Por estos motivos, se usan otros tipos de proyecciones como la proyección cónica de Lambert, la proyección policónica o la estereográfica polar.

- **Proyección cónica de Lambert:** Fue creada por Johann H. Lambert en 1772 y se usa muy a menudo en latitudes medias, basándose en la intersección de dos paralelos estándar, siendo más precisa la escala cuando los paralelos son más estrechos. [30]

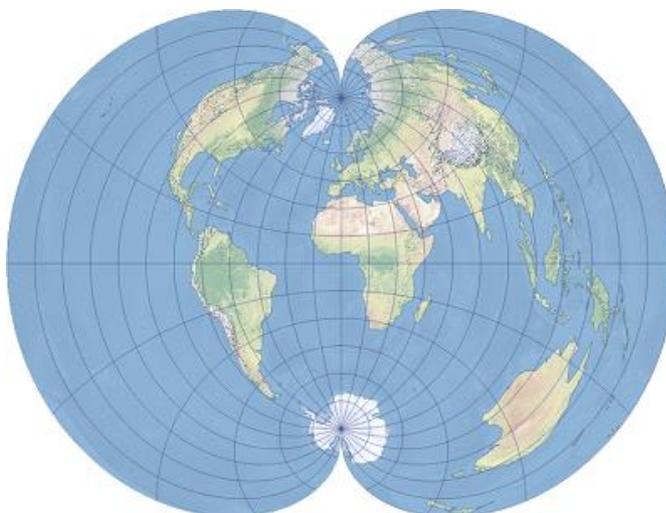
**Ilustración 15:** Cónica de Lambert



**Fuente:** <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/2.6/help/mapping/properties/lambert-conformal-conic.htm> [30]

- **Proyección policónica:** Inventada por Ferdinand R. Hassler en 1820, esta proyección se crea mediante infinitos conos a lo largo del meridiano central, afectando a la forma de los meridianos que, en diferencia con otras proyecciones cónicas, son curvos y no rectos. [31]

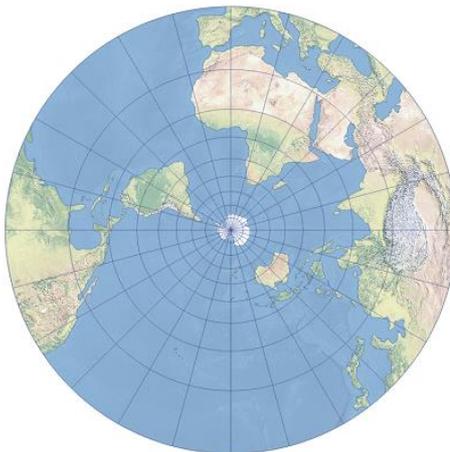
**Ilustración 16:** Proyección Policónica



**Fuente:** <https://pro.arcgis.com/es/proapp/latest/help/mapping/properties/polyconic.htm> [31]

- **Estereográfica polar:** Es la proyección más usada, antigua y recomendable para las regiones polares. Se basa en que el polo está en el centro de la carta, mostrando los meridianos rectos que se concentran en él, y que se cortan los paralelos que son arcos circulares. Cuanto más cerca del punto central, más preciso es la ubicación. [32]

**Ilustración 17:** Estereográfica Polar



**Fuente:** <https://pro.arcgis.com/es/proapp/latest/help/mapping/properties/stereographic.htm> [32]

## b) Compás

Desde que se supo utilizar el magnetismo terrestre para saber la dirección a la que se estaba yendo, normalmente no suele faltar un compás magnético a bordo de un buque. A lo largo de los años, se han ido descubriendo nuevas formas y nuevos compases para precisar aún más el rumbo seguido.

Actualmente hay cuatro tipos de compás que nos podemos encontrar a bordo:

- a. El compás magnético, que funciona alineando la aguja magnética con el campo magnético terrestre. La aguja magnética depende del componente de fuerza horizontal que ejerce el campo magnético, por lo que, cuanto más cerca del polo,

38

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 4632086 Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

este componente se vuelve más débil y la aguja se mueve mucho más lento. Por eso, no es aconsejable usar este sistema cerca de las aguas polares.

- b. El girocompás, basado en el efecto giroscópico, apunta hacia el norte geográfico y no al norte magnético como vimos en el compás anterior. Las rotaciones del giróscopo deben irse corrigiendo a medidas que se vaya asciendo en las latitudes.
- c. El compás electrónico, basado en las propiedades eléctricas de algunos tipos de materiales que son sometidos a un campo magnético, mediante 2 o más pequeñas bobinas enrolladas en un núcleo de hierro por la que se hace circular una corriente alterna. No precisa de rosa de los vientos, dado que puede marcar el rumbo digitalmente y además intercambiar información con otros equipos de ayudas a la navegación.
- d. El compás satelital, se basa en unos principios similares al del posicionamiento satelital. Es el equipo que mejor precisión tiene a la hora de determinar rumbos, dado que no se ve afectado por la velocidad del buque, la latitud o el geomagnetismo. En los polos, el sistema de posicionamiento suele corregirse automáticamente. [10]

### c) Posicionamiento satelital

El posicionamiento satelital tiene su origen en la Segunda Guerra Mundial, cuando el ejército de los Estados Unidos ideó un sistema de navegación basado en satélites que proporcionan posiciones en tres dimensiones (longitud, latitud y altura), velocidad y tiempo; las 24 horas del día, en cualquier lugar del mundo y con cualquier condición climática.

El sistema se basa en la medida simultanea de la distancia entre el receptor y al menos 3 o 4 satélites, dependiendo del sistema. Las distancias entre receptor y satélite se obtienen por medio del retardo temporal entre que el satélite manda la señal y el receptor la recibe. Por cada satélite se consigue la ecuación de un esferoide y con la intersección de todas las esferoides, se obtiene la posición del usuario.

En un comienzo, solo existía el GPS (Global Position System) desarrollado por Estados Unidos durante la Segunda Guerra Mundial, pero hoy en día tenemos los sistemas GLONASS de origen ruso que fue ideado en los años 70. Pero no fue hasta 1982 que se realizó el primer lanzamiento. Beidou de origen chino comenzó a operar en el año 2000, y el GALILEO desarrollado por Europa, siendo el más joven de los 4, empezó a operar en el año 2010.

39

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 4632086 Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

La mayoría de los errores que puede presentar el sistema de posicionamiento satelital es debido a las condiciones atmosféricas, pero ya viene implementado una auto corrección. [10]

#### **d) Comunicaciones por radio**

Las comunicaciones por radio es una de las formas más segura para poder comunicarse en la zona del Ártico, aunque haya perturbaciones ionos feéricas. Si esto ocurriera, con solo con cambiar la frecuencia puede ser suficiente para conseguir entablar comunicación.

Los sistemas de comunicación por radio obligatorios son el VHF (Very High Frecuency), el MF (Medium Frecuency) y el HF (High Frecuency).

El VHF es conocido en español como onda corta, y sirve para comunicarse claramente con buques o estaciones costeras cercanas. Los sistemas VHF modernos llevan la Llamada Selectiva Digital, que permite comunicar con otro buque o estación de una forma menos expuesta al resto de usuarios.

Los sistemas MF/HF son conocidos en español como onda media y onda larga, sirviendo para comunicarse con buques o estaciones marítimas mucho más distantes que con el VHF, siendo la onda media una distancia de entre 250 y 400 millas con buen tiempo, y la onda larga superior a las 400 millas, mientras que el VHF tiene una distancia de 40 millas.

La diferencia entre el MF y el HF para que haya esta diferencia de distancia es que la onda media rebota en la capa de la Mesosfera, mientras que la onda larga rebota en la Ionosfera, que está por encima. También tienen un sistema de Llamada Selectiva Digital. Las bandas en las que opera el MF para servicios de salvamento y urgencias es la de 2 Mhz (Mega Herzios), mientras que las bandas que usa el HF son las de 4, 6, 8, 12 y 16 Mhz. [10]

#### **e) INMARSAT**

El servicio INMARSAT ofrece telefonía y servicios de datos a embarcaciones de todo el mundo por vía satelital. Un equipo de INMARSAT contacta con el satélite y se comunica con una estación terrestre, y viceversa.

La recepción de área para INMARSAT abarca desde los 80° latitud Norte hasta los 80° latitud Sur. Aunque teóricamente puede trabajar en ángulos superiores de 3° de la línea de

40

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 4632086 Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

horizonte, y en el polo los ángulos más bajo con la línea de horizontes es de 5°. En la práctica, puede que no se consiga establecer comunicación por voz, pero puede mandar y recibir paquetes de datos. [10]

#### **f) Restos de los equipos de navegación**

El resto de los equipos de ayuda a la navegación, como son el radar, la sonda, la corredera, el sistema de posicionamiento dinámico, etc.; no son afectados por las altas latitudes, ni alteran los datos que recibimos de ellos. Los mayores problemas que podemos encontrarnos es la de sufrir congelamiento de los equipos o piezas que los compongan.

Por ejemplo, con el radar, el mayor desafío aparte del congelamiento parcial o total del equipo es el diferenciar entre un iceberg y un barco, o los falsos ecos que pueden proporcionar los hielos y témpanos. Esto es debido a que el radar funciona mandando una onda, llamada eco, que rebota en un objeto y vuelve al radar. El radar calcula el tiempo de ida y vuelta y hace un cálculo de posicionamiento del objetivo. El problema que ofrecen los hielos, icebergs o témpanos, es que hacen rebotar estos ecos y nos aparecen en la pantalla como si fueran buques en navegación. Por esa razón hay que tener siempre una vigilancia eficaz. [10]

## 4. Metodología

La metodología empleada en este Trabajo de Fin de Grado ha sido la revisión bibliográfica partiendo de una pregunta o duda que nos planteábamos para desarrollar esta investigación, es decir, buscar y analizar los distintos aspectos que se requieren para poder realizar una navegación segura por aguas con presencias de hielo, desde el marco legal, como se deben mantener los equipos de ayuda a la navegación a bajas temperatura, las distintas maniobras a seguir, las precauciones y los problemas, hasta las distintas rutas conocidas que pueden asegurar nuestro cumplimiento de la travesía.

La búsqueda de información comenzó a través de bases de datos como Web of Science (WOS), PuntoQ, Scopus y en el Catálogo de la Biblioteca Online de ULL, utilizando las palabras clave "Navegación", "Polar" y "Ártico". Con los resultados obtenidos, se hizo un esquema a forma de borrador de cómo sería el TFG, partiendo de que tendría 4 apartados de suma importancia: marco legal, equipos de navegación, formas de navegar en aguas con presencias de hielos y las posibles rutas descubiertas con una comparativa entre ellas para evaluar sus pros y sus contras.

A partir de este borrador se hizo una lista de los objetivos que se quería resolver en este TFG y se comenzó a investigar punto por punto. Comenzamos con el Código Polar, libro publicado por la OMI, con todo lo necesario para saber que se necesita para navegar protegiendo el medio ambiente y la tripulación, contando la historia de su creación, la formación necesaria para poder pilotar un buque en esas aguas, y el futuro evolutivo de este código según se vaya actualizando los datos geográficos de las zonas polares. Continuamos con los equipos necesarios para la navegación y su mantenimiento en zonas de temperaturas bajísimas, tratando las diferentes cartas náuticas que pueden ser empleadas, los distintos compases magnéticos que pueden servirnos abordo, donde dirigirse cuando se requiera realizar comunicaciones por radio y los otros tantos equipos que necesitamos controlar para poder realizar la travesía.

Una vez sabemos el equipamiento que requerimos y los por menores legales, se cuestiona las distintas maniobras y problemas que puedan surgir en aguas gélidas. Utilizamos distintos buscadores para conseguir información sobre las maniobras más seguras a realizar, las operaciones de escolta que ofrecen los distintos países que tienen puertos seguros en el Ártico, las precauciones a tener en cuenta para evitar problemas comunes debido al mal tiempo y a las bajas temperaturas, y posibles soluciones a esos problemas.

Sabemos cómo navegar, pero no sabemos por donde, por lo que el siguiente punto será las distintas rutas conocidas en el Ártico, sus pros y contras de cada ruta, lo necesario para poder atravesarlas y parte de su historia.

Con toda esta información, se procesa y analiza los resultados obtenidos, creando una tabla con comparativa de las distintas rutas potenciales usadas en el Ártico, con sus ventajas y desventajas, y la comparación entre todas las rutas para establecer cuál es la mejor para competir en el comercio internacional.

Al tener los resultados listos, comenzamos a trabajar en las conclusiones, dando respuestas a los objetivos fijados previamente al comienzo del trabajo.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 4632086      Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

## 5. Resultados

Tras el estudio de los apartados anteriores y a modo de resultado de toda la revisión bibliográfica, comprobando los cambios climatológicos que están sufriendo los polos, los buques que allí navegan y en el que hemos valorado tanto las diferentes herramientas para tener una travesía segura por aguas con presencias de hielo, como las rutas que atraviesan las aguas del Océano Polar Ártico, podemos comenzar a meditar y opinar cuál de estas rutas es la más indicada para navegar de forma segura; y si estas potenciales rutas comerciales pueden llegar a ser competencia frente a otras rutas más utilizadas.

En la siguiente Tabla 3 veremos las ventajas y las desventajas que contienen cada una de las rutas marítimas que atraviesan el Ártico:

**Tabla 3: Ventajas y desventajas de las rutas árticas.**

	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Ruta del Mar del Norte</b>	<p>Mayor tiempo de navegabilidad. Gran número de puertos seguros. Respuesta rápida en caso de emergencia.</p>	<p>Poco calado. Muchos puertos no aptos para buques extranjeros. Condiciones de meteorología severas. Falta de información. Impuestos de Rusia.</p>
<b>Ruta Marítima Transpolar</b>	<p>Ruta más corta y directa. Mucho calado. Aguas abiertas. Sin impuestos.</p>	<p>La ruta más peligrosa debido a las condiciones meteorológicas. Falta de información. Falta de respuesta rápida en emergencias. Falta de infraestructuras. Falta de comunicación.</p>
<b>Ruta del Puente Ártico</b>	<p>Importante para el comercio de Manitoba. Deshielo acelerado.</p>	<p>No conecta el Europa con Asia. No presenta una alternativa al Canal de Suez. Condiciones severas de hielo antiguo</p>
<b>Ruta del Noroeste</b>	<p>Ruta más explorada. Ruta con más puertos seguros.</p>	<p>Menos tiempo de navegabilidad. Falta de información. Aguas estrechas y poco profundas.</p>

**Fuente:** Elaboración propia con la información dentro del trabajo.

Observando la Tabla 3, podemos ver que hay bastante diferencia entre las diferentes rutas que cruzan el Ártico. A continuación, veremos las comparativas entre rutas:

#### **Ruta del Mar del Norte – Ruta Marítima Transpolar:**

Las dos rutas conectan el Océano Atlántico y el Océano Pacífico, aunque la Ruta del Mar del Norte presenta más tiempo de navegabilidad debido a la falta de presencias de hielo antiguo, frente a la Ruta Marítima Transpolar.

La Ruta Marítima Transpolar es mucho más corta, de tan solo 2.100 millas náuticas, mientras que la ruta más corta por el Mar del Norte es de 7.010 millas náuticas, lo que supone un ahorro considerable de combustible, siendo de un 70% de ahorro las emisiones de CO<sub>2</sub>, y de gastos varios. Ambas rutas son una alternativa más barata y rápida que el Canal de Suez.

La RMN tiene un calado de entre 12 y 13 metros, llegando en algunas zonas hasta los 20 metros, haciendo que grandes buques mercantes no puedan navegar por esas aguas. La RMT no tiene problema de calado ni de aguas estrechas, haciendo más atractiva esta ruta para buques mercantes de gran envergadura.

La RMN presenta un mayor desarrollo en la parte occidental debido a la mejor condición climatológica que tiene, pero bastante menos desarrollo en la parte oriental por la razón contraria, y en ambas partes hay pocos puertos preparados para buques extranjeros. La RMT tiene en todo su trayecto condiciones meteorológicas adversas y mucho menos desarrollo en instalaciones.

La RMN tiene más información cartográfica, mejores comunicaciones por radio y mayor rapidez de reacción en caso de suceder alguna emergencia. Mientras que la RMT necesita una gran cantidad de inversión para poder ser una ruta segura para su navegación.

Ambas rutas tienen impuestos de Rusia para poder navegar por sus aguas Árticas, pero la RMT consigue evitar cruzar por la Zona Económica Exclusiva de Rusia.

#### **Ruta del Mar del Norte – Ruta del Noroeste:**

La Ruta del Mar del Norte y la Ruta del Noroeste conectan los Océanos Atlántico y Pacífico. La Ruta del Noroeste es la más antigua, siendo la primera en ser descubierta.

45

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 4632086 Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

Presenta condiciones climatológicas más adversas que la RMN, mucha más presencia de hielos antiguos, y hace más difícil el trayecto por esta ruta.

La Ruta del Noroeste que conecta los puertos de Londres en Reino Unido, y Osaka en Japón, tiene una distancia de 8.477 millas náuticas, mientras que la travesía que pasa por la Ruta del Mar del Norte que conecta los puertos de Rotterdam en los Países Bajos y Yokohama en Japón, siendo esta la más pequeña de las travesías que pasen por esta ruta, es de 7.010 millas náuticas. Revisando estos datos con respecto a la diferencia en millas, la reducción de combustible empleado es de un 17,3% en la Ruta del Mar del Norte.

Ambas rutas pueden ser una alternativa al Canal de Suez, sin embargo, la RN solo es navegable durante 3 meses, lo que la hace mucho menos útil que la RMN que tiene más tiempo de navegabilidad.

La RMN contiene mucha más información que la RN debido a que es más fácil de navegar por esa ruta, aunque ambas rutas tienen calados pocos profundos y aguas estrechas, haciendo que grandes buques mercantes no puedan cruzarlas.

La RN presenta más puertos seguros durante toda la ruta que la RMN lo que supone una mayor facilidad de reacción a emergencias y tranquilidad para los tripulantes de los buques.

Para atravesar la RMN hay que pagar unos impuestos a Rusia por atravesar su Zona Económica Exclusiva, mientras que en la RN puedes navegar libremente.

#### **Ruta Marítima Transpolar – Ruta del Noroeste:**

Estas dos rutas conectan los Océanos Atlántico y Pacífico, siendo de menor distancia la de RMT, aunque ambas son bastantes peligrosas debido al mal tiempo y las condiciones duras de hielo. Ambas rutas presentan carencias en cuanto a información del lugar se refiere, con falta de cartas náuticas precisas.

La Ruta del Noroeste, en su travesía más corta supone una distancia aproximada de 8.477 millas náuticas, mientras que la Ruta Marítima Transpolar es de tan solo 2.100 millas náuticas, lo que la hace mucho más económica y beneficiosa para la sostenibilidad del medio ambiente. Esto supondría una reducción de combustible del 75%, al ser solo casi un 25% de distancia en comparación con la Ruta del Noroeste.

La RN es más antigua y complicada, aun teniendo más puertos seguros, lo que presenta una mayor reacción a emergencias. La RMT tiene un mayor calado y aguas más

46

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 4632086 Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56

abiertas que la RN lo que hace que puedan navegar buques mercantes más grandes y transportar mayor mercancía en un solo viaje.

Pueden ser una alternativa al Canal de Suez, pero la RN solo puede ser navegable durante 3 meses, mientras que la RMT presenta mayor tiempo de navegabilidad.

La RMT tiene que pagar impuestos para cruzar por aguas rusas, mientras que la RN puede navegar libremente. Además, hay que hacer una gran inversión para poder asegurar la travesía por la RMT.

### **Ruta del Puente Ártico – Resto de Rutas:**

A diferencia con el resto de las rutas que conforman la navegación en el Ártico, la Ruta del Puente Ártico no conecta los Océanos del Atlántico y del Pacífico, sino que conecta Rusia con Canadá.

Es la ruta que menos presencia de hielos antiguos tiene y la que mejor condición climatológica disfruta. También es la ruta más pequeña, lo que hace que la travesía sea mucho más cómoda. Todas estas ventajas, hacen que esta ruta sea la mejor para el comercio entre el Norte de Europa y el Norte de América. Pero también la que sea menos utilizada para el comercio global y no representa una ruta alternativa al Canal de Suez.

En definitiva, las rutas que pueden ofrecer una alternativa viable para el comercio entre Europa y Asia son la Ruta del Mar del Norte y la Ruta Marítima Transpolar. Frente a la ruta más utilizada históricamente para tales efectos, como es el Canal de Suez, vemos que estas rutas consiguen una reducción de tiempo de viaje, de combustible, de emisiones de CO<sub>2</sub>, y gastos varios del viaje. Pero las desventajas que presentan la navegación por estas aguas hacen la ruta del Canal de Suez siga siendo la mejor opción para el transporte de mercancías por agua.

En cambio, podemos ver que la Ruta del Puente Ártico ofrece una vía comercial entre el norte de Europa y el norte de América que puede ser bastante beneficiosa para ambos continentes.

## 6. Conclusiones

**Primera Conclusión:** Las potenciales rutas comerciales que atraviesan las aguas del Océano Polar Ártico sí pueden llegar a ser competencia frente a otras rutas más utilizadas.

**Segunda Conclusión:** Las rutas del ártico pueden una reducción de capital invertido por trayecto para las compañías.

**Tercera Conclusión:** Estas rutas no suponen un trayecto seguro, de momento, para barcos de mercancías grandes debido al calado y las condiciones meteorológicas, pero en un futuro pueden serlo debido al deshielo.

**Cuarta Conclusión:** Falta de medios de información sobre las aguas del ártico e infraestructuras seguras hacen que se reduzcan aún más las posibilidades de cruzarlas de forma segura.

**Quinta Conclusión:** La falta de puertos habilitados para buques extranjeros y el monopolio de los rompehielos por parte de los Estados Árticos, hacen que el comercio mundial se vea gravemente mermado.

**Sexta Conclusión:** La poca temporada de navegabilidad y el hielo antiguo, hacen que actualmente sea muy difícil atravesar esas aguas.

**Séptima Conclusión:** A medida que se vayan deshaciendo los hielos más gruesos y los países componentes de la OMI vayan invirtiendo en infraestructuras y en completar información, estas rutas llegarán a ser tan importantes como el Canal de Suez en el comercio mundial.

## Conclusions

**First Conclusion:** The potential trade routes that cross the waters of the Arctic Ocean may become competition against other more used routes.

**Second Conclusion:** Arctic routes may be a reduction in capital invested per trip for companies.

**Third Conclusion:** These routes do not represent a safe journey, at the moment, for large cargo ships due to the draft and weather conditions, but in the future, they may be due to melting ice.

**Fourth Conclusion:** Lack of means of information on Arctic waters and safe infrastructure further reduce the chances of crossing them safely.

**Fifth Conclusion:** The lack of ports for foreign ships and the monopoly of icebreakers by coastal States mean that world trade is seriously undermined.

**Sixth Conclusion:** The short season of navigability and the ancient ice, make it very difficult to cross those waters today.

**Seventh Conclusion:** As thicker ice melts and IMO member countries invest in infrastructure and information completion; these routes will become as important as the Suez Canal in global trade.

## 7. Bibliografía

- [1] [https://es.wikipedia.org/wiki/Richard\\_Chancellor](https://es.wikipedia.org/wiki/Richard_Chancellor)
- [2] <https://rfull.ru/es/semen-dezhnev-lomanovich-n-dezhnev-i-popov-popov-i-dezhnev-otkrytiya-i-dostizheniya/>
- [3] [https://es-academic.com/dic.nsf/eswiki/1213226#Primera\\_expedici.C3.B3n\\_a\\_Kamchatka](https://es-academic.com/dic.nsf/eswiki/1213226#Primera_expedici.C3.B3n_a_Kamchatka)
- [4] <https://wellwo.es/el-deshielo-de-los-poplos-y-sus-consecuencias/>
- [5] <https://i0.wp.com/afanporsaber.com/wp-content/uploads/2010/01/detalle-mapa-artico.jpg?ssl=1>
- [6] <https://www.bbc.com/mundo/noticias-51281366>
- [7] <https://www.energyavm.es/que-consecuencias-tiene-el-derretimiento-de-los-polos/>
- [8] <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/la-especie-que-conquist-el-planeta-650/olas-destructivas-en-el-rtico-13555>
- [9] <https://definicionesyconceptos.com/geografia-del-artico-mapas-informacion>
- [10] Jensen, O. (2007) *The IMO Guidelines for Ships Operating in Arctic Ice-Covered Waters: From Voluntary to Mandatory Tool for Navigation Safety and Environmental Protection* – FNI-Report 2/2007
- [11] ENMIENDAS AL ANEXO DEL PROTOCOLO DE 1978 RELATIVO AL CONVENIO INTERNACIONAL PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN POR LOS BUQUES, 1973 (Adición de un nuevo capítulo 9 al Anexo I del Convenio MARPOL) (2010) Resolución MEPC.189(60) – Publicado por la OMI.
- [12] <https://www.imo.org/es/MediaCentre/PressBriefings/Paginas/02-Polar-Code.aspx>
- [13] DIRECTRICES PARA LOS BUQUES QUE NAVEGUEN EN AGUAS POLARES (2009) Resolución A.1024(26) – Publicado por la OMI.
- [14] Código Internacional para los Buques que operen en Aguas Polares (Código Polar) (2015) Resolución MEPC.264(68) – Publicado por la OMI.
- [15] DIRECTRICES SOBRE LA PLANIFICACIÓN DEL VIAJE EN LOS BUQUES DE PASAJE QUE NAVEGUEN POR ZONAS ALEJADAS (2007) Resolución A.999(25) – Publicado por la OMI.

- [16] <https://www.imo.org/es/MediaCentre/MeetingSummaries/Paginas/MSC-99th-session.aspx>
- [17] <https://www.imo.org/es/MediaCentre/MeetingSummaries/Paginas/MSC-101st-session.aspx>
- [18] <https://atalayar.com/content/cambio-clim%C3%A1tico-y-aproximaci%C3%B3n-de-las-potencias-al-%C3%A1rtico>
- [19] <https://www.mascontainer.com/wp-content/uploads/2018/09/Ruta-del-mar-del-norte-venta-maersk.jpg>
- [20] *The northern sea route: the shortest sea route linking East Asia and Europe* (2001) – Publicado por Ship and Ocean Foundation.
- [21] Ostreng, W; Eger, K; Floistad, B; y Jorgensen-Dahl, A. (2013) *Shipping in Arctic Waters: a comparison of the Northeast, Northwest and trans polar passages*.
- [22] [https://es.frwiki.wiki/wiki/Route\\_maritime\\_du\\_nord#Distance\\_Pacifique-Atlantique](https://es.frwiki.wiki/wiki/Route_maritime_du_nord#Distance_Pacifique-Atlantique)
- [23] <https://www.alamy.es/imagenes/transpolar.html>
- [24] Humbert, M y Raspotnik, A. (2012) *The Future and Arctic Shipping Along the Transpolar Sea Routes* – Publicado por Arctic Yearbook.
- [25] Google Maps y Elaboración propia
- [26] *Arctic Marine Shipping Assessment* (2009) – Publicado por Arctic Council Norwegian Chairmanship.
- [27] <http://www.arctis-search.com/Types+of+Vessels+in+the+Arctic>
- [28] *Ice Navigation in Canadian water* - Publicado por la Guardia Costera Canadiense
- [29] <http://www.histarmar.com.ar/Antartida/BuquesAntarticosLogisticos/AmericanTern.htm>
- [30] <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/2.6/help/mapping/properties/lambert-conformal-conic.htm>
- [31] <https://pro.arcgis.com/es/proapp/latest/help/mapping/properties/polyconic.htm>
- [32] <https://pro.arcgis.com/es/proapp/latest/help/mapping/properties/stereographic.htm>

## 8. Anexos

### 8.1. Abreviaturas

**OMI:** Organización Marítima Internacional.

**SOLAS:** Safety of Life at Sea

**MARPOL:** Convenio internacional para prevenir la contaminación de los buques.

**MSC:** Maritime Safety Committee.

**MEPC:** Marine Environment Protection Committee.

**STCW:** Standards of Training, Certification and Watchkeeping.

**TPM:** Tonelaje de Peso Muerto.

**GT:** Gross Tonnage.

**GPS:** Global Position System.

**MCTS:** Marine Communication and Traffic Services.

## Permiso de divulgación del Trabajo Final de Grado

El alumno **Xerach Delgado Diaz**, autor del trabajo final de Grado titulado “**Travesía por aguas polares**”, y tutorizado por la profesora **Amanda Peña Navarro**, a través del acto de presentación de este documento de forma oficial para su evaluación (registro en la plataforma de TFG), manifiesta que **PERMITE** la divulgación de este trabajo, una vez sea evaluado, y siempre con el consentimiento de su/s tutor/es, por parte de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, del Departamento de Ingeniería Civil, Náutica y Marítima y de la Universidad de La Laguna, para que pueda ser consultado y referenciado por cualquier persona que así lo estime oportuno en un futuro.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 4632086      Código de verificación: x3Cxdkjg

Firmado por: Amanda Peña Navarro  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 08/07/2022 19:51:56