



**Universidad  
de La Laguna**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
SECCIÓN DE NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

# **INFLUENCIA METEOROLÓGICA Y OCEANOGRÁFICA A LA NAVEGACIÓN**

**GRADO EN NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO**

**Alumno/a:** DANIEL RODRÍGUEZ LORENZO,  
ALEJANDRO FELIPE GUTIÉRREZ.

**Director:** Dr. D. José Agustín González Almeida

SEPTIEMBRE 2018

D. José Agustín González Almeida, Profesor de la UD de Ingeniería Marítima, perteneciente al Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna:

Expone que:

D<sup>o</sup>. **Alejandro Felipe Gutiérrez** con DNI 78728224-Y y D<sup>o</sup> **Daniel Rodríguez Lorenzo** con DNI 78722829-Q, han realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **“INFLUENCIA METEOROLÓGICA Y OCEANOGRÁFICA A LA NAVEGACIÓN”**.

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 02 de septiembre de 2018.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Agustín González Almeida', with a long horizontal flourish extending to the right.

Fdo.: José Agustín González Almeida.

Director del trabajo.



# CONTENIDO

---

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN A LA NAVEGACIÓN .....	11
1.1 DEFINICIÓN DE BARCO.....	11
1.1.1 PARTES DEL BARCO MÁS AFECTADAS POR INCLEMENCIAS METEOROLÓGICAS Y OCEANOGRÁFICAS. ....	11
1.1.2 RESPUESTAS DEL BUQUE ANTE LAS INCLEMENCIAS METEOROLÓGICAS.....	22
1.2 INFLUENCIA DEL VIENTO.....	24
1.2.1 VIENTO REAL Y VIENTO APARENTE.....	24
1.2.2 PRINCIPIO DE BERNOULLI. ....	24
1.2.3 RESISTENCIA AL AVANCE.....	25
CAPÍTULO II: METEOROLOGÍA .....	27
2.1 VARIABLES METEOROLÓGICAS. ....	27
2.2 VIENTO. ....	28
2.2.1 FORMACIÓN DEL VIENTO.....	28
2.2.2 DISTRIBUCIÓN GLOBAL DEL VIENTO. ....	29
2.2.3 VIENTO GEOSTRÓFICO. ....	31
2.2.4 VIENTO DE GRADIENTE. ....	32
2.2.5 VIENTOS DE SUPERFICIE.....	34
2.2.6 VIENTOS LOCALES. ....	35
2.2.7 BRISA DEL MAR Y TERRESTRE. ....	35
2.2.8 FUENTES DE CALOR Y FRÍO. ....	36
2.2.9 FORMACIONES GEOGRÁFICAS.....	37
2.3 OTROS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS. ....	38
2.3.1 PRECIPITACIÓN.....	38
2.3.2 NUBES Y NIEBLAS. ....	39
2.3.3 TORMENTAS.....	39
CAPÍTULO III: OCEANOGRAFÍA .....	41
3.1 CONTENIDOS OCEANOGRÁFICOS. ....	41
3.2 OLAS. ....	43
3.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS OLAS.....	44
3.2.2 FORMACIÓN DE LAS OLAS Y FACTORES DE CRECIMIENTO.....	44
3.2.3 GRÁFICO DE LA ALTURA DE LAS OLAS.....	46

3.2.4 VIENTO EN EL MAR Y MAR DE FONDO.....	47
3.3 CORRIENTES MARINAS.....	48
3.3.1 DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE CORRIENTES MARINAS. ....	48
3.3.2 GEOGRAFÍA.....	55
CAPÍTULO IV: MÉTODOS DE PREDICCIÓN EN METEOROLOGÍA Y OCEANOGRAFÍA.....	57
4.1 PREVISIÓN DE DATOS.....	57
4.1.1 DATOS METEOROLÓGICOS.....	57
4.1.2 DATOS OCEANOGRÁFICOS. ....	59
4.2 DIFERENTES MÉTODOS DE PRONÓSTICO.....	60
4.2.1 MÉTODO DE PERSISTENCIA.....	61
4.2.2 MÉTODOS DE TENDENCIAS.....	62
4.2.3 CLIMATOLOGÍA.....	63
4.2.4 MÉTODO ANALÓGICO. ....	64
4.2.5 PREDICCIÓN NUMÉRICA DEL TIEMPO.....	65
4.2.6 MEJOR MÉTODO. ....	66
4.3 DIFERENTES SISTEMAS DE VISUALIZACIÓN DE PRONÓSTICO.....	67
4.3.1 OBSERVACIÓN DIRECTA. ....	67
4.3.2 TRANSMISIÓN DE RADIO O TELEVISIÓN. ....	70
4.3.3 APLICACIONES DE TELÉFONOS MÓVILES. ....	70
4.3.4 PÁGINAS WEB EN LÍNEA.....	71
4.3.5 PROGRAMA BASADO EN ARCHIVOS GRIB.....	72
CAPÍTULO V: EFECTOS DE LA METEOROLOGÍA Y OCEANOGRAFÍA EN LA NAVEGACIÓN..	77
5.1 MOVIMIENTO Y OSCILACIÓN DEL BUQUE. ....	79
5.2 EQUILIBRIO Y ESTABILIDAD DEL BUQUE ENTRE OLAS. ....	80
CAPÍTULO VI: ACCIDENTES MARINOS POR CAUSAS METEOROLÓGICAS Y OCEANOGRÁFICAS .....	85
CAPÍTULO VII: PREVENCIÓN Y PREPARACIÓN ANTE INCLEMENCIAS METEOROLÓGICAS Y OCEANOGRÁFICAS .....	89
7.1 PROCEDIMIENTO NAVEGACION CON MAL TIEMPO EN BUQUE RO-PAX.....	90
7.2 PROCEDIMIENTO PARA NAVEGACIÓN CON VISIBILIDAD REDUCIDA.....	95
THE PERSON IN CHARGE .....	99
CONCLUSIONES .....	101
BIBLIOGRAFÍA.....	103

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

---

Ilustración 1. Casco de un buque. <a href="https://ingenieromarino.com/">https://ingenieromarino.com/</a> .....	12
Ilustración 2. Tipos de proa. <a href="https://ingenieromarino.com/">https://ingenieromarino.com/</a> .....	13
Ilustración 3. Tipos de popa. <a href="https://ingenieromarino.com/">https://ingenieromarino.com/</a> .....	13
Ilustración 4. Partes principales de un buque- <a href="https://ingenieromarino.com/">https://ingenieromarino.com/</a> ...	14
Ilustración 5. Roda, bulbo y quilla de un buque. <a href="https://ingenieromarino.com/">https://ingenieromarino.com/</a>	14
Ilustración 6. Proa en construcción (maqueta). <a href="https://ingenieromarino.com/">https://ingenieromarino.com/</a> ....	15
Ilustración 7. Popa en construcción (maqueta). <a href="https://ingenieromarino.com/">https://ingenieromarino.com/</a> .	15
Ilustración 8. Partes de la estructura de un buque (maqueta). <a href="https://ingenieromarino.com/">https://ingenieromarino.com/</a> .....	16
Ilustración 9. Borda de un buque. <a href="https://ingenieromarino.com/">https://ingenieromarino.com/</a> .....	16
Ilustración 10. Calado de proa 40 = 4 metros. <a href="https://ingenieromarino.com/">https://ingenieromarino.com/</a> ....	18
Ilustración 11. Líneas de carga. <a href="https://ingenieromarino.com/">https://ingenieromarino.com/</a> .....	19
Ilustración 12. Disco Plimsoll. <a href="https://ingenieromarino.com/">https://ingenieromarino.com/</a> .....	19
Ilustración 13. Obra viva y obra muerta. <a href="https://ingenieromarino.com/">https://ingenieromarino.com/</a> .....	20
Ilustración 14. Casco de doble fondo. <a href="https://ingenieromarino.com/">https://ingenieromarino.com/</a> .....	20
Ilustración 15. Mamparos de un buque en construcción. <a href="https://ingenieromarino.com/">https://ingenieromarino.com/</a> .....	21
Ilustración 16. Estructura interna del casco. <a href="https://ingenieromarino.com/">https://ingenieromarino.com/</a> .....	21
Ilustración 17. Viento aparente (abatimiento)- <a href="https://sailandtrip.com">https://sailandtrip.com</a> .....	24
Ilustración 18. Efecto Bernoulli- <a href="https://hernanleon1002.wordpress.com/fisica-de-fluidos-y-termodinamica/">https://hernanleon1002.wordpress.com/fisica-de-fluidos-y-termodinamica/</a> .....	25
Ilustración 19. Distribución global del viento- <a href="http://meteobasica.blogspot.com/">http://meteobasica.blogspot.com/</a> .....	30
Ilustración 20. Movimiento y presión del viento geostrófico- <a href="https://www.hko.gov.hk/">https://www.hko.gov.hk/</a> .....	32
Ilustración 21. Movimiento y presión del movimiento de gradient- <a href="http://ww2010.atmos.uiuc.edu">http://ww2010.atmos.uiuc.edu</a> .....	33
Ilustración 22. Movimiento y presión del viento de superficie- <a href="http://ww2010.atmos.uiuc.edu">http://ww2010.atmos.uiuc.edu</a> .....	34

Ilustración 23. Movimiento de la brisa de mar y terrestre- <a href="https://en.wikipedia.org">https://en.wikipedia.org</a> .....	36
Ilustración 24. Espiral de Ekman- <a href="http://www.wikiwand.com/">http://www.wikiwand.com/</a> .....	49
Ilustración 25. Circulación global y oceánica- <a href="http://blog.nuestroclima.com/">http://blog.nuestroclima.com/</a> .....	51
Ilustración 26. Corrientes superficiales globales- <a href="http://regentse.dot5hosting.com/">http://regentse.dot5hosting.com/</a> .....	52
Ilustración 27. Fuerza ejercida por la luna- <a href="http://www.boatsafe.com/">http://www.boatsafe.com/</a> .....	53
Ilustración 28. Bajamar- <a href="https://es.wikipedia.org">https://es.wikipedia.org</a> .....	54
Ilustración 29. Dirección y velocidad del viento- <a href="https://www.tiempo.com/">https://www.tiempo.com/</a> .....	58
Ilustración 30. Predicción de la ola- <a href="http://rodamedia.com/meteo/meteomarina">http://rodamedia.com/meteo/meteomarina</a> .....	59
Ilustración 31. Corriente entrante y vaciante- <a href="https://tidesandcurrents.noaa.gov">https://tidesandcurrents.noaa.gov</a> .....	60
Ilustración 32. Observación de una tormenta- <a href="http://culturainquieta.com">http://culturainquieta.com</a> .....	69
Ilustración 33. Diferencias en la textura de la superficie del agua- <a href="http://madnessofthereckless.blogspot.com/">http://madnessofthereckless.blogspot.com/</a> .....	69
Ilustración 34. Archivos Grib- <a href="http://rodamedia.com/meteo/meteomarina/">http://rodamedia.com/meteo/meteomarina/</a> .....	74
Ilustración 35. Esfuerzos estructurales del buque- <a href="https://www.enc.es/">https://www.enc.es/</a> .....	78
Ilustración 36. Gráfico, movimiento y oscilación del buque- <a href="https://desdegetxo.blogspot.com">https://desdegetxo.blogspot.com</a> .....	80
Ilustración 37: Par adrizante y estabilidad. <a href="http://estabilidadbuque.blogspot.com/">http://estabilidadbuque.blogspot.com/</a> .....	81
Ilustración 38. Equilibrio estable- <a href="http://estabilidadbuque.blogspot.com/">http://estabilidadbuque.blogspot.com/</a> .....	82
Ilustración 39. Equilibrio inestable- <a href="http://estabilidadbuque.blogspot.com/">http://estabilidadbuque.blogspot.com/</a> .....	82
Ilustración 40. Equilibrio inexistente- <a href="http://estabilidadbuque.blogspot.com/">http://estabilidadbuque.blogspot.com/</a> ...	83
Ilustración 41. Accidentes marinos- <a href="http://tecnologia-maritima.blogspot.com">http://tecnologia-maritima.blogspot.com</a> ..	86
Ilustración 42. Toya Maru. <a href="https://www.britannica.com/">https://www.britannica.com/</a> .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. Escala Beaufort- <a href="https://twitter.com/MeteoAste">https://twitter.com/MeteoAste</a> .....	29
Tabla 2. Escala Douglas- <a href="http://manualdeestiloempresarial.blogspot.com/">http://manualdeestiloempresarial.blogspot.com/</a> .....	43
Tabla 3. Persistencia y Fetch- <a href="https://repositorio.aemet.es/">https://repositorio.aemet.es/</a> .....	46
Tabla 4. Páginas web de ayuda a la navegación- <a href="https://www.meteorologiaenred.com/windguru-tarifa.html">https://www.meteorologiaenred.com/windguru-tarifa.html</a> .....	72
Tabla 5. Tabla de datos meteorológicos- <a href="http://rodamedia.com/meteo/meteomarino">http://rodamedia.com/meteo/meteomarino</a> .....	75





## INTRODUCCIÓN

---

El objetivo de este trabajo es crear una guía sobre la influencia que ejerce en la navegación, los fenómenos meteorológicos y oceanográficos. Destinado tanto para los navegantes de buques convencionales, como para marinos que practiquen regatas de velas, siendo de vital importancia conocer la predicción del tiempo atmosférico y el estado de la mar antes de salir a navegar.

La primera parte del proyecto es una guía descriptiva para proporcionar al lector los conocimientos necesarios en las distintas tareas del proyecto: navegación, navegación a vela, fenómenos meteorológicos y oceanográficos. La segunda parte del proyecto es un estudio de diferentes métodos utilizados en las previsiones meteorológicas y oceanográficas.

Este estudio llega a varias conclusiones. Cada uno de los diferentes métodos de pronóstico resulta mejor para la predicción de fenómenos meteorológicos u oceanográficos específicos, o por un intervalo de tiempo de predicción diferente. Por otro lado, se comprueba que los fenómenos meteorológicos y oceanográficos que afectan la capacidad de navegación de un buque son el viento, las olas y las corrientes marinas.

Se observa también que cada tipo de barco, dependiendo de su diseño y características, tiene un mejor desempeño en diferentes condiciones de viento y olas, dependiendo tanto de su dirección como de su intensidad. Así, se puede concluir que el mejor uso que puede darse a los pronósticos, es encontrar la dirección adecuada que debe tomar el buque y sufrir así la menor resistencia posible del viento y las olas, llegando a su destino en el menor tiempo posible.

En la tercera y última parte del proyecto se estudiarán los posibles accidentes de buques por el efecto meteorológico y oceanográfico, así como los recursos o prevenciones de estiba que se deben realizar antes de navegar. Además, se incorporará un procedimiento de actuación en un buque RO-PAX, en caso de una navegación con mal tiempo o una navegación con visibilidad reducida.



# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN A LA NAVEGACIÓN

---

En el momento de explicar el comportamiento de nuestra embarcación cuando se encuentra sometida a las inclemencias meteorológicas, debemos considerar una serie de factores técnicos de la propia embarcación que son de suma importancia. El presente capítulo realizará una recopilación de aquellos términos y partes más importantes de una embarcación que debemos conocer, de cara a comprobar posteriormente su relación con los efectos de la meteorología sobre el mismo.

Para ello, iniciaremos el primer capítulo con una definición de buque, las partes del buque que se ven afectadas a las inclemencias meteorológicas, y a su vez, los tipos de buques que se ven más afectados por dichas inclemencias, ya sea el viento, los golpes de mar, etc.

## 1.1 DEFINICIÓN DE BARCO.

Definiremos buque cómo todo objeto destinado y preparado para navegar, y que debe poseer las siguientes características: flotabilidad, navegabilidad, estructura impermeable y estructura resistente.

### 1.1.1 PARTES DEL BARCO MÁS AFECTADAS POR INCLEMENCIAS METEOROLÓGICAS Y OCEANOGRÁFICAS.

Las partes de un barco que se ven más influenciadas por las inclemencias meteorológicas y oceanográficas las nombraremos a continuación con una breve explicación de cómo se ven afectadas cada una de ellas.

- **CASCO:** Cuerpo estructural del buque, su requisito esencial es la forma adecuada para la flotabilidad y navegación, además de la resistencia estructural del casco para resistir las inclemencias meteorológicas y oceanográficas. Lo que más afecta al casco son los golpes de mar, es decir, el oleaje.

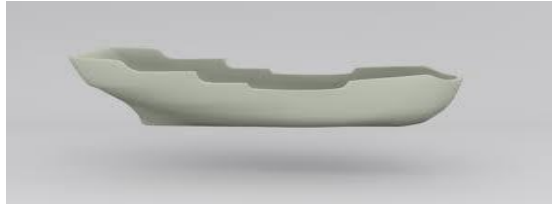


Ilustración 1. Casco de un buque. <https://ingenieromarino.com/>

- **PROA:** Parte delantera del buque, la cual debe tener la forma adecuada para cortar con la menor resistencia posible la masa líquida por la que se desplazará el buque, ya sea salada o dulce. Los tipos de proa que existen ofrecerán mayor o menor resistencia al avance, cuando el buque se encuentre con mal tiempo, ya que dependiendo del tipo de proa, cortará mejor o de peor manera las olas que encontremos al ir adelante.

- Proa Lanzada: Mucha frecuencia en los barcos de pesca, en los cuales también es frecuente usar la combinación entre una proa recta en la obra viva y una proa lanzada en la obra muerta.
- Proa Recta: Utilizada de forma universal en la época pasada, en la actualidad son cruceros como el Aida, los que utilizan este tipo de proa.
- Proa Trawler: Muy utilizada en buques de pesca de altura.
- Proa de Violín: Conocida como proa de yates y clíper.
- Proa de Bulbo: Su nombre deriva de la construcción con forma de bulbo que se instala en la proa de los buques de gran tonelaje para cortar el oleaje y tener una menor resistencia al avance.
- Proa Maier o de Cuchara: Tipo de proa lanzada, con formas en V muy abiertas, que presentan buenas características marineras, aunque con mal tiempo atenúa poco el movimiento de cabeceo, y disminuye la capacidad de carga en el tercio de la proa.

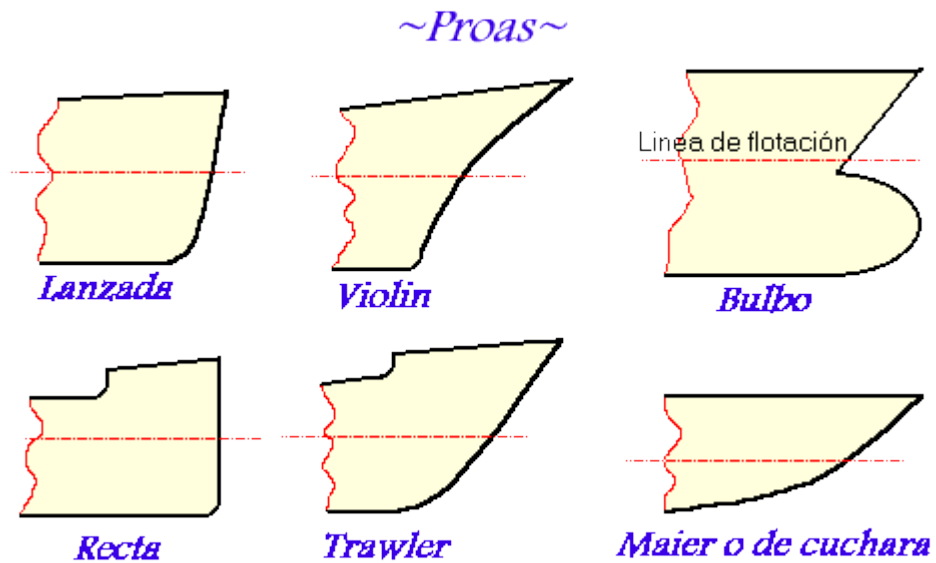


Ilustración 2. Tipos de proa. <https://ingenieromarino.com/>

- **POPA:** Parte trasera del buque en la cual se encuentran los sistemas de propulsión del buque y de maniobrabilidad (timón). Se ve muy influenciada cuando los golpes de mar, golpean al buque por la popa realizando un empuje sobre el barco, además, debemos tener en cuenta la influencia que el oleaje puede tener sobre nuestro sistema de propulsión y sistema de maniobrabilidad.

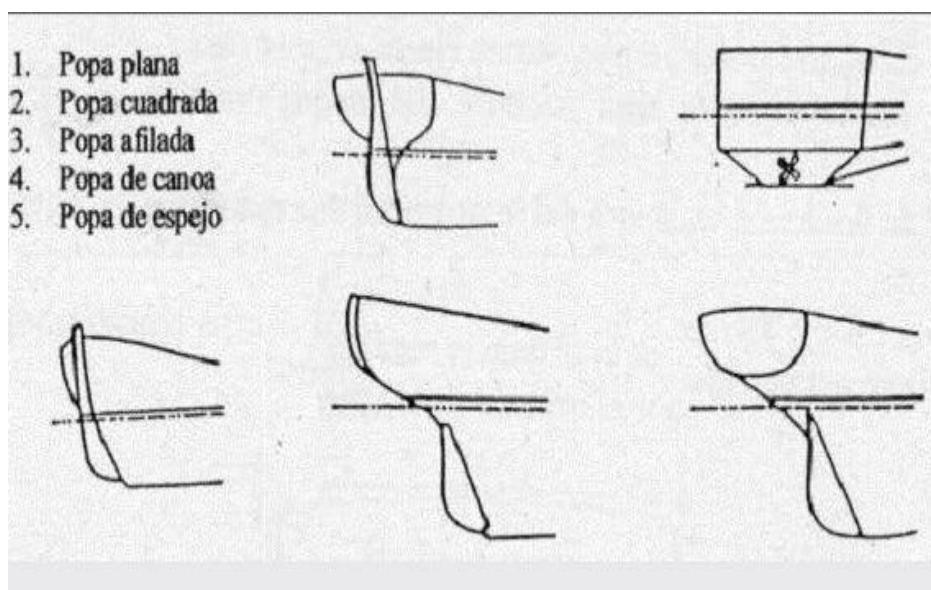


Ilustración 3. Tipos de popa. <https://ingenieromarino.com/>

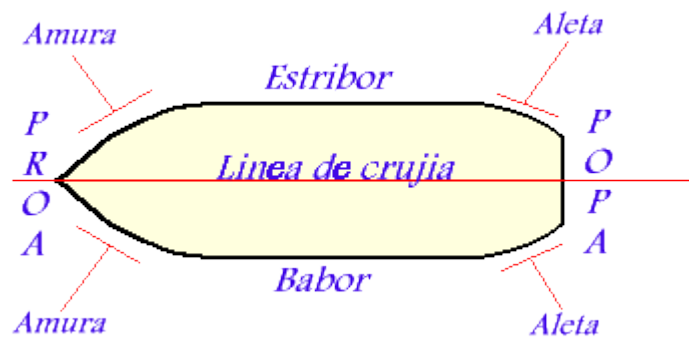


Ilustración 4. Partes principales de un buque- <https://ingenieromarino.com/>

- **AMURA Y ALETA:** Son las partes del casco que unen las bandas de un barco con la proa y la popa del mismo. Los golpes de mar son los que tendrían mayor influencia sobre las partes del barco, ya que sobre todo la amura es la parte con la que atacaremos las olas, para obtener menor resistencia sobre nuestro avance, ya que, dependiendo del ángulo de ataque con el que atacemos a la ola, nuestro barco sufrirá un menor o mayor balanceo y cabeceo y por consiguiente, si obtenemos un menor balanceo o cabeceo de nuestro buque, protegeremos el buque de un posible corrimiento de la carga.

- **QUILLA:** Pieza longitudinal de gran resistencia que va de proa a popa a lo largo del eje longitudinal de simetría del buque y por el fondo del mismo, soporta mucho esfuerzo. Se vería influenciada estructuralmente ante los golpes de mar, sobre todo en los senos y las crestas de las olas, ya que los golpes que sufre dañan la estructura del buque.



Ilustración 5. Roda, bulbo y quilla de un buque. <https://ingenieromarino.com/>

- **RODA:** Pieza que acaba el casco por su parte de proa, uniéndose en su parte inferior con la quilla. Al igual que la quilla y la proa del buque, sufre los impactos de las olas, influenciando sobre la parte estructural del buque, por lo que, cuanto más resistente sea ante las inclemencias oceanográficas, menor será la influencia sobre las partes estructurales del buque.



Ilustración 6. Proa en construcción (maqueta). <https://ingenieromarino.com/>

- **CODASTE:** Extremo de la popa del barco que se une en la parte inferior con la quilla. El codaste también sirve de apoyo y permite el giro del timón. Al igual que la roda el codaste se ve influenciado por los golpes de mar que actúan por la popa, pudiendo afectar en el sistema de maniobra del buque o en el sistema de propulsión.



Ilustración 7. Popa en construcción (maqueta). <https://ingenieromarino.com/>



- **PANTOQUE:** Parte curva del casco, situada en la zona inferior y une el fondo y el forro exterior. Cuando las olas actúen por el costado de nuestro barco, cosa que debemos evitar si no queremos llegar a un estado de zozobra, el pantoque y la zona estructural del casco, se verían influenciadas por el movimiento de balanceo que ejercen los golpes de mar sobre el barco.



Ilustración 8. Partes de la estructura de un buque (maqueta). <https://ingenieromarino.com/>

- **BORDA:** Protege la mercancía y el personal para que no caiga al mar, puede ser abierta o cerrada. En situaciones de mal tiempo, es una parte importante, ya que evita caídas al mar tanto de la tripulación que se encuentre realizando tareas en cubiertas, como el pasaje en un buque de pasaje o la mercancía que se encuentra en cubierta de un portacontenedores por ejemplo.



Ilustración 9. Borda de un buque. <https://ingenieromarino.com/>

Todas las partes que nombraremos a continuación, deben ser conocidas, ya que son partes del barco que debemos tener en cuenta antes de zarpar con mal tiempo, es decir, debemos tener claro, cual es la capacidad de máxima carga, la línea de máxima carga y de francobordo, y el calado exacto que debemos mantener para una navegación segura y dependiendo del agua por la que vayamos a navegar.

- **CAPACIDAD Y PESOS:**

- **ARQUEO:** Volumen o capacidad de un barco cerrado. La suma de todos los espacios cerrados (casco, ciudadela...) es el arqueo bruto.

- **ARQUEO NETO:** Capacidad comercialmente aprovechable de una embarcación.

- **PESO MUERTO:** Tripulación, equipaje, víveres, combustible, agua, provisiones, repuestos...

- **PESO EN ROSCA:** Peso del buque sin ningún tipo de carga.

- **CALADOS:** Altura desde la quilla y la superficie de flotación.

- **CPR (CALADO DE PROA):** calado medido en la perpendicular de proa.

- **CPP (CALADO DE POPA):** calado medido en la perpendicular de popa.

- **CM (CALADO MEDIO):** media entre los dos calados de proa y popa.



Ilustración 10. Calado de proa 40 = 4 metros. <https://ingenieromarino.com/>

- **ESCALAS:** El calado en la foto corresponde a 4.0 metros. La altura del número es de 10 cm, por eso si el 40 estuviese completamente tapado, el calado sería de 4.1 metros; si el calado llega justo a la base del 42, el calado será de 4.2 metros. El calado en pies se indica con números romanos. Cada número tiene una altura de 6 pulgadas. Entre números hay 12 pulgadas, que equivalen a 1 pie.

- Escala Anglosajona (Pie):

$$1' (\text{pie}) = 0.3048 (\text{metros})$$

$$1' = 12'' (\text{pies})$$

$$1 (\text{braza}) = 6(\text{pies})' = 1.80(\text{metros})$$

\*Si el buque mide más de 80 metros las escalas se escriben en el medio.

- **FRANCO BORDO:** Diferencia entre calado y puntal. Distancia medida desde la línea de flotación hasta la cubierta.

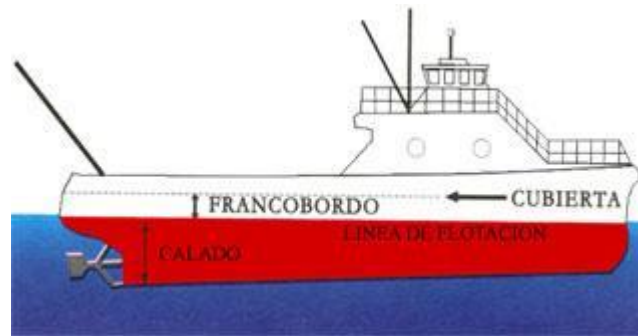


Ilustración 11. Líneas de carga. <https://ingenieromarino.com/>

- **LÍNEAS DE CARGA:** Trazos horizontales, grabados y pintados en ambos costados cuyos bordes superiores señalan cuál es la flotación máxima que el buque puede alcanzar, según la época del año y la zona donde navegue. Estas líneas se grababan en la proa y centro del buque.
- **LÍNEA DE MÁXIMA CARGA:** Aquella hasta la cual el buque puede ir sumergido sin peligro alguno para la navegación.
- **DISCO PLIMSOLL:** marca que expone el calado máximo de seguridad (mínimo franco-bordo), está formado por un disco de 300 milímetros.

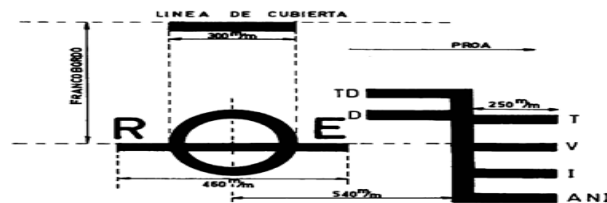


Ilustración 12. Disco Plimsoll. <https://ingenieromarino.com/>

- \***TD:** Trópico de agua dulce.
- \***D:** Agua dulce.
- \***T:** Trópico.
- \***V:** Verano.
- \***I:** Invierno.
- \***ANI:** Invierno Atlántico Norte (al norte del paralelo 36º N).

Los barcos de más de 100m no llevan ANI.

- **OBRA VIVA:** Parte del barco sumergida.
- **OBRA MUERTA:** Parte del barco por encima del agua.

\*Siempre tomando de referencia la línea de flotación del barco.

- **CARENA:** La superficie o volumen de carena es la parte o volumen sumergida de un barco.

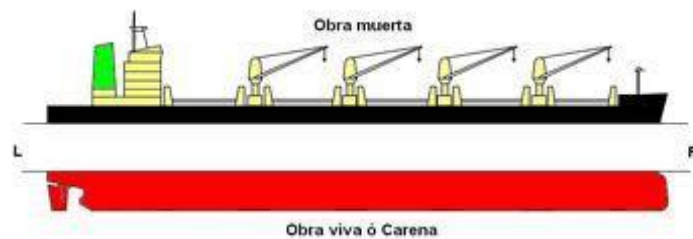


Ilustración 13. Obra viva y obra muerta. <https://ingenieromarinero.com/>

- **DOBLE FONDO:** Protege las cargas contra la contaminación en caso de varado se protege al barco de una inundación progresiva, también sirve para meter agua y lastre al barco para que minimice los movimientos en tormentas o en atraques y desatraques.



Ilustración 14. Casco de doble fondo. <https://ingenieromarinero.com/>

- **VAGRA:** Miembro estructural longitudinal paralelo a la quilla que refuerza el casco contra la flexión que realice el buque o su estructura para ser más exactos, al verse influenciado por las inclemencias sobre todo oceanográficas.

- **MÁMPAROS:** Paredes o tabiques del barco. Pueden ser transversales o longitudinales, sirven de ayuda para reforzar la estructura del buque y para dividir las cargas en bodegas y evitar el corrimiento de carga, lo que influirá en caso de mal tiempo a la navegación de nuestro buque.

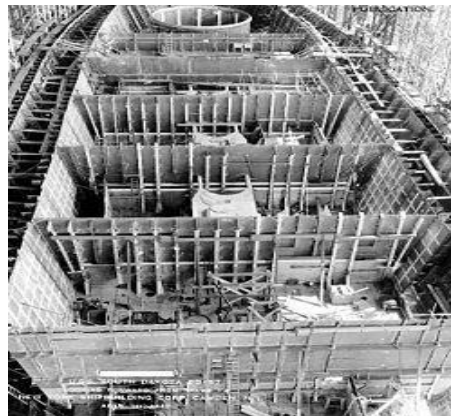


Ilustración 15. Mamparos de un buque en construcción. <https://ingenieromarino.com/>

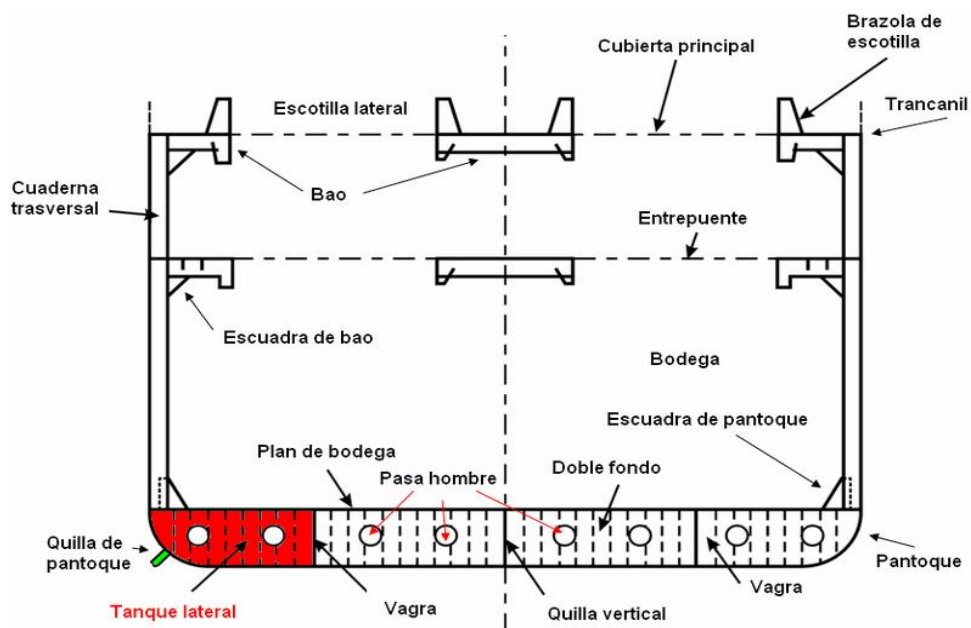


Ilustración 16. Estructura interna del casco. <https://ingenieromarino.com/>

### 1.1.2 RESPUESTAS DEL BUQUE ANTE LAS INCLEMENCIAS METEOROLÓGICAS.

Las partes de los barcos que se ven más afectadas por las inclemencias meteorológicas, serían la proa y la popa, debido a los efectos de las olas al impactar en el casco del barco, la desaceleración que sufre el mismo cuando actúa por la proa y la aceleración que sufre cuando las olas chocan por la popa. Además, dependiendo del tipo de proa que disponga el buque, afectará con mayor o menor influencia en el avance del mismo, ya que por ejemplo un buque con bulbo en la proa atravesaría con mayor facilidad las olas que un buque que disponga de una proa en forma de lanzada o violín.

El viento es el causante de la formación de las olas al desplazarse por la superficie del agua, por lo que, si el viento incrementa y su persistencia se mantiene constante en una misma dirección, hará que las olas aumenten y ganen altura en la misma proporción y pueden generar accidentes en buques con mucha o poca obra muerta. La influencia del viento desviará el rumbo del barco, lo que se conoce como abatimiento, además de la resistencia al avance que generan las olas al golpear en la proa de nuestro barco, estos dos factores como son las olas y el viento pueden producir un asiento importante tanto a proa como a popa, y un balanceo del buque que pueda llevarlo a una escora importante y por consiguiente a un estado de zozobra, ya sea por un corrimiento de la carga o un embarque de agua.

En navegación, existen tres efectos producidos por la ola y que ejerce sobre nuestro buque, estos tres efectos son los siguientes:

- CABECEO: rotación sobre el eje transversal del buque.
- GUIÑADA: rotación sobre el eje vertical del buque.
- BALANCE: rotación sobre el eje longitudinal del buque.

Para contrarrestar estos tres efectos es de vital importancia saber cuál es el mejor ángulo de ataque con el que debemos enfrentarnos a los golpes de mar. El ángulo comprendido entre la proa y la amura que se encuentre en el costado

barlovento de nuestro buque, sería el mejor ángulo de ataque, para que los tres efectos ejercidos por la ola en nuestro buque se vean menguados.

Por otra parte, los buques que tengan poco calado, tendrán mucha mayor influencia con olas, ya que el cabeceo y balanceo del buque sería mucho mayor que en un buque con un calado más grande. Un buque con un calado mínimo que se encuentre con un mar de fondo muy fuerte y con olas que sobrepasen una altura de siete metros, podría verse ante un peligro de zozobra y posteriormente el hundimiento del barco.

Es de vital importancia antes de zarpar tener en cuenta la meteorología y oceanografía, ya que podemos iniciar la ruta con un mar en calma, pero no siempre estará en ese estado, ya sea por el cambio que genere el viento, una tormenta, etc. por lo que nuestro calado puede disminuir y por consiguiente tener un embarque de agua. Además, debemos tener en cuenta el francobordo de nuestro buque y la línea de carga máxima cuando se trate de buques de cualquier tipo de carga, ya que con mal tiempo y mala mar, podemos llegar a disminuir la distancia de nuestro calado, línea de flotación y línea de carga máxima.

En cuanto a la resistencia de la estructura del buque, decimos que cuando el buque impacta para introducir la proa en el agua, dicho impacto se transmite a toda la estructura del buque como si se tratase de una viga continua. En el momento del impacto, dicha viga flexiona en un sentido y en el momento que el barco intenta volver a su punto de rigidez dicha viga flexiona en sentido contrario, el resultado de esta flexión será una vibración en toda la eslora del buque.



## 1.2 INFLUENCIA DEL VIENTO.

### 1.2.1 VIENTO REAL Y VIENTO APARENTE.

El viento real es el que sentiríamos cuando el buque se encuentra parado. A medida que el buque avanza genera su propio flujo de viento debido a su velocidad, este viento generado se suma o se resta al viento real y la resultante sería lo que se conoce como viento aparente.

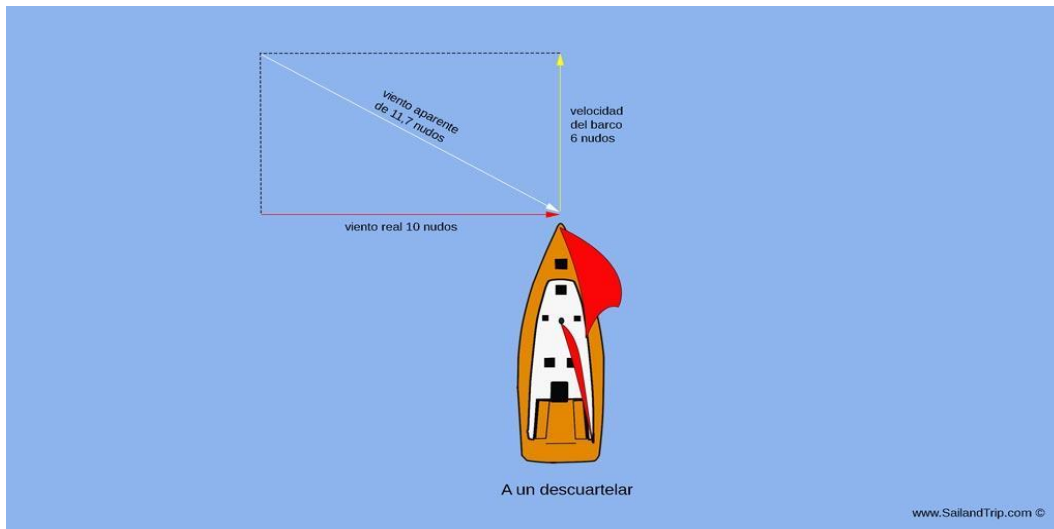


Ilustración 17. Viento aparente (abatimiento)-<https://sailandtrip.com>

### 1.2.2 PRINCIPIO DE BERNOULLI.

A partir del principio o teorema de Bernoulli, trataremos la relación entre la velocidad de un fluido y su presión, las cuales van relacionadas simultáneamente, es decir, si la velocidad del fluido aumenta, su presión disminuirá simultáneamente.

El viento puede ser considerado como el movimiento de un fluido, por lo que si la velocidad del viento aumenta, la presión del aire en la zona disminuirá.

Aplicaremos el teorema de Bernoulli al flujo sobre superficies, como las alas de un avión o las hélices de un barco.

Las alas están diseñadas para que obliguen al aire a fluir con mayor velocidad sobre la superficie superior que sobre la inferior, por lo que la presión sobre esta última es mayor que sobre la superior. Esta diferencia de presión proporciona la fuerza de sustentación que mantiene al avión en vuelo.

Una hélice también es un plano aerodinámico, es decir, tiene forma de ala. En este caso, la diferencia de presión que se produce al girar la hélice proporciona el empuje que impulsa al barco. El teorema de Bernoulli también se emplea en las toberas, donde se acelera el flujo reduciendo el diámetro del tubo, con la consiguiente caída de presión. Asimismo se aplica en los caudalímetros de orificio, también llamados Venturi, que miden la diferencia de presión entre el fluido a baja velocidad que pasa por un tubo de entrada y el fluido a alta velocidad que pasa por un orificio de menor diámetro, con lo que se determina la velocidad de flujo y, por tanto, el caudal.

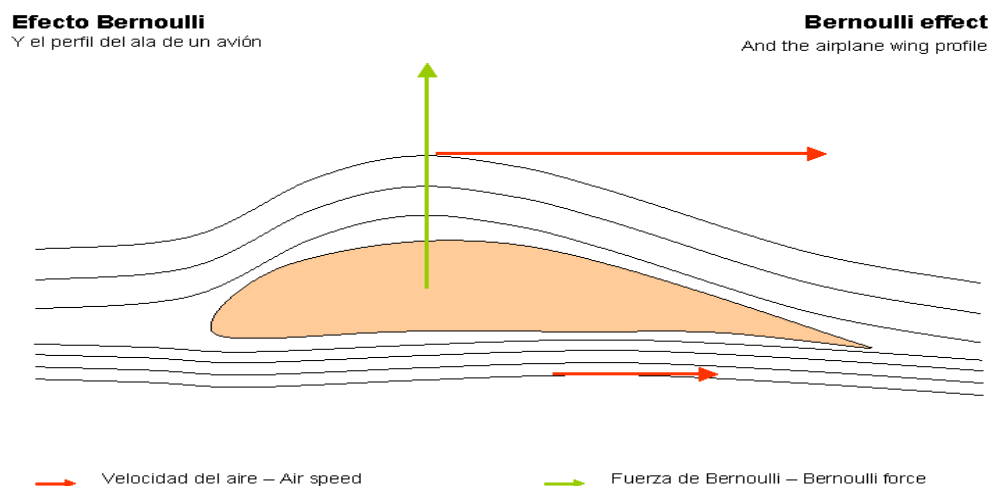


Ilustración 18. Efecto Bernoulli-<https://hernanleon1002.wordpress.com/fisica-de-fluidos-y-termodinamica/>

### 1.2.3 RESISTENCIA AL AVANCE.

Los factores que influyen en la resistencia al avance de un barco son dos:

El primero es la fricción producida por el viento que golpea la superestructura del buque, casco y todas sus partes en general.

La fuerza y dirección del viento que más se debe tener en cuenta a la hora de analizar la resistencia al avance, es la del viento aparente, ya que es el que realmente influye en el avance de un buque. La fricción del viento aparente debe ser separada a su vez en dos componentes: El componente lateral, el cual tendrá un efecto sobre el buque provocando una escora. Y el componente longitudinal,

puede tener un impacto positivo o negativo sobre el buque, ya que si el viento llega desde popa, el buque sufrirá un aumento de su velocidad, mientras que si el viento es de proa, el buque sufrirá una disminución de su velocidad.

El segundo factor que influye en el avance de un buque, sería la fricción producida por el agua. El componente transversal ayuda al buque a navegar hacia delante. Dicho componente contrarresta la fricción del viento y se forma por la fricción en la quilla y en el centro del buque. Por otro lado, el componente longitudinal, es opuesto siempre a la velocidad del barco, por lo que se verá reducida. Dicha fricción depende de la velocidad con la que pasa el agua a través del casco del buque, que depende a su vez de la velocidad de las corrientes, pero sobre todo de la velocidad del buque. Este componente también depende de la forma del casco, del coeficiente de fricción de los materiales y del volumen de casco que haya sumergido.

Un último componente que influye en la resistencia al avance del buque, es la resistencia que generan las olas del mar. Cuando un buque navega, se crean una serie de olas llamadas olas de desplazamiento dependiendo de la configuración del casco del buque. Normalmente aparece un pico de la ola en la proa del barco y otra en la popa del barco, por lo que decimos que el buque está atrapado entre dos olas. La velocidad de estas olas determinará la velocidad máxima del buque, la cual depende también de la eslora total del buque.

Las olas producen un tipo específico de resistencia y afecta a la velocidad del buque, pero esto es más complejo y muy importante para nuestro proyecto, por lo que será mejor explicado en el capítulo 6.

## CAPÍTULO II: METEOROLOGÍA

---

Cuando hablamos de meteorología, decimos que es el estudio de los fenómenos atmosféricos y de los diferentes mecanismos que producen el tiempo, orientado a su predicción.

Nuestro objetivo es conocer cómo afectan los diferentes pronósticos meteorológicos a la navegación. No todos son de vital importancia, por lo que, mencionaremos los que más influencia tienen para la navegación como son las variables meteorológicas.

### 2.1 VARIABLES METEOROLÓGICAS.

Las principales variables meteorológicas que afectan directamente a la navegación, son la temperatura, humedad y presión.

Todas estas variables meteorológicas por separado no tienen relevancia para la navegación. Su principal efecto que tienen, es el cambio que producen en la densidad del aire. Ya que, a mayor temperatura menor será la densidad del aire porque las moléculas de aire caliente repelen a las otras; a mayor presión mayor densidad del aire debido a que las moléculas del aire son empujadas unas contra otras; a mayor humedad menor presión, porque el vapor de agua es menos denso que el aire. La densidad del aire determina con cuánta fuerza friccionará el viento con las superestructuras de un buque.

La humedad y la temperatura tienen un impacto importante en cuanto a la resistencia de los materiales a bordo se refiere, ya que una humedad muy alta o temperaturas extremas, pueden dañar los equipos y materiales a bordo. Además, pueden afectar a la actitud de la tripulación, al trabajar en condiciones extremas ya sea por altas temperaturas o temperaturas bajo cero.

En conclusión, la variación de las variables meteorológicas son el origen de todos los fenómenos meteorológicos que suceden, por lo que, indirectamente tienen un efecto muy importante para la navegación. Así mismo, a continuación

explicaremos los principales fenómenos meteorológicos que suceden a partir de esta variación.

## 2.2 VIENTO.

El viento es el movimiento horizontal del aire, definido por su velocidad y dirección, siendo uno de los fenómenos con mayor influencia para la navegación. La dirección del viento viene determinada por el punto del horizonte del observador del cual sopla. En la actualidad se utiliza una rosa de 360º tomando como referencia el Norte. La velocidad del viento se mide preferentemente en náutica, en nudos y mediante la escala Beaufort, la cual se ilustra a continuación.

### 2.2.1 FORMACIÓN DEL VIENTO.

Existe una relación directa entre presión y viento en la atmósfera, lo que hace que los mapas de isobaras en los que se representan los valores de presión atmosférica, contengan a su vez amplia información acerca de la velocidad del viento y su dirección.

El viento es el resultado de las diferentes presiones atmosféricas, debido a las diferentes temperaturas que existen al producirse un desigual calentamiento en la Tierra y en la atmósfera. Este calentamiento desigual en superficie origina los cambios de presión, la desigual distribución de la radiación solar junto con las diferentes propiedades térmicas de la superficie terrestre y oceánica, son los que originan la formación del viento. Debido a que las masas de aire caliente tienden a ascender, ocupando su sitio las masas de aire circundante, más frío y denso. Por ello, el aire circula de las altas presiones hacia las bajas, siendo el viento un intento natural de equilibrar las presiones a gran escala.

ESCALA DE BEAUFORT				
Grado	Denominación	V NUDOS	Estado de la Mar	Símbolo
0	Calma	<1	Mar llana como un espejo	
1	Ventolina	1-3	Mar rizada. Pequeña ondulación	
2	Flojito (brisa muy débil)	4-6	Pequeñas olas cortas. Mar rizada	
3	Flojo (brisa débil)	7-10	Las olas empiezan a romper. Mar rizada	
4	Bonacible (brisa moderada)	11-16	Olas bajas, algo largas. Marejadilla	
5	Fresquito (brisa fresca)	17-21	Olas largas. Algunos rociones. Marejada	
6	Fresco (brisa fuerte)	22-27	Grandes olas que rompen. Crestas blancas. Peligro para embarcaciones menores. Mar gruesa	
7	Frescachón (viento fuerte)	28-33	Espuma longitudinal por el viento. Mar muy gruesa	
8	Temporal (viento duro)	34-40	Olas altas que rompen. Espuma en bandas. Mar arbolada	
9	Temporal fuerte (muy duro)	41-47	Olas muy gruesas. El mar ruge. Mala visibilidad por rociones y espuma	
10	Temporal duro (temporal)	48-55	Olas muy gruesas. Superficie del mar blanca. El mar ruge intensamente. Espuma en el aire	
11	Temporal muy duro (borrasca)	56-63	Olas muy grandes. Mar blanca. Navegación imposible	
12	Temporal huracanado (huracán)	> 64	Aire lleno de espuma y de rociones. Visibilidad casi nula	

Tabla 1. Escala Beaufort- <https://twitter.com/MeteoAste>

### 2.2.2 DISTRIBUCIÓN GLOBAL DEL VIENTO.

Visto a gran escala, la distribución de los vientos globales se ven afectadas por las diferentes zonas climáticas y el efecto Coriolis.

#### ZONAS CLIMÁTICAS.

Podemos dividir la superficie de la tierra en cinco zonas climáticas. La zona tropical situada entre 23,5º Norte y 23,5º Sur. Dos zonas de temperatura entre 23,5º y 66,5º, una en el Hemisferio Norte y otra en el Hemisferio Sur. Finalmente dos regiones polares entre 66,5º y 90º, una en el Hemisferio Norte y otra en el Hemisferio Sur.

El aire caliente de la zona ecuatorial tiende a ascender hacia los polos, ya que es más ligero. A medida que se desplaza hacia los polos, sufre la acción de la fuerza de Coriolis, desplazándose hacia la derecha en el Hemisferio Norte y hacia la izquierda en el Hemisferio Sur, nula en el Ecuador y máxima en los Polos. Una vez llega a los polos y se enfría, el aire cae hacia la superficie de la tierra siendo absorbido por las bajas presiones que se generan en el Ecuador al ascender el aire. En este desplazamiento también se ve afectado por la fuerza de Coriolis, de manera que al llegar a la zona subtropical es ya un viento del noreste en el

Hemisferio Norte y del Sureste en el Hemisferio Sur. Estos vientos son los denominados alisios, predominando en las Islas Canarias.

En los polos ocurre lo contrario, el aire frío y pesado se desplaza por la superficie de la tierra desde la zona polar hacia el Ecuador. La fuerza de Coriolis, lo desplaza hacia el Noreste en el Hemisferio Norte y hacia el Sureste en el Hemisferio Sur. Al descender de latitud, el aire se calienta y asciende, volviendo a la zona polar y absorbida por la depresión que genera el aire en altitud. Sobre el polo vuelve a enfriarse y desciende cerrando el ciclo.

El ciclo ecuatorial abarca desde el Ecuador hasta los 30º de latitud en ambos hemisferios. El polar desde ambos polos hasta los 60º.

En las latitudes templadas que abarcan entre los 30 y 60º de latitud, sucede el siguiente ciclo. El aire de la zona es más caliente que el polar y más frío que el subtropical. Por lo que, el aire de la zona tiende a desplazarse hacia el polo para rellenar el vacío dejado por el aire ascendente en los 60º de latitud. Al ser desviados nuevamente por la fuerza de Coriolis adquieren una marcada componente oeste en ambos hemisferios. Son los denominados vientos de los oeste cuyo predominio en la zona templada genera lo que se conoce como “Cinturón de los Oeste”.

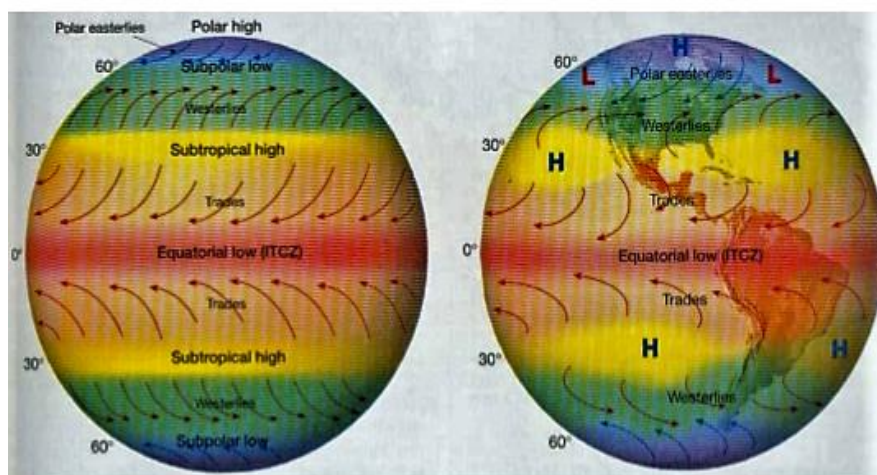


Ilustración 19. Distribución global del viento- <http://meteobasica.blogspot.com/>

Los vientos en superficie están relacionados con los cambios de presión. En un modelo de la Tierra en rotación, pero sin contar la distribución de los

océanos ni de los continentes, se obtiene una primera aproximación de los campos globales de presión y del viento en superficie. En estas condiciones se distinguen cuatro franjas latitudinales de altas y bajas presiones en cada hemisferio.

Entre los trópicos se tiene una zona de bajas presiones ecuatoriales, donde convergen los vientos alisios del noreste y sureste, produciendo movimientos ascendentes con convección profunda y abundante nubosidad, lo cual generará a su vez precipitación continua e intensa. Dicha región donde convergen los vientos alisios, se conoce como zona de convergencia intertropical.

Entre 25 y 30° de latitud, donde se originan los vientos alisios, se tiene la zona de altas presiones subtropicales. En esta franja se produce subsidencia y convergencia en superficie, los gradientes de presión son muy débiles por lo que los vientos que se generen serán flojos y variables.

Entre 45° y 60° encontramos una franja de presiones muy bajas relacionadas con el frente polar, y que se forman por convergencia de los vientos del oeste y este polares, en una zona conocida como bajas presiones subpolares o de ciclones migratorios.

En las zonas polares se forman las altas presiones polares, de origen frío, región de nacimiento de los vientos polares, debido a la divergencia en superficie.

### 2.2.3 VIENTO GEOSTRÓFICO.

Suponiendo que existe un área de alta presión situada al Sur y un área de bajas presiones que está situada al Norte y cuya diferencia de presiones está distribuida de igual manera, podemos asumir que las partículas del aire situadas entre ambas áreas sufrirán una aceleración causada por el gradiente de presión, hacia el norte. Cuando estas partículas comienzan a moverse hacia el norte, si se encuentran en el Hemisferio Norte, sufrirán un desvío hacia la derecha debido al efecto de Coriolis, es decir, hacia el este. Como la dirección del movimiento de las partículas cambie al Este, la dirección del efecto de Coriolis cambiará a su vez



hacia el Sur, ya que las partículas del aire no han sufrido aún la aceleración del gradiente de presión del Norte.

Finalmente el equilibrio ocurrirá cuando las partículas del aire se dirijan directamente al Este, porque la aceleración de Coriolis hacia el Sur cancela la aceleración de la presión de gradiente que se dirige hacia el Norte. En la siguiente ilustración se muestra el proceso, donde las líneas negras son las isobaras, líneas donde todos sus puntos tienen la misma presión.

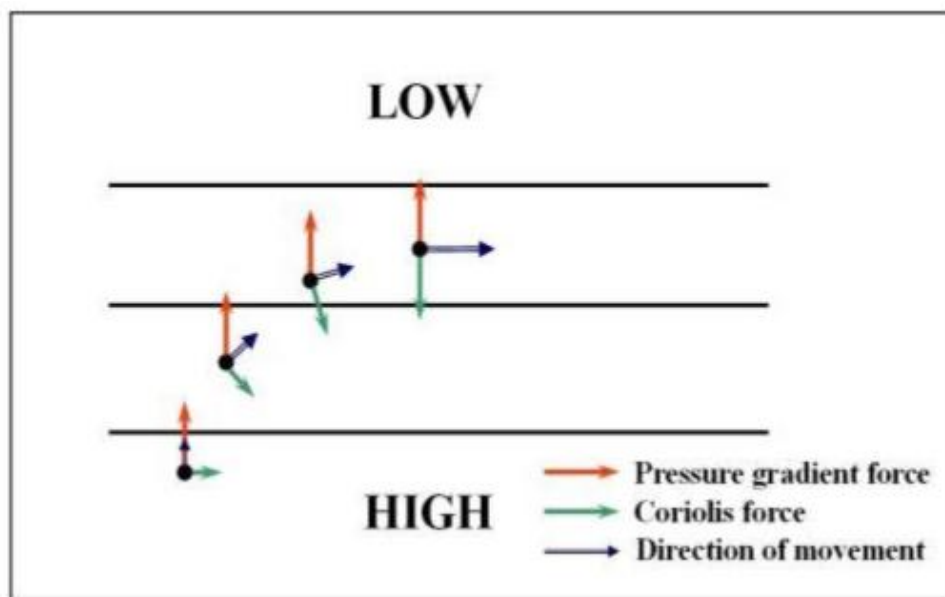


Ilustración 20. Movimiento y presión del viento geostrófico- <https://www.hko.gov.hk/>

Como ya sabemos la fuerza de Coriolis es proporcional a la velocidad del movimiento de las partículas del aire, y tienen que tener igual presión de gradiente. La velocidad de las partículas depende de la magnitud de la presión de gradiente, es decir, es paralela a las isobaras.

#### 2.2.4 VIENTO DE GRADIENTE.

El viento geostrófico hace que las isobaras sean líneas rectas. Pero en realidad las isobaras usan una curvatura, formando círculos alrededor de un sistema de bajas o altas presiones. El viento de gradiente tiene en cuenta esta curvatura agregando la fuerza centrífuga a la ecuación. El resultado es la

diferencia, dependiendo de la dirección de la curvatura, como se muestra en la siguiente ilustración.

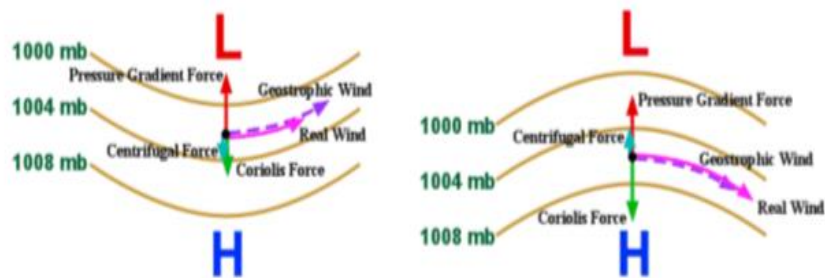


Ilustración 21. Movimiento y presión del movimiento de gradiente- <http://ww2010.atmos.uiuc.edu>

En la imagen de la izquierda la curva de las isobaras se dirige hacia las bajas presiones, este fenómeno es normal divisarlo en un sistema de bajas presiones. En la imagen de la derecha, la curva de las isobaras se dirige hacia las altas presiones, lo que es habitual de encontrar en un sistema de altas presiones. En ambos casos, la dirección de las partículas del aire permanecen perpendiculares al gradiente de presión, que es paralelo a las isobaras, pero la velocidad de las partículas varía.

En el primer caso, en un sistema de bajas presiones, para encontrar el equilibrio, la suma de la fuerza centrífuga y la fuerza de Coriolis debe ser igual a la fuerza de presión de gradiente. Si lo comparamos con el caso del viento geostrofico, la fuerza de Coriolis no necesita ser tan fuerte, porque la fuerza centrífuga está añadiendo fuerza. El resultado es que la velocidad del viento de gradiente es menor que la del viento geostrofico.

En el segundo caso, en un sistema de altas presiones, la suma de la fuerza de presión de gradiente y la fuerza centrífuga tiene que ser igual a la fuerza de Coriolis, por lo que, en este caso la fuerza de Coriolis necesita ser más fuerte que el viento geostrofico, así mismo, la velocidad de las partículas tienen que ser mayor que en el viento geostrofico.

Un importante factor que se puede deducir aquí. Sería que cerca del Ecuador el efecto de Coriolis es realmente débil, en el caso de un sistema de

presiones altas, la fuerza de Coriolis no será capaz de contrarrestar la fuerza de presión de gradiente y la fuerza centrífuga. Esto es porque en el Ecuador no puede haber un sistema de altas presiones, solo encontraremos sistemas de bajas presiones.

#### 2.2.5 VIENTOS DE SUPERFICIE.

El viento geostrofico y de gradiente son buenas aproximaciones del viento real, el cual se encuentra en las capas más altas de la troposfera, pero en su capa más baja, que abarca desde la superficie hasta 1 o 2 km, el viento se ve afectado por la fricción con la superficie, a esta capa se le conoce como la capa Límite.

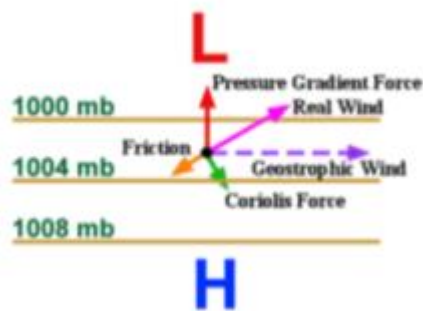


Ilustración 22. Movimiento y presión del viento de superficie- <http://ww2010.atmos.uiuc.edu>

En el viento en superficie existe otra fuerza que afecta a las partículas del aire. Esta es la fuerza de fricción causada por la fricción que sufren las partículas en contacto con la superficie. Al mismo tiempo, la capa superficial transfiere la fricción a las partículas de las siguientes capas, siendo reducida hasta llegar a lo más alto de la capa límite donde el viento es en efecto geostrofico. La fuerza de fricción actúa en dirección opuesta al movimiento de las partículas y depende de la velocidad de las partículas y de la rugosidad del terreno.

Como sabemos la fuerza de fricción se mueve en sentido opuesto al de las partículas, por lo que, es obvio que la velocidad del viento en superficie sea menor que la del viento geostrofico. Como la velocidad se ha reducido, la fuerza de Coriolis, será también reducida, ya que la fuerza de presión de gradiente se

volverá la dominante. Como resultado el viento total se desvía ligeramente hacia las altas presiones. La cantidad de desviación y la disminución de la velocidad dependen de la rugosidad del terreno. Por ejemplo, sobre un océano en calma la fricción es baja, porque las partículas del aire no tienen que evitar ningún obstáculo. Sin embargo, sobre bosques o colinas, las partículas de superficie son realmente lentas debido a los obstáculos, por lo que, el decremento de su velocidad y la desviación serán altas.

#### 2.2.6 VIENTOS LOCALES.

En la sección anterior se explicaron los vientos globales y los sistemas de bajas y altas presiones, pero los vientos locales se ven afectados por muchos otros factores que los alteran cuando nos referimos a una escala local. Algunas de esas variaciones son causadas por las diferencias de temperaturas originadas por los cambios de presión y otras variaciones basadas en la geografía. Los vientos locales pueden considerarse no afectados por la fuerza de Coriolis, ya que solo actúan a una escala local.

#### 2.2.7 BRISA DEL MAR Y TERRESTRE.

Algunos de los vientos locales más comunes son los vientos de costa, los cuales son llamados brisa marina y brisa terrestre. Estos vientos aparecen a ras de agua y cerca de tierra y su origen es la diferencia que existe de calor entre el agua y la tierra, debido a que la temperatura del agua cambia más lentamente que la temperatura de la tierra.

Durante el día, la tierra se calienta más rápidamente que la superficie del mar (el calor específico de la tierra es inferior al del agua), de modo que el aire del interior asciende y es ocupado por aire más fresco procedente del mar.

Por la noche, la tierra se enfría más rápidamente que el agua, de modo que el aire situado por encima de la superficie del mar está más caliente y tiende a ascender, haciendo que se produzca un flujo de viento de tierra a mar.

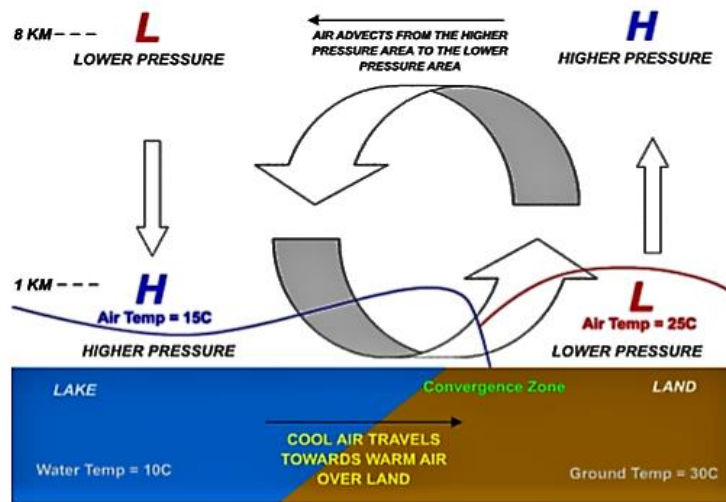


Ilustración 23. Movimiento de la brisa de mar y terrestre- <https://en.wikipedia.org>

### 2.2.8 FUENTES DE CALOR Y FRÍO.

Las diferencias de temperatura ocasionadas por la irregularidad del terreno, como por ejemplo entre un valle y una montaña o también ocasionadas debido a las zonas cubiertas por hielo o nieve, pueden tener efecto para la navegación costera, ya que el efecto que tienen en el viento llegará a la superficie del mar.

Los vientos de valles y montañas son causados debido a la diferencia de altura que existe entre el valle y la montaña. Durante la mañana la montaña se calienta más rápido que el valle, ya que está más expuesta al sol. Al calentarse más rápido la montaña, se creará un sistema de bajas presiones en la montaña y un sistema de altas presiones en el valle, donde comenzará a soplar el viento descendiendo de la montaña. Durante el anochecer el lado de la montaña al que no le llegan los rayos del sol, comienza a enfriarse más rápido que el valle, por lo que, comenzarán los vientos sobre la montaña.

Cuando se mueve el mar se mueve también masas de agua con temperaturas diferentes y adyacentes unas de otras. El efecto en este caso será similar, la masa de agua al estar más caliente que la masa de aire que se encuentra debajo de ella, lo calentará formando una zona de bajas presiones y masa de aire sobre el agua fría, por lo tanto, al haber más frío mayor será la presión, desplazando a la baja presión, y creando un viento desde el área de

agua fría hasta el área de agua caliente. Estas diferencias de temperatura en el agua pueden ser causadas por diferentes factores.

Una de las causas de las masas de agua adyacentes con diferentes temperaturas son las corrientes marinas, las cuales explicaremos más detalladamente en la sección 3.3, ya que una corriente de mar puede llevar agua cálida de los Trópicos o agua fría de las zonas Polares hasta una zona de aguas templadas. Otra causa puede ser la afluencia de agua desde otras fuentes como, los ríos, la lluvia o nieve, las cuales pueden estar más frías o más calientes que el agua del mar.

#### 2.2.9 FORMACIONES GEOGRÁFICAS.

Aplicando los factores anteriores de calor y frío, el esquema general del viento puede ser aproximado al viento real, pero esta aproximación no tiene una similitud suficiente a la del viento real en una escala real. Existen otros importantes factores que afectan a los vientos, son las formaciones geográficas.

En alta mar el viento no se ve afectado por las formaciones geográficas, pero cerca de la costa el viento se ve afectado por la línea de costa y por otras formaciones geográficas situadas cerca de la costa.

La configuración de la línea de costa puede tener un efecto diferente dependiendo de sus características. Primero de todo, esto determina la dirección de las brisas de mar-tierra y también su intensidad de acuerdo con el tipo de terreno, ya que los diferentes terrenos tienen diferencias en las capacidades caloríficas.

La altura de la línea de costa es uno de los principales aspectos que influyen en el viento. Si la línea de costa está casi al nivel del mar y es plana, el viento será casi igual en la costa que en el mar, ya que el efecto de la costa puede ser inapreciable. Si en su lugar, la costa estuviera compuesta de altos acantilados, los vientos predominantes encontrarán un obstáculo que tendrán que evitar.

Si hay una formación geográfica costera, como por ejemplo un estrecho, el viento será nuevamente desviado. También el efecto sobre el viento causado por las montañas cerca de la costa puede extenderse hasta el mar.

## 2.3 OTROS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS.

Otros importantes fenómenos meteorológicos son las precipitaciones, la condensación del agua suspendida y las tormentas. Estos fenómenos no afectan directamente a la navegación como el viento, pero pueden tener un impacto importante relacionado a los aspectos que pueden causar un empeoramiento del buque o causar un bajo rendimiento de la tripulación.

### 2.3.1 PRECIPITACIÓN.

La precipitación puede reducir el rendimiento de la tripulación porque es incómodo estar bajo la lluvia sin el equipo adecuado, y permanecer mojado durante largos períodos de tiempo es perjudicial para la salud.

Además, la precipitación puede ocasionar efectos adversos en el rendimiento del buque:

- Si la precipitación es líquida (lluvia), el agua puede entrar al barco por lo que, es importante que el casco esté completamente sellado para prevenir una inundación y también se debe tener a bordo un sistema automático de achique, el cual también es importante para la navegación con olas o mar de fondo. No solo es importante para prevenir una inundación, además evita que el barco sobrepase la línea de máxima carga, ya que entramos en riesgo para la navegación.
- En caso de que la precipitación fuese nieve, al permanecer en el buque puede derretirse causando el mismo efecto que la lluvia, pero el frío de la nieve puede acumularse en las estructuras del barco aumentando así su peso y deteriorando a su vez el buque.

- Si la precipitación fuese granizo, puede causar el mismo efecto adverso que la nieve, pero dependiendo del tamaño del granizo, puede causar daños en las superestructuras del buque, especialmente en los buques de vela.

### 2.3.2 NUBES Y NIEBLAS.

La presencia de nubes no es de vital importancia para la navegación, simplemente es de vital importancia conocer los tipos de nubes que existen y cuales pueden ocasionarnos dificultades en la navegación, ya sean nubes de tormenta o fuertes vientos para evitarlas tomando otra ruta.

La niebla sin embargo, es más importante para la navegación, ya que la visibilidad se ve reducida en este caso. Hoy en día, la niebla no supone un problema grave para la navegación, ya que todos los barcos deben contar con un equipo de sistema de GPS, que utilizaríamos en caso de visibilidad reducida para detectar los blancos (barcos) a los que debemos maniobrar o evitar una colisión.

La niebla varía de composición de acuerdo con la temperatura del aire. Cuando la temperatura está por encima de 0°C, la niebla estará formada por diminutas gotas de agua en suspensión. Mientras que si la temperatura está por debajo de los 0°C, la niebla será una suspensión de diminutos cristales de hielo y pequeñas gotas de agua muy frías.

Para que se produzca una niebla es necesario que el vapor de agua contenido en el aire pase al estado líquido mediante el proceso de condensación.

Existe una relación entre la humedad relativa y la visibilidad horizontal, ya que la visibilidad se ve reducida cuando la humedad relativa excede el valor del 70%.

### 2.3.3 TORMENTAS.

Es muy peligroso estar en un barco durante una tormenta, ya que las tormentas en el mar son más violentas, porque el agua del mar es un gran conductor. Además, los relámpagos usan para atacar las partes más elevadas de



la zona donde se encuentre la tormenta, por lo que en alta mar puede chocar un relámpago contra la superestructura de un barco perfectamente. Por esta razón, es importante colocar un pararrayos en la parte más alta del buque para evitar las terribles consecuencias que pueden causar.

## CAPÍTULO III: OCEANOGRAFÍA

---

En este capítulo, explicaremos las diferentes cuestiones de oceanografía que afectan a la navegación. En la primera sección haremos una introducción a las cuestiones oceanográficas y en la sección restante desarrollaremos los temas más importantes y con mayor influencia para la navegación.

### 3.1 CONTENIDOS OCEANOGRÁFICOS.

Existe un amplio rango de contenidos y cuestiones a considerar acerca de la oceanografía, pero en este trabajo solo estudiaremos los temas que tienen influencia en la navegación. Uno de las principales cuestiones es la composición y características del agua de mar.

La característica más importante del agua de mar es la salinidad, contenido en sal del agua de mar. La salinidad afecta a las propiedades físicas del agua de mar. Una de las propiedades más importantes afectadas por la salinidad, es la densidad. Ya que, cuanto mayor sea la salinidad mayor será la densidad porque el volumen incrementa a un rango mucho menor que el peso cuando disueltas sal en el agua. El punto de congelación del agua también dependerá de la salinidad. El agua dulce tiene un punto de congelación de 0°C, pero si la salinidad aumenta, el punto de congelación disminuirá.

La salinidad puede variar dependiendo de las masas de agua. Hay diferentes factores que afectan a la salinidad, todos relacionados con la adición y sustracción del agua dulce, mientras que el contenido de sal permanece igual. El primer factor es el equilibrio entre la evaporación y el rango de precipitación de la zona. Si existe más evaporación que precipitación la salinidad incrementará y si hubiera más precipitación que evaporación la salinidad disminuirá. Otro factor es la formación y derretimiento de hielo: cuando se forma un témpano de hielo, su composición básica es de agua dulce y su contenido en sal es muy bajo, por lo que el agua que se encuentra rodeando al témpano de hielo aumentará su salinidad, por otro lado, cuando el témpano de hielo se derrita, el agua que lo

rodea sufrirá una contribución de agua dulce, disminuyendo así su salinidad. Otro factor sería el agua de los ríos que desembocan en el mar, reduciendo así la salinidad del agua de mar que se encuentre cerca de la desembocadura del río.

Otra importante característica del agua de mar es la temperatura. Hemos visto en el Capítulo II, la importancia que tiene la temperatura en la meteorología y en la sección 3.3, veremos también, la importancia que tienen sobre las corrientes marinas y el efecto que tiene la temperatura sobre la densidad del agua de mar. La temperatura del agua de mar se ve afectada principalmente por la radiación solar. Cerca del Ecuador, la radiación solar es muy alta, en la cual el agua de mar es cálida y trasladándose hacia las zonas donde la temperatura del agua es más fría.

Las dos características anteriores del agua de mar afectan a la densidad y la viscosidad de la misma, es decir, cuanto mayor sea la temperatura del agua menor será su densidad y su viscosidad. Mientras que cuanto mayor sea la salinidad del agua, mayor será su densidad y su viscosidad. Por su parte, la presión también afecta a la densidad y a la viscosidad del agua, ya que, cuanto mayor sea la presión mayor será la densidad y viscosidad del agua. Las diferencias de presiones pequeñas no afectan a la densidad ni a la viscosidad, ya que horizontalmente la presión se puede considerar la misma. Pero verticalmente las presiones varían significativamente, debido a que en aguas profundas la densidad y viscosidad aumentan por las altas presiones.

La densidad y viscosidad del agua de mar tienen importancia para la navegación, porque ellas determinan la flotabilidad y la capacidad del buque al navegar por el agua de mar. Si el agua de mar es densa la flotabilidad incrementará, reduciendo el volumen sumergido del buque y al mismo tiempo reduce la superficie de fricción del casco con el agua de mar, reduciendo a su vez la resistencia total. Por otra parte, si el agua tiene un alto contenido de viscosidad, la resistencia ofrecida por el agua al avance del buque será mayor, por lo que la resistencia total incrementará.

La última característica importante del agua de mar es la tensión superficial. La tensión en la superficie es la tendencia elástica de una superficie fluida, la cual le hace adquirir la menor área superficial posible. La tensión del agua en superficie es elevada, entonces para un objeto que quiera cruzar el agua de superficie, será más difícil que moverse dentro de ella una vez que la superficie ya ha sido cruzada. Éste efecto es importante para la formación de las olas.

Sin embargo, el tema oceanográfico más importante para la navegación, es la dinámica de fluidos, especialmente el estudio de las olas y las corrientes marinas, por lo que la siguiente sección irá dedicada a estos dos fenómenos.

### 3.2 OLAS.

En meteorología, el fenómeno más importante para la navegación es el viento y en oceanografía son las olas. En esta sección, explicaremos la formación de las olas, sus características y los diferentes tipos de olas que existen. La altura de la ola puede ser referida por los siguientes grados que mostraremos en la escala Douglas.

Grado	Altura de las olas (m)	Descripción	Estado del mar
0	Sin olas	Mar llana o en calma	La superficie del mar está lisa como un espejo.
1	0 a 0,10	Mar rizada	El mar comienza a rizarse por partes.
2	0,10 a 0,5	Marejadilla	Se forman olas cortas pero bien marcadas; comienzan a romper las crestas formando una espuma que no es blanca sino de aspecto vidroso (ovejas).
3	0,5 a 1,25	Marejada	Se forman olas largas con crestas de espuma blanca bien caracterizadas. El viento marino está bien definido y se distingue fácilmente del mar de fondo que pudiera existir. Al romper las olas producen un murmullo que se desvanece rápidamente.
4	1,25 a 2,5	Fuerte marejada	Se forman olas más largas, con crestas de espuma por todas partes. El mar rompe con un murmullo constante.
5	2,5 a 4	Gruesa	Comienzan a formarse olas altas; las zonas de espuma blanca cubren una gran superficie. Al romper el mar produce un ruido sordo como de arrojar cosas.
6	4 a 6	Muy gruesa	El mar se alborota. La espuma blanca que se forma al romper las crestas comienza a disponerse en bandas en la dirección del viento.
7	6 a 9	Arbolada	Aumentan notablemente la altura y la longitud de las olas y de sus crestas. La espuma se dispone en bandas estrechas en la dirección del viento.
8	9 a 14	Montañosa	Se ven olas altas con largas crestas que caen como cascadas; las grandes superficies cubiertas de espuma se disponen rápidamente en bandas blancas en la dirección del viento, el mar alrededor de ellas adquiere un aspecto blanquecino.
9	Más de 14	Enorme	Las olas se hacen tan altas que a veces los barcos desaparecen de la vista en sus senos. El mar está cubierto de espuma blanca dispuesta en bandas en la dirección del viento y el ruido que se produce es fuerte y ensordecedor. El aire está tan lleno de salpicaduras, que la visibilidad de los objetos distantes se hace imposible.

Tabla 2. Escala Douglas- <http://manualdeestiloempresarial.blogspot.com/>

### 3.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS OLAS.

Las características de la ola son la altura, la longitud, el período y la velocidad de traslación:

- La altura de la ola es la distancia vertical desde lo más alto de la cresta hasta el fondo del valle consecutivo.
- La longitud de la ola, es la distancia horizontal entre dos crestas.
- El período de la ola es el tiempo medio (en segundos) que transcurre entre que las dos crestas de dos olas consecutivas pasan por el mismo punto en alta mar.
- La velocidad de traslación de una ola es la velocidad con la que la cresta de la ola se desplaza horizontalmente.

Cada una de estas características está relacionada con otros factores explicados a continuación.

### 3.2.2 FORMACIÓN DE LAS OLAS Y FACTORES DE CRECIMIENTO.

#### *FORMACIÓN.*

El agente responsable para la formación de las olas es el viento. Cuando el viento comienza a soplar sobre la superficie del mar en calma, transmite su energía a las partículas de la superficie del mar, arrastrándolas y creando ondulaciones sobre la superficie del mar. Estas partículas comienzan a acumularse en un mismo lugar, formando así pequeñas crestas y sus correspondientes valles. El viento empuja nuevamente por la cara de barlovento de la cresta, transmitiendo más energía a esta. La pequeña cresta absorbe la energía acelerando y creciendo en tamaño. Estas pequeñas crestas y valles mantienen su crecimiento hasta que se forma una ola.

#### *FACTORES DE CRECIMIENTO.*

El viento es responsable de la formación de las olas, los factores de crecimiento de las olas por tanto, estarán relacionados con el viento. Dichos factores son tres: intensidad, persistencia y el fetch.

- La intensidad del viento es un factor importante para el crecimiento del tamaño de las olas. Cuanto más fuerte sea el viento, más crecerán las olas en tamaño. La intensidad del viento determina el tamaño máximo que puede llegar una ola, pero hay otros factores que afectan al tamaño real de la ola.
- La persistencia hace referencia al tiempo que el viento está soplando sobre la superficie del mar con la misma intensidad y dirección. Como se dijo en la sección anterior, las olas comienzan con unas pequeñas ondulaciones en la superficie, las cuales comienzan a crecer formando pequeñas olas, pudiendo llegar con el paso del tiempo a grandes olas. Por lo que, siempre que la intensidad del viento sea alta pero no exista persistencia en ella, por ejemplo si el viento sopla solo durante cinco minutos, las olas no tienen suficiente tiempo para crecer en tamaño. La intensidad del viento determina el tamaño máximo de las olas y la velocidad de crecimiento de las olas, pero la persistencia es importante para determinar hasta qué punto crecerán las olas realmente.
- Finalmente el Fetch hace referencia a la distancia marítima sobre la que el viento sopla, con una misma intensidad y dirección. Como la persistencia, el fetch también determina si las olas pueden estar completamente desarrolladas o no. Si el fetch no es suficiente, independientemente de la intensidad y la persistencia, las olas no crecerán mucho, porque las olas tienen una cierta velocidad de desplazamiento a medida que comienzan a formarse en un área y comienzan a moverse hasta salir del área, por la intensidad del viento o al encontrar un obstáculo como puede ser una isla o un continente. Si no ganan un suplemento de energía para continuar su crecimiento, desaparecerán.

### 3.2.3 GRÁFICO DE LA ALTURA DE LAS OLAS.

Los tres factores mencionados anteriormente son los factores que determinan el tamaño real de las olas que se forman. El gráfico que mostraremos a continuación, describe la altura de las olas de acuerdo a la intensidad del viento, persistencia y el fetch. En la escala vertical de la izquierda se mide la velocidad del viento en nudos y en millas por hora a la derecha, en la escala horizontal se mide la distancia del fetch en millas náuticas. Las líneas discontinuas representan la persistencia en horas. Las líneas de curvas continuas, representa la altura de las olas en pies. La manera de utilizar el gráfico será la explicada a continuación.

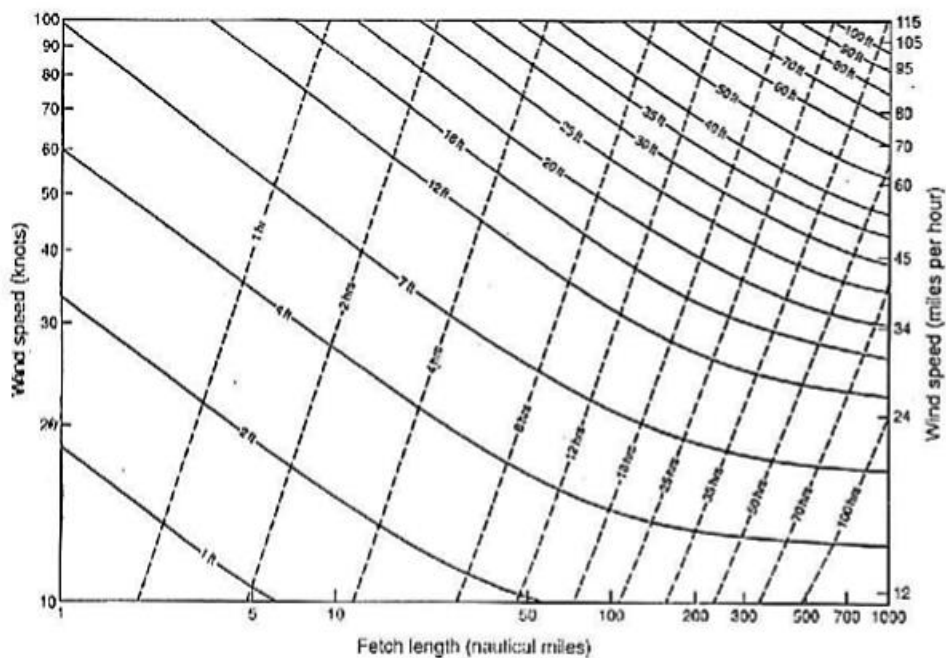


Tabla 3. Persistencia y Fetch- <https://repositorio.oemet.es/>

Primero debemos elegir la velocidad del viento, por ejemplo, en el lado izquierdo del gráfico (en nudos). Entonces, nos movemos sobre la línea horizontal determinada por la velocidad del viento, en la intersección con la línea vertical determinada por la longitud del fetch en la escala inferior. El punto de intersección dará la altura de específica de la ola por promedio de los valores de las líneas curvas continuas. Otro punto de intersección se puede encontrar entre la línea horizontal de la velocidad del viento y las líneas discontinuas que representan el tiempo de persistencia específica. Este segundo punto de

intersección da otro valor de la altura de la ola, por promedio de valores de de las líneas curvas continuas. Finalmente, la altura real de las olas será menor que los dos valores obtenidos.

Ejemplo: Se quiere conocer la altura de la ola causada por un viento de 30 nudos en una zona marítima de 100 millas en longitud durante 24 horas. La intersección entre la velocidad del viento y la persistencia dará una altura de la ola sobre 16 pies. Por lo que, la altura real de la ola será de 12 pies y el factor que la limita será el fetch.

#### 3.2.4 VIENTO EN EL MAR Y MAR DE FONDO.

Hasta ahora hemos hablado de la formación de las olas a partir de la influencia del viento, pero cuando el viento deja de soplar sobre la superficie del mar, las olas que han sido creadas no desaparecerán al instante, continúan su propagación, reduciendo lentamente su tamaño y transfiriendo su energía a las partículas del aire que se encuentran por encima de la superficie del agua. Por lo que, a la formación de una ola cuando esté bajo la influencia del viento que la ha creado, esto es llamado mar de viento. Pero después que pare la influencia del viento, la formación de la ola puede ser llamada, olas de mar de fondo.

El mar de fondo puede propagarse a distancias muy largas, dependiendo de la energía inicial de las olas, la pérdida de energía se debe a la existencia de obstáculos. La energía inicial depende del crecimiento que sufre durante la actuación del viento que la origina. La pérdida de energía depende de los vientos posteriores que actúan en la zona donde se propaga el mar de fondo: si el viento sopla en la dirección de propagación del mar de fondo, ofrecerá menos resistencia al mar de fondo, mientras que si el viento es más rápido que el mar de fondo, las olas pueden incrementar nuevamente; pero si el viento sopla de nuevo en la dirección de la propagación, la pérdida de energía sufrida por el mar de fondo será mayor. Si el mar de fondo encuentra un obstáculo, esto puede reducir dramáticamente su propagación e incluso hacerla desaparecer. Si el mar de fondo encuentra una formación de tierra, desaparecerá porque las olas no pueden cruzarla y si el mar de fondo pasa sobre aguas poco profundas, también será reducido rápidamente su propagación.



Las olas formadas por el mar de fondo son más largas y de mayor altura que las olas formadas por la influencia del viento. Como la velocidad de propagación de las olas depende de su longitud, es normal que las olas de mar de fondo sean más rápidas que el viento que sopla sobre ellas, esto es un factor importante para la navegación.

### 3.3 CORRIENTES MARINAS.

Las corrientes marinas también afectan a la navegación, ya que si un objeto está flotando en el agua, si el agua tiene su propio movimiento, entonces el objeto adquirirá el movimiento del agua, el cual puede ser perjudicial pero también puede ser ventajoso si se planea bien una derrota y se usa correctamente.

#### 3.3.1 DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE CORRIENTES MARINAS.

Definiremos corriente marina, como un desplazamiento horizontal del agua de mar. Este desplazamiento irá definido por una dirección y velocidad. El conjunto es la dirección de la corriente y la deriva es la intensidad de la corriente.

Las corrientes marinas pueden ser corrientes cíclicas, cambiando periódicamente, como corrientes de marea o pueden ser corrientes permanentes o semipermanentes, por lo que pueden experimentar un cambio insignificante o una temporada de cambios, como las corrientes termohalinas y las corrientes influidas por el viento. Los dos tipos de corrientes explicadas a continuación, son las más importantes en una escala global.

#### *CORRIENTES IMPULSADAS POR EL VIENTO.*

Las corrientes de viento, son superficiales, causadas por la fricción del viento con la superficie del mar. De la misma manera que el viento crea olas por fricción, también crea corrientes superficiales. Aunque el proceso de formación de corrientes tiene las mismas características que el de formación de una ola, la formación de una corriente es menor que el de las olas. Por esta razón, solo los

vientos predominantes son capaces de crear corrientes permanentes o semipermanentes.

La escala global de las corrientes es afectada por la fuerza de Coriolis como ocurre con los vientos globales. La capa más superficial del mar es afectada por los vientos predominantes, aplicando una fuerza en las partículas de la superficie. Esas partículas comienzan a moverse en la misma dirección del viento pero cuando adquieren la misma velocidad, la fuerza de Coriolis comienza a actuar sobre ellas perpendicular al movimiento y dirección, a la derecha de la trayectoria en el hemisferio Norte y a la izquierda de la trayectoria en el hemisferio Sur.

Esta desviación no es muy sensible, ya que, la velocidad de la corriente es baja, y la fuerza de Coriolis es también baja. Sin embargo, cuando miramos a la corriente marina por debajo de la primera capa superficial, podemos ver que su velocidad es menor y la trayectoria está más desviada que la capa por debajo. Cuanto más lenta es la corriente y más desviada es la trayectoria puede ir en dirección opuesta al viento. La representación de los vectores verticales de una corriente de viento, describe el espiral conocido como Ekman.

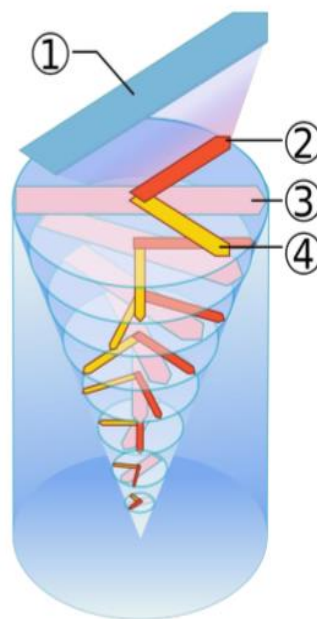


Ilustración 24. Espiral de Ekman- <http://www.wikiwand.com/>

La figura anterior, es una representación del espiral Ekman en el hemisferio Norte. La flecha azul número 1 en la figura, representa la dirección del viento. Todas las flechas rojas representan la fuerza adquirida desde la capa superior; en el caso de la flecha número 2 representa la fuerza recibida del viento. Todas las flechas amarillas representan la fuerza de Coriolis actuando del ángulo izquierdo al derecho, como esta ejemplificación es para el hemisferio Norte. Todas las flechas rosadas representan la red resultante del movimiento del agua.

Estas corrientes de viento afectan sobre los primeros 100 metros de la superficie del agua. Como la navegación ocurre en superficie, son más importantes las corrientes globales para la navegación.

#### *CORRIENTES TERMOHALINAS.*

Las corrientes termohalinas son corrientes de mar causadas por la diferencia de densidad en las masas de agua. Como explicamos en la sección 3.1, la densidad del agua depende de su temperatura, salinidad y presión. En esta sección se explicará también el factor que afecta a la temperatura del agua, este factor es la incidencia de la radiación solar, por lo que, cuanto más cerca del Ecuador se encuentren las masas de agua, más se calentarán sus aguas. Mientras que las corrientes influenciadas por el viento, afectan únicamente hasta 100 metros de la capa superficial, las corrientes termohalinas afectan a todas las profundidades.

La circulación causada por las corrientes termohalinas es conocida como la cinta transportadora global y oceánica. Esto lo veremos a continuación en la siguiente ilustración. Es uno de los principales agentes responsables del clima de la Tierra, ya que transportan grandes masas de calor desde el Ecuador hasta los lugares más fríos, como los Polos. Además, estas corrientes transportan nutrientes desde el fondo del mar a la superficie que necesita la biodiversidad marina para prosperar.

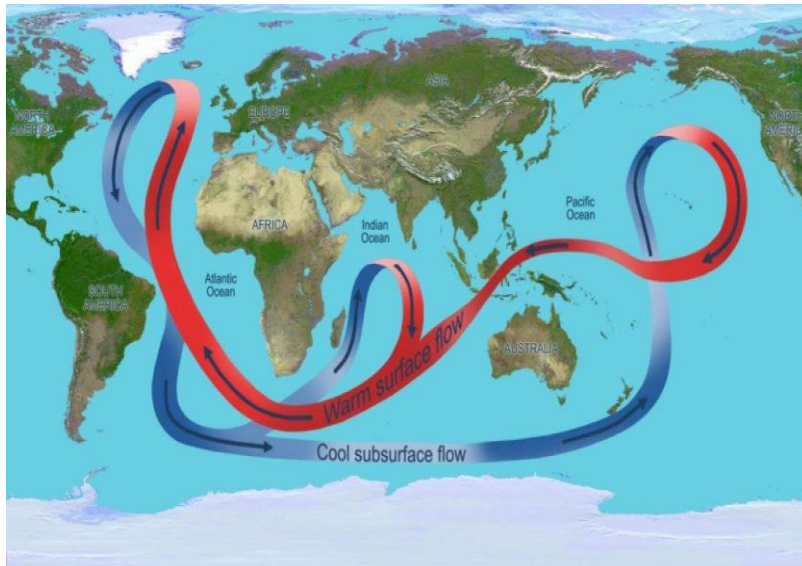


Ilustración 25. Circulación global y oceánica- <http://blog.nuestroclima.com/>

La cinta transportadora oceánica comienza en las regiones Polares, donde las aguas superficiales son realmente frías debido a que el aire de esas regiones es muy frío también. Además, la formación de hielo en esas regiones produce un incremento en la salinidad del agua de superficie. Esta masa de agua superficial, fría y salada, se vuelve más fría y se hunde. Como esta masa se hunde, el entorno del agua superficial reemplazará al agua hundida, formando una corriente superficial. Esta nueva agua superficial también se volverá, fría y salada hasta que se hunda para cumplir el ciclo. El agua hundida comienza a desplazarse hacia el Ecuador donde se calienta y se eleva a la superficie para regresar a las regiones Polares y de esta manera cerrar el círculo.

Esta corriente, sin embargo, no tiene mucha importancia para la navegación, porque afecta principalmente a las aguas profundas y su velocidad es muy lenta. Las únicas corrientes que afectan de forma directa a la navegación, son las corrientes superficiales, por lo que, a continuación explicaremos únicamente las corrientes superficiales.

#### **CORRIENTES SUPERFICIALES GLOBALES.**

Las corrientes superficiales que predominan globalmente, son las corrientes influenciadas por el viento. En la sección 2.2, se explicaron los vientos globales, en la cual se explicaba en la ilustración mostrada en dicha sección la distribución de los vientos globales, los cuales compararemos con la distribución

de las corrientes superficiales, donde podemos ver una gran similitud en la dirección de los vientos y de las corrientes superficiales.

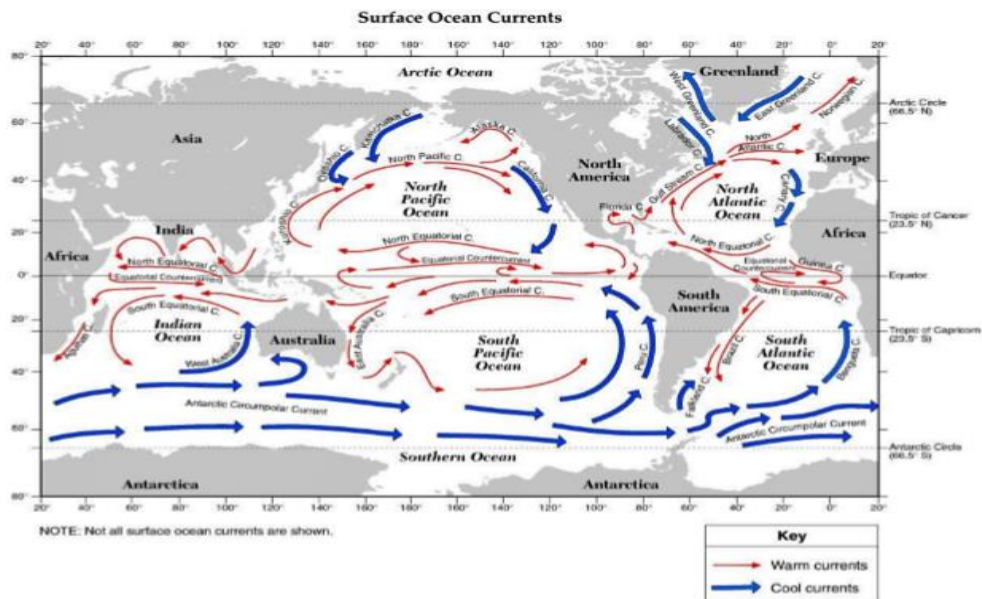


Ilustración 26. Corrientes superficiales globales- <http://regentse.dot5hosting.com/>

En la ilustración anterior, la principal corriente superficial está representada por flechas. Las flechas azules representan las corrientes de agua fría y las corrientes de agua cálida son representadas por flechas rojas. Lógicamente, en las regiones polares las corrientes de mar son más frías que cerca del Ecuador donde son aguas más cálidas. Lo que realmente determina si una corriente está formada por aguas cálidas o frías es su origen. Si el proceso comienza cerca del Ecuador serán aguas cálidas la de la corriente, mientras que si el proceso se origina en las regiones polares, serán aguas más frías las de la corriente.

También podemos observar en la ilustración anterior, que las corrientes principales forman círculos alrededor de los océanos, creando un total de cinco largos círculos: en el Atlántico Norte, Atlántico Sur, Pacífico Norte, Pacífico Sur y Océano Índico. La formación de estos círculos tiene que ver con la fuerza de Coriolis. Su relación con la fuerza de Coriolis, es debido a que, en el hemisferio Norte la dirección de giro es en el sentido de las agujas del reloj y en el hemisferio Sur, sería en sentido contrario a las agujas del reloj. Cerca del Ecuador

las corrientes van desde el Este al Oeste causando una contracorriente moviéndose desde el Oeste al Este del Ecuador. Finalmente, podemos ver que las corrientes que circulan por las costas este de los continentes son normalmente corrientes de agua caliente, mientras que las corrientes sobre las costas oeste de los continentes son normalmente corrientes de agua fría.

#### **CORRIENTES LOCALES.**

Al igual que ocurre con el viento, observando en una escala local, los factores globales no son suficientes para explicar el viento real y las corrientes que encontramos. En el caso de las corrientes, el viento es el que da origen a las corrientes de superficie, por lo que, los vientos locales tendrán igual efecto en las corrientes marinas a escala local. Otros factores importantes que afecta a las corrientes son las mareas, causando las corrientes de marea y la geografía.

#### **CORRIENTES DE MAREA.**

Las mareas son el aumento y caída de los niveles del mar causados por los efectos combinados de las fuerzas gravitatorias de la Luna y el Sol y la rotación de la Tierra. El efecto gravitacional de la Luna y el Sol, afecta al agua de mar, ya que tira de ella cambiando así el nivel del mar. El efecto de la luna es mayor que el efecto del sol porque está a menor distancia que este. De todos modos, si los dos efectos combinan, la marea será más fuerte. La marea está alta en la cara de la tierra donde influye la luna y también en el lado opuesto de la tierra, ya que la fuerza centrífuga se ejerce por la rotación de la tierra, como veremos en la ilustración que mostramos a continuación.

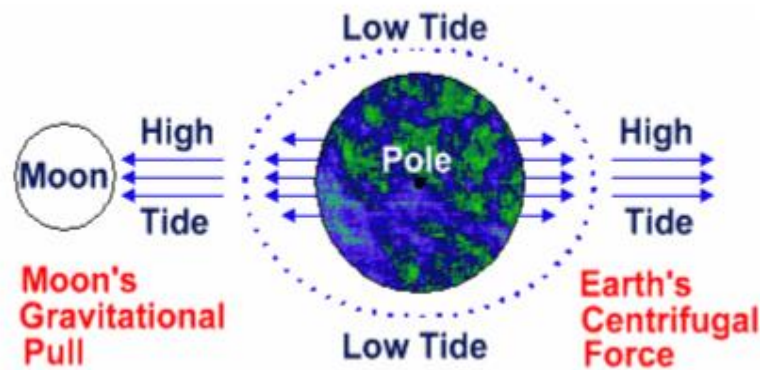


Ilustración 27. Fuerza ejercida por la luna- <http://www.boatsafe.com/>

En algunas localizaciones de la tierra hay mareas semidiurnas, con dos pleamar y bajamar casi iguales, en otras localizaciones experimenta una marea diurna, únicamente con una pleamar y una bajamar y en otras localizaciones es posible encontrar una marea mezclada, con dos pleamares y dos bajamares desiguales.

En algunos lugares la amplitud de la marea (diferencia entre el nivel del mar durante la pleamar y durante la bajamar) es casi imperceptible, mientras que en otros lugares la amplitud puede ser de varios metros como podemos ver en el puerto pesquero situado en la costa este del Norte de América como podemos ver en la siguiente ilustración, donde el efecto de la enorme amplitud de marea es impresionante.



Ilustración 28. Bajamar- <https://es.wikipedia.org>

Como conclusión, el tema de esta sección es la corriente de marea, es decir, corrientes horizontales causadas por las mareas. La marea es un aumento y disminución del nivel del mar, por lo que el área donde sucede se ve afectada por la adicción y sustracción del agua. Esa agua tiene que venir de algún lugar y

luego volver. Por lo que, esa propagación del agua crea una corriente de marea que depende directamente de las características de la marea. Cuando la marea está subiendo, la corriente de marea se dirigirá directamente a tierra y cuando la marea está bajando, la corriente de marea se dirigirá directamente a alta mar. La intensidad de la corriente de marea dependerá de la amplitud de la marea.

### 3.3.2 GEOGRAFÍA.

El último factor importante con influencia en las corrientes de marea a escala local es la geografía. Una corriente es el desplazamiento del agua como la sabemos. La cantidad total de volumen de agua desplazada por la corriente, debe ser igual a lo largo de su recorrido. Por lo que, si en algún lugar el espacio de paso de la corriente es restringido por un obstáculo, la corriente mantendrá el mismo flujo de volumen por lo que su velocidad aumentará. En este caso, la geografía no creará una corriente directamente, pero sí altera sus características, aumentando su velocidad o reduciendo, o también alterando su trayectoria. Esto puede ser aplicado a todos los tipos de corrientes, por ejemplo las corrientes de marea, si en el área de amplitud de la pleamar hay un puerto o bahía con una estrecha entrada, la corriente de marea en la entrada será más alta. Otro ejemplo, sería la desviación de la corriente Ecuatorial norte causada cuando llega a la costa de Brasil y deriva a la corriente caribeña y luego a la corriente de Florida.

Sin embargo, la geografía puede crear también nuevas mareas. Por ejemplo el Estrecho de Gibraltar sufre una corriente entrando desde el Océano Atlántico hasta el Mar Mediterráneo. Esto sucede porque el mar mediterráneo tiene una gran tasa de evaporación del agua que le contribuyen los ríos y la lluvia, por lo que necesita una contribución adicional desde el Océano Atlántico y la única entrada a este mar es el Estrecho de Gibraltar.





## CAPÍTULO IV: MÉTODOS DE PREDICCIÓN EN METEOROLOGÍA Y OCEANOGRAFÍA

---

Después de esta introducción al mundo de la meteorología, oceanografía y navegación, ahora es el momento de comenzar con el objetivo principal de este proyecto, que es estudiar los diferentes métodos de pronóstico, que son los mejores métodos para cada tipo de buque y cómo usar estas predicciones para obtener un mejor resultado en la navegación.

En primer lugar, en este capítulo se explicarán y comparará los diferentes métodos de previsión existentes en la actualidad y las diferentes formas en que las previsiones se ponen a disposición del público.

### 4.1 PREVISIÓN DE DATOS

En cualquier pronóstico, hay algunos datos específicos que se muestran como una predicción de diferentes eventos futuros. Como se ve en el Capítulo 2 y el Capítulo 3, no todos los eventos que se pueden mostrar en un pronóstico son tan interesantes como otros. Los datos que se deben utilizar a partir de una predicción de pronóstico para proporcionar información útil para cada tipo de navegación se seleccionarán en esta primera sección.

#### 4.1.1 DATOS METEOROLÓGICOS.

- Viento: la información dada en un pronóstico meteorológico que afecta más a una carrera de vela es la dirección del viento y la velocidad. Afectando también a la navegación en general, ya que la persistencia y la intensidad del viento puede generar olas de gran tamaño, como se ha visto en capítulos anteriores. La dirección generalmente se da en grados con respecto al Norte verdadero, con una dirección sectorial y / o gráficamente representada por una flecha (barbas de viento) y la velocidad puede indicarse en diferentes escalas, pero la más habitual en predicciones náuticas es en nudos como se ve en la Figura siguiente.

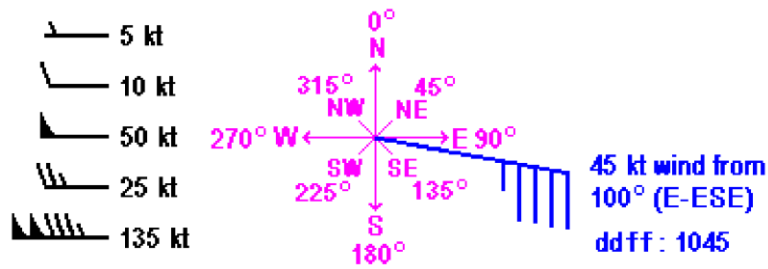


Ilustración 29. Dirección y velocidad del viento- <https://www.tiempo.com/>

- Precipitación: generalmente se da como una probabilidad y / o la cantidad estimada, generalmente en mm o litros por metro cuadrado. Las cantidades suelen referirse a un período definido como, por ejemplo, el total recogido en un período de 3 horas. Este solo es interesante para decidir el tipo de ropa que los marineros deben usar.

- Temperatura: como la precipitación también está afectando la ropa de la tripulación, pero no tiene mucho impacto directo en la navegación, además del cambio en la densidad del aire. Se puede mostrar en diferentes sistemas de unidades.

- Nubes: la nubosidad se representa como un porcentaje de cobertura y se puede dividir en nubes altas, medias y bajas. También se puede representar con diferentes símbolos. No es de importancia para la navegación a menos que el barco esté equipado con paneles solares.

- Presión: la presión se puede mostrar como un valor en diferentes unidades o mediante líneas isobaras en un mapa. La presión solo afecta la navegación directa al cambiar la densidad del aire y, por lo tanto, la fuerza aplicada por el viento a las velas y la estructura del barco, pero generalmente se obvia porque las diferencias de densidad no pueden ser muy pronunciadas. Sin embargo, es el principal responsable de varios de los otros datos, por lo que puede considerarse importante indirectamente.

- Humedad: casi siempre estará representado por un porcentaje de la humedad de saturación a la temperatura actual. El uso que puede tener es la predicción de la aparición de niebla.

- Probabilidad de rayos: se puede mostrar como una escala de colores en un mapa y es importante tenerlo en cuenta porque es un fenómeno peligroso para los veleros o también a buques con altas superestructuras.

#### 4.1.2 DATOS OCEANOGRÁFICOS.

- Olas: como ocurre con el viento en meteorología, las olas son el fenómeno oceanográfico más importante en la navegación, por lo que su predicción es realmente importante. Como las olas dependen del viento, sus previsiones tienen las mismas características. Las olas se definen por una dirección e intensidad, pero también se expresan su período y la probabilidad de casquete blanco. La dirección se expresa como para el viento, pero en lugar de indicar la dirección desde donde viene el viento, apunta hacia donde van las olas. La intensidad se define por la altura de la onda expresada normalmente en metros. Como puede haber más de un tren de ondas en el mismo lugar en el mismo momento, en la predicción sólo se puede señalar el más importante o todos ellos. También se pueden dividir en mar de viento y oleaje (3.2.3). Normalmente, la intensidad expresada en el pronóstico es la altura de ola significativa, la altura promedio del tercio más alto de las olas. También se puede representar la altura máxima de ola. En la figura mostrada a continuación se puede ver una predicción detallada de la ola con altura, dirección y período tanto para el viento como para el oleaje, y tanto la altura máxima como la significativa y la probabilidad de casquete blanco.

```
sig : 1.98m
max : 2.52m +94° 9s
swell: 0.22m +129° 14s
wind : 2.02m +91° 9s
prim :      +92° 6s
scdy :      +129° 14s
whitecap (prob): 0.6 %
```

Ilustración 30. Predicción de la ola- <http://rodamedia.com/meteo/meteomarina>

- Mareas: las mareas son uno de los fenómenos predichos más fácilmente y con precisión en la oceanografía, ya que solo dependen principalmente de la posición de la Luna y el Sol, que es bien conocida. Como el comportamiento de las mareas es bien conocido, las corrientes de las mareas también se pueden

calcular con una buena aproximación a la realidad. Estas son las previsiones realmente importantes sobre las razas costeras.

- Corrientes: a diferencia de las corrientes de marea, las predicciones de corrientes marinas en alta mar son difíciles de encontrar porque el equipo para medirlas es muy costoso y difícil de colocar, por lo que aún no se ha extendido. La única manera de predecirlos es promediando los datos conocidos y aplicando el conocimiento de la circulación de corrientes generales. Son importantes en la navegación en alta mar, por lo que deben tenerse en cuenta.

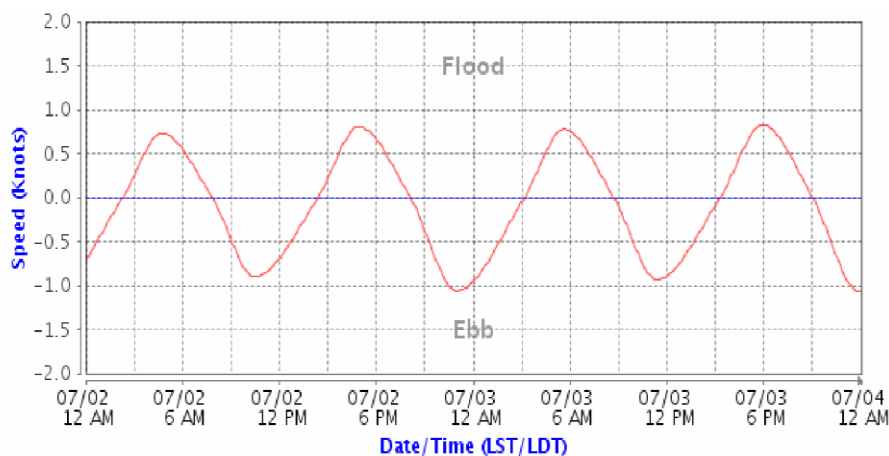


Ilustración 31. Corriente entrante y vaciante- <https://tidesandcurrents.noaa.gov>

En resumen, la información más importante para extraer de un pronóstico para una carrera de vela es el viento, las olas y las corrientes.

## 4.2 DIFERENTES MÉTODOS DE PRONÓSTICO.

Lo primero a tener en cuenta cuando se habla de predicciones meteorológicas y oceanográficas es que hoy en día no existe ningún método de pronóstico que pueda predecir las condiciones exactas que se encontrarán en la realidad. Entonces, todos los métodos de pronóstico meteorológico y oceanográfico son diferentes aproximaciones a las condiciones reales que se encontrarán.

Todos los métodos de previsión se basan en la aplicación de un proceso diferente para predecir la evolución de las condiciones presentes observadas. Entonces, todos ellos parten de un estado observado de las condiciones meteorológicas y oceanográficas. Esta es una de las causas de la imperfección de los pronósticos, ya que no todos los datos de un determinado momento se pueden conocer exactamente con la tecnología y los recursos disponibles hoy en día.

En esta sección, se explicarán los principales métodos de predicción.

#### 4.2.1 MÉTODO DE PERSISTENCIA.

Este primer método es el método de pronóstico más simple. Supone que las condiciones en el momento del pronóstico no cambiarán. Si en el momento en que se realiza el pronóstico, hace sol y calor, el método de persistencia predice que hará sol y calor después de varias horas o al día siguiente o la próxima semana.

Este método es preciso cuando el clima es estable y las formaciones meteorológicas se mueven muy lentamente en los mapas. Si el clima es inestable y cambia rápidamente, no es un buen método de pronóstico. Parecerá que este método sólo funcionará para predicciones de corto plazo (por ejemplo, varias horas o algunos días dependiendo del fenómeno predicho), pero en realidad, una de las aplicaciones más útiles para este método es en predicciones a largo plazo, porque las condiciones generales encontradas durante un mes es probable que se encuentre también en el próximo mes.

Para predecir el viento, ese es un fenómeno muy variable, este método no es recomendable. Para las olas, que dependen del viento, no es un buen método. Para predecir las corrientes marinas, puede ser un método mejor, dependiendo del tipo de corriente que se prediga, ya que las corrientes oceánicas generales suelen ser muy estables.

#### 4.2.2 MÉTODOS DE TENDENCIAS.

Este método comienza determinando las condiciones climáticas actuales en un área y la velocidad de movimiento de las formaciones meteorológicas en esa área, como centros y frentes de baja o alta presión. Después de determinar las condiciones presentes y el movimiento, se supone que la velocidad, la dirección y las características de esas formaciones meteorológicas no cambiarán durante un cierto período. En ese caso, se predice que los fenómenos meteorológicos experimentados en un lugar determinado en el presente, se experimentarán en otro lugar determinado en el futuro, ya que la formación del tiempo que origina ese fenómeno se traslada a esa nueva posición.

Este método es similar al método de persistencia porque supone que las condiciones climáticas no cambiarán sus características, pero agrega el hecho de que el lugar donde se encuentran esas condiciones cambia con el tiempo.

Este método es muy útil para pronósticos a corto plazo, porque en realidad, durante un período corto, se espera que las formaciones del clima mantengan sus movimientos y características, por lo que también se espera que los fenómenos asociados sean muy similares, solo cambiando la ubicación del sistema. En predicciones a largo plazo, este método no es válido porque las formaciones meteorológicas cambian su velocidad, dirección y características con el tiempo, por lo que los fenómenos meteorológicos que originan también cambian con el tiempo.

Este método es muy preciso para predecir el oleaje, ya que se espera que las olas de oleaje mantengan su dirección y características durante un cierto período de tiempo. No es tan bueno para predecir el viento, pero cuando se aplica en un pronóstico a corto plazo, las predicciones pueden ser muy precisas.

#### *Nowcasting.*

Nowcasting es la aplicación del método de tendencias para producir un pronóstico a corto plazo, durante unas pocas horas en el futuro. Es muy fácil de realizar y preciso, por lo que se ha extendido ampliamente en predicciones a corto plazo. Se usa principalmente para predecir las precipitaciones, pero

también tiene cierta efectividad para predecir el viento, las olas y las corrientes de las mareas.

#### 4.2.3 CLIMATOLOGÍA.

Este método de pronóstico se basa en la suposición de que las condiciones climáticas en un lugar determinado serán similares a las condiciones promedio registradas a lo largo del tiempo en ese lugar. En primer lugar, se necesita un registro extenso de las condiciones climáticas de un determinado lugar. Luego, las condiciones promedio se calculan usando esa información.

Si este método se usa para predecir el clima para un día específico, puede ser preciso o no dependiendo de muchos factores. En primer lugar, la cantidad de datos registrados disponible determina la veracidad de la suposición, cuantos más datos, más precisa será la previsión. Un segundo factor es la varianza de los valores registrados, cuanto mayor sea la varianza, menos precisa será la predicción.

Por esa razón, el uso de este método para predecir el clima para un día específico puede no ser muy preciso a veces. Por ejemplo, para predecir la precipitación el 1 de junio en una estación determinada, si el valor de datos para la precipitación registrada en la estación durante los cinco años pasados es 0, 0, 0, 0 y 50 ml, la precipitación promedio es de 10 ml, por lo que este método predecirá 10 ml para el 1 de junio, pero lo más probable es que la precipitación sea 0, por lo que la predicción es incorrecta.

Este método es muy útil en su lugar, para pronosticar durante un período de tiempo, por ejemplo, para predecir la temperatura promedio en el mes de junio en un lugar específico. En ese caso, la predicción será precisa. Este método es bueno para pronósticos a largo plazo, ya que puede usarse para predecir el clima en más de un año en el futuro.

Por lo tanto, este método es bueno para pronósticos a largo plazo, pero solo para lugares donde los fenómenos predichos tienen poca variación a lo largo de los años. Un ejemplo será la distribución general global del viento, con la cual,



en la zona de Trade Winds del Hemisferio Norte, se puede predecir un viento del noreste usando este método.

#### 4.2.4 MÉTODO ANALÓGICO.

Este método es un poco más difícil de aplicar. Se basa en suponer que un escenario determinado similar producirá el mismo fenómeno específico. Entonces, para hacer una predicción, este método compara la situación actual con una situación pasada que era muy similar a la actual y espera que la evolución de los fenómenos climáticos experimentados en el escenario pasado también suceda en el presente.

La dificultad de este método radica en la dificultad de encontrar otro escenario en el pasado, similar al escenario actual. Debido a la gran variedad de escenarios diferentes, es prácticamente imposible encontrar otro escenario con las mismas condiciones exactas, sin importar cuán lejos se haya buscado en el pasado. Por eso, la comparación entre el escenario actual y uno similar es difícil de automatizar, por lo que debe ser una persona que realice este tipo de predicciones.

Entonces, en este método de pronóstico, la experiencia del pronosticador es el factor determinante de la precisión de la predicción. Puede ser preciso en predicciones a corto plazo pero no a largo plazo, porque las pequeñas diferencias entre las condiciones actuales y las condiciones pasadas comparadas se amplificaron con el tiempo y se volverán demasiado diferentes entre sí para seguir comparando.

Este método es bueno para predecir la tendencia del viento, las olas y las corrientes en un corto plazo (varias horas) basado en una predicción visual realizada por una persona con experiencia, por ejemplo para predecir un giro en la dirección del viento basado en el movimiento de las nubes o crecimiento de la altura de las olas basado en la intensidad del viento. Sin embargo, estas predicciones son solo cualitativas pero no cuantitativas. Por ejemplo, se puede

predecir un cambio en la dirección del viento, e incluso la dirección del cambio, pero la nueva dirección exacta es difícil de predecir con precisión.

Como el comportamiento de las distintas formaciones meteorológicas depende del terreno, la efectividad de este método depende del conocimiento de la zona geográfica, por lo que los lugareños son más capaces de hacer previsiones precisas utilizando este método.

#### 4.2.5 PREDICCIÓN NUMÉRICA DEL TIEMPO.

Este método de pronóstico se basa en el uso de supercomputadoras para ejecutar programas de pronóstico complejos para prever el estado futuro del clima. Estos programas de pronóstico se conocen como modelos de pronóstico y están formados por datos numéricos que representan las características de la atmósfera y los océanos. La forma en que funcionan estos modelos es la siguiente.

En primer lugar, el estado inicial de la atmósfera y los océanos debe ingresarse en el programa informático. Estos datos proceden de varias estaciones meteorológicas y oceanográficas distribuidas por el mundo que proporcionan los datos del estado actual del clima en diferentes partes del mundo. Usando estos datos, el programa crea un modelo virtual de la atmósfera y los océanos.

Luego, como la atmósfera y los océanos son fluidos, el programa aplica las leyes de la dinámica de fluidos y la termodinámica para predecir la evolución de estos fluidos a lo largo del tiempo. El resultado de estos programas debe ser interpretado por especialistas, ya que puede estar en un formato no fácil de entender.

Este método de pronóstico es uno de los más utilizados entre las previsiones de un día y una semana porque es el que proporciona los pronósticos mundiales más confiables. El origen de los errores en la predicción de este método es que las condiciones actuales solo se conocen en algunas posiciones específicas y hay grandes áreas donde no se obtienen datos porque cualquier

estación meteorológica se encuentra en esa área. Esto hace que las condiciones iniciales introducidas en el programa no estén completas, y las condiciones desconocidas en esas áreas deben ser interpoladas a partir de los datos conocidos. Esto produce un error en los datos iniciales que cuando se introduce en las fórmulas para calcular las condiciones futuras también produce un error. Este error sigue creciendo y lleva a una previsión no confiable por más de una semana y una previsión obviamente errónea para un período a largo plazo.

Otro error de este método es que, como es imposible ingresar en la computadora y luego aplicar los cálculos sobre todos los datos del terreno y cómo el terreno afecta el aire que se mueve por encima de él, las fórmulas utilizadas en estos programas no tienen todas las variables en cuenta. Esto afecta la producción general, aumentando los errores causados por la falta de datos iniciales, pero también afecta la precisión de estas predicciones a escala local, donde la importancia de estas pequeñas características del terreno que no pueden ingresarse tiene un efecto importante en el clima real.

#### 4.2.6 MEJOR MÉTODO.

Esos fueron los principales métodos de pronóstico utilizados en la actualidad. Sin embargo, el mejor método de pronóstico no es ninguno de esos, sino la combinación de algunos o todos ellos comparados por un experto pronosticador.

Un buen pronosticador debe reunir todas las diferentes predicciones producidas por varios modelos de pronóstico diferentes. Luego, busque condiciones anteriores similares aplicando el método analógico y use algunas características de los métodos de climatología y persistencia y tendencias, aplicados al conocimiento local de una zona específica para elegir cuál de los modelos de pronóstico es el que más se aproxima a las condiciones reales que pueden desarrollarse en el futuro.

Esto requiere que el pronosticador tenga conocimiento y experiencia sobre los detalles específicos del comportamiento de los fenómenos

meteorológicos en la región específica para donde está haciendo la previsión. Este conocimiento es difícil de implementar en programas informáticos y transmitir a otros pronosticadores, por lo que la experiencia de los individuos sigue siendo un componente principal de la precisión de las predicciones.

#### 4.3 DIFERENTES SISTEMAS DE VISUALIZACIÓN DE PRONÓSTICO.

Los diferentes pronósticos que se pueden hacer también se pueden clasificar por el método utilizado para obtener el pronóstico del pronosticador a la persona interesada en su contenido.

Estos diferentes métodos, que están disponibles, se explicarán en la siguiente sección.

##### 4.3.1 OBSERVACIÓN DIRECTA.

En este primer caso, la persona interesada será la misma que produzca el pronóstico. No todos los métodos de pronóstico pueden ser utilizados por un navegante para producir un pronóstico, incluso menos cuando el navegante está en una carrera de vela, si así se tratará o en plena navegación.

Es poco probable que se use el método de climatología porque se supone que el navegante no debe conocer las condiciones climáticas habituales para esa época del año en la ubicación específica donde se encuentre navegando, a menos que el navegante tenga varios años de experiencia navegando en esa zona, lo que puede ser posible en una ruta habitual que realice el buque. Pero incluso asumiendo que, como esto sirve como una predicción a largo plazo, no es útil predecir las condiciones climáticas específicas que se manifiestan durante una navegación.

Por otro lado, el análogo, las tendencias y los métodos de persistencia pueden ser utilizados por un navegante durante una carrera de navegación para predecir los cambios en las condiciones climáticas a corto plazo. De hecho, los

marineros expertos usan estos métodos constantemente para producir predicciones instantáneas sin darse cuenta.

Un ejemplo de estas predicciones de corto alcance es el uso de las variaciones en la presión atmosférica para predecir la variación del clima en las próximas horas o incluso algunos días. Una caída de la presión se asocia con un deterioro de las condiciones climáticas y un aumento de la presión se asocia con una mejora de las condiciones climáticas. Este ejemplo es una aplicación del método analógico para predecir un posible aumento de la velocidad del viento y la altura de las olas que tendrá un efecto en la navegación. Este tipo de previsión sólo es útil en carreras largas, porque esos cambios tardan al menos varias horas en llevarse a cabo.

Otro ejemplo es la predicción de mal tiempo al observar un tipo específico de nubes, como por ejemplo las de la Figura 30. Este es un ejemplo de la aplicación del método analógico para asociar ese tipo de nubes con vientos fuertes y también las tendencias método para predecir la posición futura de las nubes mirando la dirección en la que se están moviendo en este momento y suponiendo que mantendrán su trayectoria.

Otro ejemplo más es la previsión de ráfagas de viento a muy corto plazo al ver su efecto sobre la superficie del agua. Las diferentes texturas vistas en la superficie del agua son causadas por el viento. En la Figura 31, en el centro de la imagen hay una banda horizontal donde el agua tiene una textura diferente. Esto es causado por una ráfaga de viento que se mueve sobre la superficie del mar y en el momento de tomar la fotografía se colocó sobre esa banda. Los marineros expertos observan estas diferencias en la textura del agua para predecir el golpe de una ráfaga de viento al ver la banda creada por la ráfaga y su desplazamiento y predecir su posición futura utilizando el método de tendencias.



*Ilustración 32. Observación de una tormenta- <http://culturainquieta.com>*



*Ilustración 33. Diferencias en la textura de la superficie del agua- <http://madnessofthereckless.blogspot.com/>*

En los siguientes métodos, la persona interesada en la previsión no es el pronosticador. En esos métodos, el pronosticador hace la previsión y luego se publica o se pone a disposición del público de diferentes maneras.

#### 4.3.2 TRANSMISIÓN DE RADIO O TELEVISIÓN.

Uno de los métodos clásicos y más extendidos que se utilizan para hacer que los pronósticos estén disponibles para el público es transmitirlos por radio o televisión. En los canales de radio marítimos, los pronósticos meteorológicos periódicos se transmiten en todas las áreas utilizando VHF o MF y también mensajes de texto de NAVTEX. Estos pronósticos se refieren al área donde navega el barco y generalmente son predicciones de 24 horas. Se usan principalmente en navegación recreativa o comercial y puede usarse también en algunas regatas costeras o en alta mar, pero como ese servicio está más orientado a proporcionar seguridad a los barcos y no proporcionar información precisa sobre el clima, generalmente no es lo suficientemente preciso para navegaciones de alto rendimiento. Además, el método de presentación no es muy bueno para los servicios de radio, ya que no tiene ninguna referencia visual, que es muy útil en los otros métodos.

Las transmisiones meteorológicas de televisión están dirigidas al público en general, cuyo interés no es el mismo que el de los navegantes. Por esta razón, la información dada en los pronósticos de televisión es generalmente sobre las nubes, la precipitación y la temperatura, que son los aspectos menos importantes para la navegación, y el viento y las olas, que son los fenómenos más importantes para la navegación, aunque generalmente también están indicados, no están bien detallados. Entonces, incluso el método de presentación podría ser mejor debido al soporte visual, la información dada está menos dirigida a los navegantes que en los pronósticos de radio marina, por lo que tampoco es un buen método. Además, cuando en alta mar no hay cobertura, entonces los nuevos pronósticos de televisión no se pueden visualizar.

#### 4.3.3 APLICACIONES DE TELÉFONOS MÓVILES.

Hoy en día existe una amplia gama de diferentes métodos nuevos para acceder a la información a través de Internet. Una de las formas más novedosas de acceder es con teléfonos móviles. Recientemente, ha aparecido una amplia gama de diferentes aplicaciones de pronóstico para teléfonos móviles que se

pueden usar para obtener pronósticos actualizados directamente en el teléfono móvil. Esto representa una ventaja ya que la información se puede acceder en cualquier momento a diferencia de las predicciones de radio o televisión.

Obviamente, este método tiene el mismo problema de cobertura que la televisión. Pero en las carreras costeras, donde hay cobertura de telefonía móvil, algunas aplicaciones pueden ser útiles. Algunas aplicaciones están destinadas al público general, por lo que no presentan la información que es más útil para los navegantes y el método de presentación tampoco es el mejor, pero otras aplicaciones están destinadas a la navegación, por lo que la información que brindan es la indicada, como por ejemplo viento, olas o corrientes.

Los métodos de presentación son diferentes. Algunos se presentan como una lista de las diferentes condiciones que se encontrarán durante un cierto tiempo en un lugar determinado. Estos pueden ser buenos para una carrera de curso corta, pero no para otras carreras de vela. Otros se presentan como un mapa. Estos son mejores porque proporcionan información para lugares específicos pero también para áreas amplias, por lo que es más fácil planificar una larga ruta costera con este método de visualización. En una trayectoria costera, el pronóstico puede actualizarse constantemente y, en algunas aplicaciones, si el teléfono móvil está equipado con un GPS, lo cual es habitual hoy en día, su posición y movimiento se pueden ubicar en el mapa de predicción, lo cual es muy útil para la visualización.

#### 4.3.4 PÁGINAS WEB EN LÍNEA.

Hay muchas páginas web que ofrecen predicciones meteorológicas mundiales con varios métodos de presentación diferentes (Figura 32 y Figura 33). Las características de las previsiones de las páginas web son similares a las de los teléfonos móviles. También requieren cobertura y sus métodos de presentación también son los mismos, por lo que las ventajas y desventajas son las mismas.





en la cuadrícula es la información meteorológica y oceanográfica generalmente extraída de un resultado del modelo de predicción meteorológica numérica que puede haber sido corregido por algunos pronosticadores profesionales.

Al descargar previamente un programa que incluye un mapa geográfico del mundo, al descargar solo un archivo GRIB, todos los datos meteorológicos y oceanográficos se muestran en el mapa. Además, como el archivo GRIB se guarda en la computadora, se puede revisar en cualquier momento, sin tener que volver a descargarlo, lo que sucede en la aplicación del teléfono móvil o en las páginas web en línea. Esto significa que no se necesita cobertura para acceder al pronóstico si se descargó previamente.

Los archivos GRIB son archivos muy comprimidos que contienen gran cantidad de datos sin ocupar mucho espacio. Esto significa que pueden descargarse con una conexión muy débil sin gastar demasiados recursos. Esto es fundamental en la navegación en alta mar, donde no hay cobertura terrestre, por lo que todos los datos deben proporcionarse por satélite, que generalmente no permite una banda ancha. Entonces, este tipo de archivo es el mejor para las navegaciones en alta mar, porque es el único que se puede actualizar fácilmente.

En este proyecto, el programa utilizado para ejemplificar estos programas basados en archivos GRIB será el programa zyGrib. La descarga del programa en sí y los datos de GRIB son totalmente gratuitos, lo cual es otra ventaja de este sistema de visualización de previsión. El pronóstico en este programa incluye la previsión de las condiciones desde el momento actual hasta dentro de 8 días.

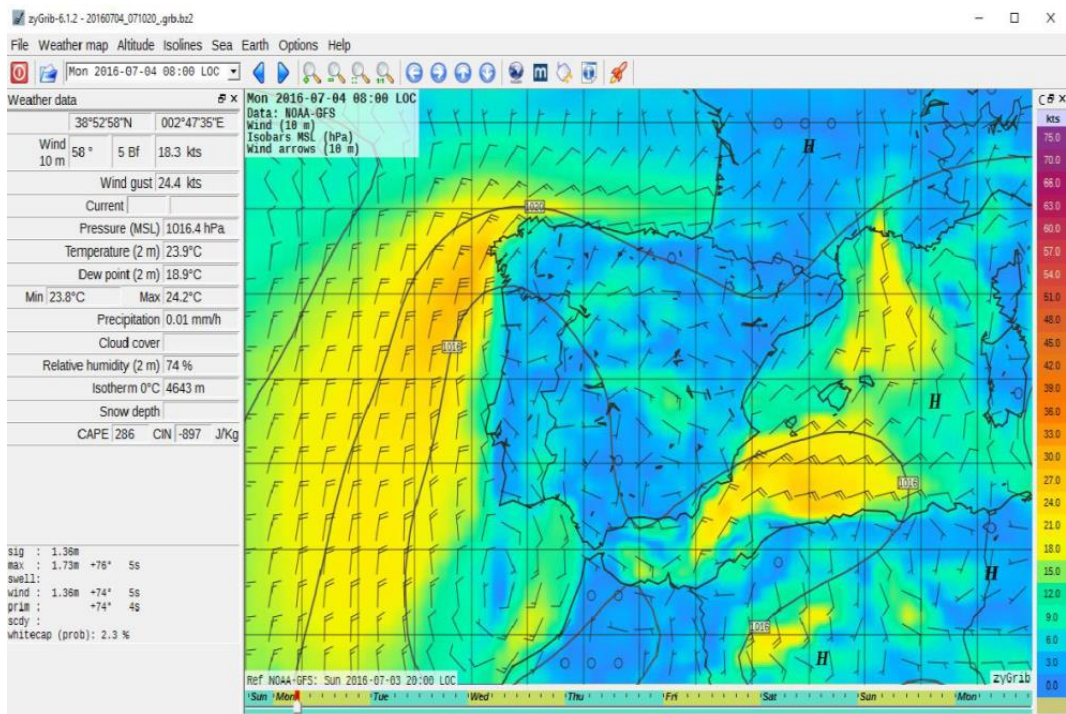


Ilustración 34. Archivos Grib- <http://rodamedia.com/meteo/meteo marina/>

La información que se muestra en el programa zyGrib se puede ver en la Figura 34. Sobre el mapa mundial contenido en el programa, se pueden mostrar diferentes superposiciones. La representación es por un tiempo específico y este tiempo se puede cambiar entre los 8 días disponibles con un período de 3 horas. Para cada fenómeno meteorológico u oceanográfico, la representación en el mapa consiste en una escala de colores y una simbología. Todos los valores se pueden mostrar en diferentes unidades.

En el ejemplo, la escala de colores se especifica en el lado derecho del mapa, de modo que los colores en el mapa se puedan comparar con su valor. En el ejemplo, el fenómeno principal que se muestra en el mapa es el viento. Como en la mayoría de los fenómenos, la escala de colores representa su intensidad. La simbología en este caso consiste en barbas de viento, que indican la dirección y también la intensidad del viento. Como se puede ver en la Figura 34, el viento no es el único valor que se representa en el mapa al mismo tiempo. También la presión está representada por las isobaras y los centros de alta y baja presión. Entonces, cómo se puede ver, diferentes superposiciones pueden mostrarse en el mapa al mismo tiempo.

Otros ejemplos de superposiciones que se pueden mostrar en el mapa de forma alternativa o simultánea son; la temperatura, que se muestra con la escala de colores y valores numéricos en el mapa; las olas, con una escala de colores que representa su altura y flechas que indican su dirección (diferentes ondas de información pueden mostrarse alternativamente en el mapa, olas significativas, olas máximas, olas del mar, olas de mar de fondo y probabilidad de casquete blanco, todas representadas por flechas y un color escala); la cobertura de nubes y la precipitación, representadas con una escala de colores que indica el porcentaje de la cobertura de nubes o la cantidad de precipitación.

En el lado izquierdo del ejemplo, se representa una lista de los fenómenos meteorológicos más importantes. Situando el cursor sobre una posición en el mapa, todos los datos importantes sobre esa ubicación se representan en el lado izquierdo del mapa, incluidos el viento, la presión, la temperatura y las olas en la esquina inferior izquierda, así como otros datos importantes.

Se puede mostrar otra función haciendo clic en una parte del mapa, que representa la evolución de los fenómenos durante el tiempo de la predicción en el lugar seleccionado. Esto se puede ver en la table 5. Los datos que se muestran en la tabla se pueden seleccionar entre todos los datos disponibles.

40°03'59"N 001°55'47"E

Location: 40°03'59"N 001°55'47"E  
 Reference date: NOAA-GFS: Sun 2016-07-03 20:00 LOC  
 Reference date: FNMOC-WW3-MEDIT: Sun 2016-07-03 14:00 LOC

	Sun 2016-07-03					Mon 2016-07-04					Tue 2016-07-05				
	06:27 LOC # 21:23 LOC	05:36 LOC # 20:17 LOC 39%	02:00 LOC	05:00 LOC	08:00 LOC	11:00 LOC	14:00 LOC	17:00 LOC	20:00 LOC	23:00 LOC	02:00 LOC	05:00 LOC	08:00 LOC	11:00 LOC	
<b>Wind (10 m)</b>	66° 12.8 kts 4 Bf	72° 12.8 kts 4 Bf	93° 8.1 kts 3 Bf	58° 10.0 kts 3 Bf	74° 11.1 kts 4 Bf	62° 17.1 kts 5 Bf	65° 16.1 kts 5 Bf	62° 15.7 kts 5 Bf	60° 15.6 kts 5 Bf	75° 9.5 kts 3 Bf	33° 9.2 kts 3 Bf	23° 10.7 kts 4 Bf	59° 7.5 kts 3 Bf	15° 6.5 kts 3 Bf	
<b>Wind gust</b>	14.4 kts	13.4 kts	9.6 kts	11.9 kts	13.8 kts	20.7 kts	19.1 kts	17.9 kts	18.3 kts	11.0 kts	10.4 kts	12.6 kts	9.3 kts	8.0 kts	
<b>Current (sfc)</b>															
<b>Cloud cover</b>															
<b>Precipitation</b>	0.00 mm/h	0.00 mm/h	0.00 mm/h	0.00 mm/h	0.00 mm/h	0.00 mm/h	0.00 mm/h	0.16 mm/h	0.08 mm/h	0.00 mm/h	0.00 mm/h	0.00 mm/h	0.00 mm/h	0.00 mm/h	
<b>Temperature (2 m)</b>	23.5°C	24.1°C	23.9°C	24.1°C	24.3°C	24.3°C	24.4°C	24.1°C	24.4°C	24.6°C	24.6°C	24.5°C	24.6°C	24.7°C	
<b>Gap temp-dewpoint (2 m)</b>	4.5°C	4.9°C	5.1°C	5.6°C	5.5°C	5.0°C	4.8°C	4.2°C	4.6°C	4.8°C	4.8°C	4.5°C	5.1°C	4.9°C	
<b>Isotherm 0°C</b>	4742 m	4712 m	4694 m	4620 m	4593 m	4512 m	4545 m	4512 m	4619 m	4598 m	4503 m	4499 m	4461 m	4411 m	
<b>Pressure (MSL)</b>	1019.2 hPa	1019.5 hPa	1019.7 hPa	1019.9 hPa	1018.3 hPa	1019.0 hPa	1018.8 hPa	1017.6 hPa	1016.3 hPa	1017.6 hPa	1017.0 hPa	1016.0 hPa	1016.0 hPa	1017.4 hPa	
<b>Swell</b>	0.1 m 137° 5 s	0.1 m 137° 5 s	0.2 m 137° 6 s	0.2 m 136° 6 s	0.2 m 141° 6 s	0.2 m 139° 6 s	0.2 m 142° 6 s	0.3 m 143° 7 s	0.3 m 143° 7 s	0.4 m 60° 4 s	0.4 m 60° 4 s	0.3 m 50° 5 s	0.3 m 50° 5 s	0.2 m 47° 5 s	
<b>Maximum wave</b>	1.0 m 39° 6 s	0.9 m 43° 6 s	0.8 m 43° 6 s	0.7 m 71° 3 s	0.8 m 71° 3 s	0.8 m 68° 4 s	0.8 m 68° 4 s	0.7 m 72° 3 s	0.7 m 72° 3 s	0.6 m 94° 5 s	0.6 m 94° 5 s	0.5 m 65° 5 s	0.5 m 65° 5 s	0.4 m 65° 5 s	

Tabla 5. Tabla de datos meteorológicos- <http://rodamedia.com/meteo/meteomarin0>



## CAPÍTULO V: EFECTOS DE LA METEOROLOGÍA Y OCEANOGRAFÍA EN LA NAVEGACIÓN

---

Los principales factores que afectan a la navegación son el viento y el oleaje, como hemos visto en capítulos anteriores, lo que contribuye a un estado de la mar inestable.

La acción de las olas es siempre un obstáculo y en ocasiones un grave peligro para la navegación. No existe otro fenómeno que influya tanto a la navegación de un barco como las olas. Siendo así, debido no sólo a que son capaces de mantener el avance de un barco durante horas, de zarandear y destrozar la estructura de un buque por muy grande que sea, incluso hundirlo, sino porque el propio barco al navegar va generando olas mayores según la velocidad del buque, que frenan su velocidad.

En la siguiente ilustración se muestran las diferentes difíciles situaciones en las que puede encontrarse una embarcación como resultado de la acción de la mar; movimientos exagerados, fuertes cargas (especialmente impactos), y abundante embarque de agua, son las consecuencias más peligrosas de esa acción. Todas ellas pueden llegar a comprometer seriamente la vida de la nave. Sin llegar a tan grave circunstancia se pueden producir otros efectos que de algún modo deterioran el comportamiento de la embarcación. Los movimientos, por ejemplo, reducen la capacidad de los equipos y sistemas, causan fatiga y malestar a los hombres, y aumentan la probabilidad de avería. A veces los movimientos del casco inducen otros, periódicos, en los líquidos encerrados en los tanques; cuando el período de excitación está cercano al del movimiento del fluido en el tanque, pueden aparecer fuerzas de gran magnitud.

En cuanto a las cargas estructurales del buque los fuertes golpes en el pantoque o la acción que realiza el barco que se conoce como “slamming” son las que más daño suelen causar a la estructura. A veces la fuerza que liberan las olas al romper sobre la estructura de la embarcación puede también causar graves accidentes, llegando a ocasionar su pérdida. En barcos grandes los momentos flectores y de torsión, y las fuerzas a las que están sometidas las

estructuras al moverse entre olas, son también considerables por lo que se les debe prestar una especial atención. De menor entidad son otros efectos como la pérdida involuntaria de velocidad, la disminución de estabilidad o la fuerza que ejerce el mar cuando su acción se efectúa por la popa, efecto conocido como “broaching”.

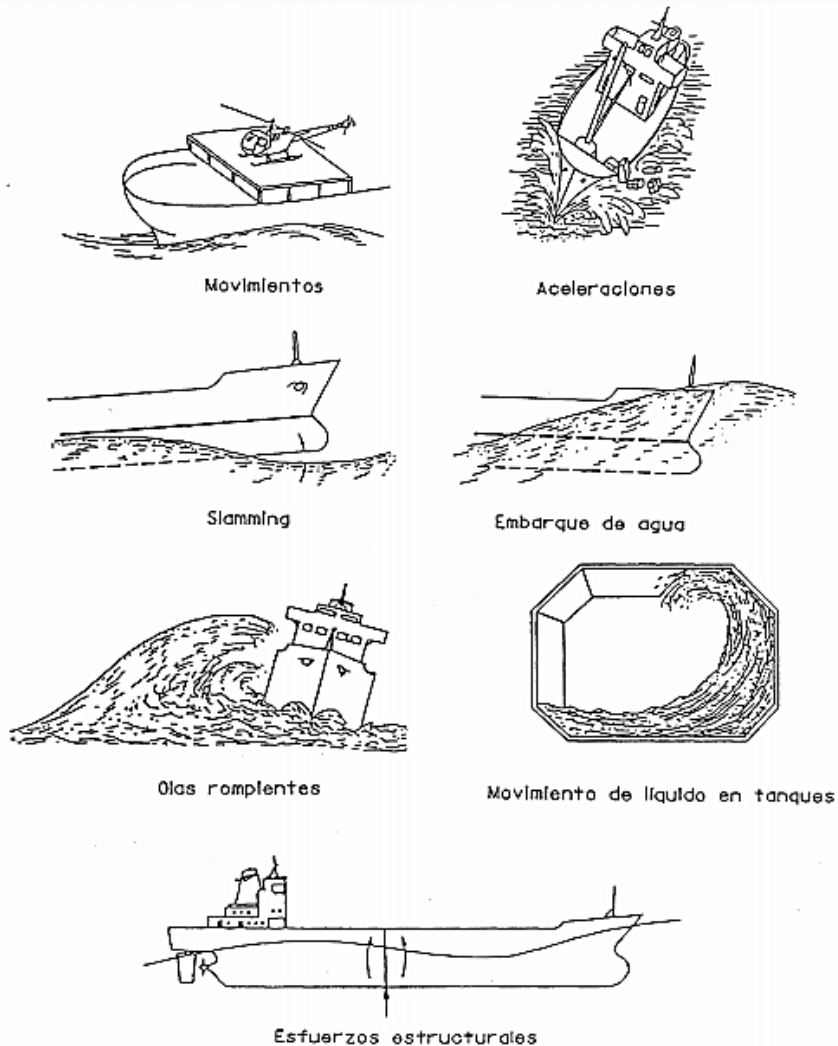


Ilustración 35. Esfuerzos estructurales del buque- <https://www.enc.es/>

Los tres principales movimientos que puede experimentar un buque navegando, son el balanceo, cabeceo y oscilación vertical.

Cuando el buque navega atravesado a la mar, es decir, con el oleaje golpeando por el través, éste empuje de las olas junto con la resistencia lateral,

provoca un par escorante al que debe contrarrestar u oponer inmediatamente el par adrizante. El resultado son los movimientos de balanceo del buque. Si estos balances son muy grandes la estabilidad del buque puede verse comprometida ante el riesgo de sobrepasar el ángulo crítico de equilibrio dinámico correspondiente al par escorante debido al oleaje, ya que si los balances del buque se sincronizan con el empuje de las olas, el balanceo del buque será cada vez mayor. La solución a este problema sería cambiar la dirección o rumbo del buque para recibir la acción de las olas por la amura de la banda y no por el través.

Si un buque navega proa a la mar entonces el principal problema se debe a los fuertes cabeceos que provocan grandes esfuerzos sobre la estructura longitudinal del casco que pueden producir deformaciones (quebranto o arrufo) y debilitan la estructura. Además, navegando contra la mar es difícil evitar que se produzcan incómodos pantocazos. Para evitar dicho problema y reducir el impacto en la estructura del buque, debemos reducir o variar nuestra velocidad.

Navegando popa a la mar el principal problema es que el gobierno del buque puede ser defectuoso. Al moverse el buque en la misma dirección y sentido que la ola, la velocidad del buque respecto al agua puede ser muy pequeña, incluso menor que la mínima velocidad de gobierno. Existe entonces el riesgo de quedar atravesados al mar en el momento de descender de una cresta, pudiendo quedar el buque en una situación muy comprometida. Debemos evitar este problema navegando a un rumbo tal que recibamos el mar por la aleta en lugar de recibirlo por la popa.

## **5.1 MOVIMIENTO Y OSCILACIÓN DEL BUQUE.**

El buque en el mar, sometido a todas las fuerzas actuantes, se mueve según seis (6) grados de libertad. Tres de traslación y tres de rotación.

Traslaciones:

1 Movimiento vertical de ascenso y descenso: Arfada



2 Movimiento lateral a ambas bandas: Deriva

3 Movimiento longitudinal de avance ó retroceso.

Rotaciones:

4 Según el eje vertical: Guiñada de rumbo.

5 Según el eje transversal: Cabeceo.

6 Según el eje longitudinal: Balance.

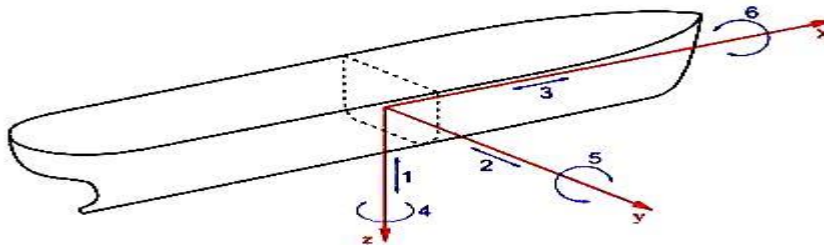


Ilustración 36. Gráfico, movimiento y oscilación del buque- <https://desdegetxo.blogspot.com>

## 5.2 EQUILIBRIO Y ESTABILIDAD DEL BUQUE ENTRE OLAS.

La estabilidad es la tendencia de un buque a volver a su posición de adrizado después de ser escorado por fenómenos externos como pueden ser el viento o las olas.

Las diferencias que existen en el estudio del movimiento del buque en aguas tranquilas y entre las olas, es que la fuerza de empuje y del peso del buque (desplazamiento D) son siempre iguales en el primero mientras que en el segundo al moverse el buque entre las olas debido al movimiento u ondulación del perfil de las mismas hace que las fuerzas anteriormente dichas vayan variando de una posición máxima con el buque en el seno de la ola a una mínima en la cresta de la misma.

Imaginando que la siguiente figura es un buque, se explicará más detalladamente el adrizado y el par de estabilidad de un buque:

Si un buque adrizado escora un ángulo  $I$  inferior a  $15^\circ$ , pasará de la flotación LF a L'F' y el desplazamiento continuará actuando en G por no haberse variado la posición de los pesos. Por el contrario, el centro de carena (C) variará su posición pasando a C'. En este momento, la nueva vertical del empuje del agua corta al plano diametral en un punto llamado metacentro (M). Punto donde confluye el plano diametral del buque y a vertical trazado desde la carena, si éste último es desplazado por una escora, M sería el punto máximo hasta dónde puede llegar el centro de gravedad (G) para que el buque sea estable.

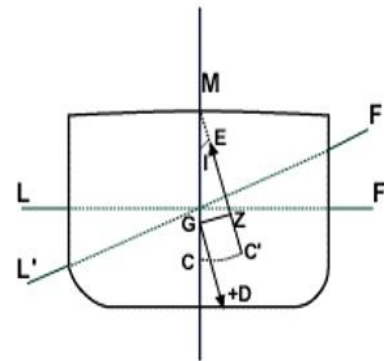


Ilustración 37: Par adrizante y estabilidad. <http://estabilidadbuque.blogspot.com/>

Observando la figura veremos que el Desplazamiento (D) está actuando hacia abajo sobre G, y el empuje (E) sobre C' y hacia arriba, creando de este modo un par de fuerzas, cuyo brazo es el GZ. Este brazo será perpendicular a la vertical del empuje (E), y al actuar sobre el buque lo hace girar en el sentido de la flecha, adrizándolo. Momento del Par de Estabilidad.  $Me = D \times GZ$ .

Como hemos visto, la condición de estabilidad de un buque dependerá siempre del par de estabilidad y éste depende de la posición del centro de gravedad y el centro de carena.

La distancia CM o radio metacéntrico, así como KC, se encuentran en las curvas hidrostáticas mientras que la distancia KG es la altura del centro de gravedad sobre la quilla, por lo que la altura metacéntrica (GM) será la diferencia entre KM y KG.

$$KM = CM + KC$$

$$GM = KM - KG$$



*EQUILIBRIO INEXISTENTE O ESTABILIDAD NULA:*

En el caso de que coincidan G y M no se genera ningún par de fuerzas por lo que el buque quedará en la posición escorada. GM nulo

$$KM = KG$$

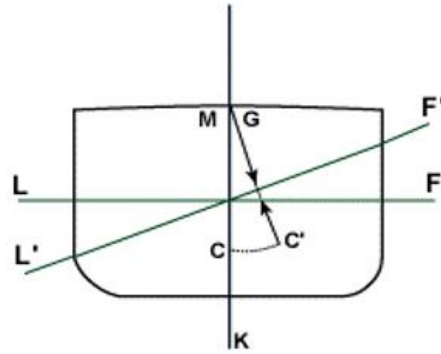


Ilustración 40. Equilibrio inexistente- <http://estabilidadbuque.blogspot.com/>



## CAPÍTULO VI: ACCIDENTES MARINOS POR CAUSAS METEOROLÓGICAS Y OCEANOGRÁFICAS

---

El 80% de los accidentes marítimos ocurre por el fallo humano, es decir, en un mal trincaje de la carga, en una mala gestión de la guardia, en cargar el buque por encima de la línea de máxima carga influyendo luego en la navegación con mal tiempo, etc. un 15% responde a causas debido a la naturaleza de la estructura del barco, es decir, un barco que en el momento de fabricación, tuviera algún defecto y en navegación sufriera un fallo estructural. El último 5% se debe a los efectos externos, como bien pueden ser y hemos mencionado anteriormente, meteorológicos u oceanográficos. Ciertamente es que estos factores externos, tienen menor influencia en la navegación de los barcos si anteriormente se estiba y se trinca de forma correcta la carga, además de conocer con certeza el clima y la oceanografía antes de zarpar.

Las causas principales de accidentes marinos por agentes externos como pueden ser el viento o las olas, son por peligrosas escoras o asientos, embarques de agua o vías de agua en el casco del buque, pero en la mayoría de los casos el efecto del viento y sobre todo de las olas puede hacer que la carga que se lleva a bordo se desplace acompañando al movimiento de escora del barco causando un grado de escora superior al máximo del buque como se explicó en el capítulo anterior, lo que puede causar el hundimiento del barco, ya que al mantener el barco una escora crítica debido a un corrimiento de carga y estando sometido a la fuerza de las olas puede ocurrir que el barco se hunda.

Los corrimientos de carga en los buques de carga general, o en un flat rack, contenedor cerrado, open top, etc., se producen con relativa frecuencia, sobre todo cuando los buques navegan con mal tiempo y se producen balances y cabezadas. En algunas navieras los Capitanes exigen un Certificado de trincaje de cada flat rack que se va a embarcar, emitido por un Surveyor cualificado y con experiencia, siguiendo normas de la Naviera.

Los siniestros por corrimiento de carga suelen tener un alto coste, pues además del daño que se puede producir a la mercancía trincada/asegurada, se pueden producir daños a otras mercancías, contenedores y/o al buque, con posibles demoras del mismo, etc.

Es difícil de imaginar para una persona que nunca ha navegado, a un barco bajo la fuerza de una tormenta y los tipos de movimientos que puede llegar sobre la estructura del barco sin llegar a zozobrar por la fuerza de las olas y el viento.

Entre los diez accidentes más importantes de la historia de la navegación, se encuentra el accidente del buque llamado, Toya Maru, cuyo hundimiento ocurrió en Septiembre de 1954, dejando un estimado de 1500 víctimas. El hundimiento fue causado por el tifón Marie, el cual abordó a la embarcación en el estrecho de Tsugaru, entre las islas japonesas Hokkaido y Honsu.

A continuación mostramos una serie de ilustraciones de accidentes marítimos causados por las inclemencias meteorológicas y oceanográficas.



Ilustración 41. Accidentes marinos- <http://tecnologia-maritima.blogspot.com>

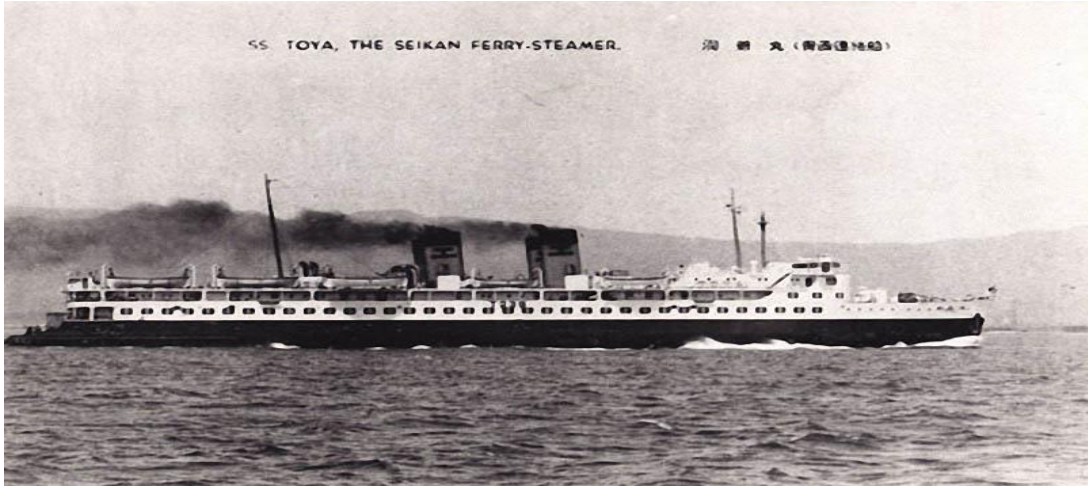


Ilustración 42. Toya Maru. <https://www.britannica.com/>





## CAPÍTULO VII: PREVENCIÓN Y PREPARACIÓN ANTE INCLEMENCIAS METEOROLÓGICAS Y OCEANOGRÁFICAS

---

En este capítulo, haremos referencia a la prevención y preparación de la estiba y trincaje de la carga con antelación a la navegación.

En los contenedores cerrados, la regla de oro consiste en no dejar espacios libres, es decir, que la estiba sea compacta, asegurando con madera, eslingas de nylon, sacos de aire, etc., la mercancía susceptible de moverse dentro del contenedor. El concepto sería aplicable también para la bodega de un buque, siendo también un espacio cerrado.

El oficial encargado de la carga y descarga del buque, debe de tener conocimiento sobre el material de trincaje que se suele utilizar, tipos de cables, cintas de nylon, tensores, resistencia de todos los elementos, lugares donde se deben de soldar cáncamos (evitando soldar sobre algún tanque de combustible), dirección en que se deben de soldar los cáncamos, como colocar los pernos, resistencia del plan de la bodega y de las escotillas del buque, como se deben de trincar las diferentes mercancías, número de trincas aconsejables, etc, etc. Además debe tener un conocimiento exacto de la línea de carga máxima y línea de flotación, haciendo referencia al Disco Plimsoll, ya que se debe tener en cuenta el agua por el que se vaya a navegar en un futuro y lo q afecte al calado de nuestro barco.

En buques de carga rodada (Buques RO-RO), la estiba y sujeción de la carga debe realizarse igualmente por el oficial designado. Los vehículos deben poner la marcha que les indique el marinero y el freno de mano. Por parte del trincaje que deben realizar los marineros y que debe ser supervisado por el oficial antes de zarpar, en vehículos de turismo, se utilizarían tacos de madera en las ruedas. Las motos irían amarradas con cinchas a los pies de elefante en el suelo del garaje o a trincas laterales. Y por su parte las planchas, remolques, y camiones, deben ir trincados con tacos de madera, trincas y cadenas fijas a los

pies de elefante. Además, los remolques por su parte, deben descansar sobre burras o caballetes, evitando así que descansen sobre sus piernas delanteras.

La estiba en estos tipos de buque no debe en ningún caso obstaculizar las vías de evacuación, vías de carga y descarga, entradas o salidas donde se encuentren los equipos contraincendios, equipos de rescate, equipos de navegación, etc.

Todos los equipos de trincaje y estiba de la carga deben ser inspeccionados con regularidad, ya que de ello depende la seguridad de la carga y a su vez, la seguridad íntegra del buque, ya que un golpe de mar puede conllevar a un corrimiento de carga si esta estuviese mal sujeta o los medios de trincaje no fuesen seguros, lo que a su vez conllevaría a una escora importante del buque a una banda y con posibilidad de zozobra y posterior hundimiento.

El siguiente subapartado, se basa en los procedimientos y tareas que debe seguir cada miembro de la tripulación en un buque RO-PAX cuando se navega con visibilidad reducida, con olas, mar de viento, etc.

## **7.1 PROCEDIMIENTO NAVEGACION CON MAL TIEMPO EN BUQUE RO-PAX.**

### **1. OBJETIVO Y ALCANCE**

- Adoptar las medidas operacionales apropiadas para la navegación en condiciones climáticas adversas con el fin de prevenir cualquier peligro derivado de dicha situación.

- Todos los buques de la compañía.

### **2. REFERENCIAS Y ESTÁNDARES APLICABLES**

- Convenio internacional sobre normas de formación, certificación y guardia para la gente de mar (STCW).

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

- Guía de procedimientos del puente. Cámara de embarque internacional (ICS)

### *3. DEFINICIONES*

- Condiciones climáticas adversas: la situación en la cual el mar y la atmósfera presentan condiciones tan adversas que es necesario considerar cambiar el plan de viaje y / o implementar medidas de seguridad adicionales en el buque.

### *4. DEBERES*

- El Capitán será responsable de garantizar que el proceso descrito en este procedimiento se realice en su barco.
- El Capitán deberá asegurar la disponibilidad, cuando sea necesario, de los documentos de NIVEL III listados a continuación, en la sección "Documentos - Registros - Archivos" de este procedimiento.
- El primer oficial será responsable de verificar que este procedimiento se haya implementado y que los oficiales y otros miembros de la tripulación que participen en este proceso sean plenamente conscientes y cumplan adecuadamente con sus respectivas funciones. Para este propósito, el Primer Oficial utilizará la Lista de navegación correspondiente en el Tiempo Adverso.
- El Oficial de guardia será responsable del cumplimiento de este procedimiento por parte del personal de servicio en el barco.
- El EngineeronWatch será responsable de garantizar que los servicios del propulsor, los servicios de mando, el lastre, etc. correspondan a las necesidades expresadas de tanto en tanto por el puente, y requiera la asistencia del jefe de ingenieros cuando sea necesario.
- Cada Oficial y miembro de la tripulación mencionado en la sección 5 de este procedimiento será responsable de las funciones asignadas a ellos en este procedimiento.

### *5. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD*

El cumplimiento de este procedimiento no exime a ninguna de las personas o funciones enumeradas del estricto cumplimiento de las obligaciones

pertinentes establecidas por la legislación, los reglamentos, las normas y los códigos nacionales e internacionales aplicables.

5.1. El Oficial de guardia evaluará continuamente las condiciones meteorológicas y del mar y actualizará toda la información disponible (mapas, boletines, notificaciones de navegación, avisos de envío, etc.)

- El Oficial de guardia evalúa el tráfico y la situación de forma continua.

- El Oficial de guardia establece la ruta y la velocidad de acuerdo con las regulaciones para proceder de forma segura con el curso (plan de viaje) establecido por el Capitán.

5.2. Si el clima es adverso o se prevé que sea adverso, el Oficial de guardia puede decidir entre los siguientes cursos de acción: (ver Lista de verificación)

- Informar al Capitán

- Informe al oficial de la máquina de guardia

- Pídale al vigilante de la cubierta de la tripulación que se asegure de que la carga esté asegurada adecuadamente.

- Pídale al vigilante de cubierta o al equipo que se aseguren de que la carga esté debidamente asegurada.

- Verifique la sujeción de objetos móviles en cubierta, botes, balsas salvavidas, cuerdas, etc., para ser verificados por el vigilante de cubierta o la tripulación de cubierta.

- Verifique que las compuertas laterales, de proa y de popa, las rampas, la visera, etc. se cierren adecuadamente y que sean herméticas, y verifique el amarre manual e hidráulico, para que las realice el vigilante de cubierta o la tripulación de cubierta.

- Verificar los objetos ubicados debajo de la cubierta o dentro de la plataforma, para que los lleve a cabo el personal de cada departamento.

- Verifique las puertas correderas estancas mediante señales y / o por el vigilante de la plataforma o la cubierta y la tripulación del motor.

- Comprobar estabilizadores

- Verifique las válvulas de clima adverso y los desagües de la cubierta, para ser llevados a cabo por el vigilante de cubierta o la plataforma y la tripulación del motor.

- Actualiza la información meteorológica con más frecuencia.

- Actualizar información sobre estabilidad.

5.3. El Capitán verificará los elementos anteriores.

5.4. El Capitán evaluará las condiciones del barco.

- Dependiendo de las condiciones climáticas, el Capitán decidirá si es necesario cambiar el plan de viaje.

- El Capitán establece el rumbo y la velocidad.

- Siguiendo las órdenes del Capitán, el Oficial de guardia modificará el plan de viaje (procedimiento SEG 07 - 10 plan de viaje)

5.5. El proceso continúa y se repite hasta que el Capitán considera que el periodo de clima adverso ha pasado.

## 6. DOCUMENTOS - REGISTROS - ARCHIVOS

- Notas en el libro de registro.

- Órdenes del capitán con respecto a la situación climática adversa, en el Libro de registro.

- Instrucciones de trabajo (NIVEL III): para cada barco, si es necesario y según el equipo disponible, instrucciones de funcionamiento para equipos tales como fax, navtex, radio, software de cálculo de estabilidad, válvulas antirretorno, estabilizadores, etc. todos disponibles para el Oficial de guardia.

SHIP:		CODE:	DATE:	VOYAGE NO.:
		OK	OBSERVATIONS	
01	Inform the Captain			
02	Inform the Engineer on Watch			
03	Cargo securing			
04	Closure of shell doors, gates, windows, etc.			
05	Securing movable objects on deck (boats, life rafts, ropes, etc.)			
06	Side doors, bow and stern ramps/doors, etc.			
07	Securing movable objects under deck (cabins, lounges, galley, etc.)			
08	Watertight sliding doors			
09	Stabilisers			
10	Non-return valves and scuppers			
11	Update weather information			
12	Update stability information (Gmc,Td., tank status, etc.)			
13	CAPTAIN'S ORDERS			

- Procedimientos específicos (NIVEL III): cada unidad de flota que no aplique este procedimiento de NIVEL II directamente desarrollará un procedimiento específico (NIVEL III) para adaptar el presente procedimiento a las características especiales de esa unidad.

REGISTRO FORMATO ARCHIVO ADMINISTRADOR

NAVEGACIÓN EN LA LISTA DE CONTROL ADVERSO DEL TIEMPO SÍ •  
PRIMER OFICIAL

Tambien se tendrá que rellenar un check-list

**NAVIGATION IN ADVERSE WEATHER CHECKLIST**

**THE PERSON RESPONSIBLE**

**DATE AND SIGNATURE:**

## 7.2 PROCEDIMIENTO PARA NAVEGACIÓN CON VISIBILIDAD REDUCIDA.

### 1. OBJETIVO Y ALCANCE

- Cumplir con las disposiciones del Reglamento internacional para prevenir colisiones en el mar, el Convenio STCW, el Convenio SOLAS y cualquier otra regulación aplicable.

- Todos los buques de la compañía.

### 2. REFERENCIAS Y ESTÁNDARES APLICABLES.

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

Código HSC Capítulo 18.2

- Regulaciones internacionales para la prevención de colisiones en el mar (COLREG)

- Normas de la Convención Internacional de Formación, Certificación y Guardia para la Gente de Mar (STCW).

- Guía de procedimientos del puente. Cámara de embarque internacional (ICS)

### 3. DEFINICIONES.

- Visibilidad reducida: todas las condiciones donde la visibilidad se reduce debido a la niebla, la neblina, la nieve, las fuertes lluvias, las tormentas de arena u otras causas similares.

- Vigilante: cualquier oficial de cubierta o miembro de la tripulación a quien se le hayan encomendado las funciones descritas en el párrafo "Deberes".

- Distancia de visibilidad reducida: distancia del barco en el que se considera que la visibilidad es reducida.

- Velocidad segura: la velocidad que permite al buque realizar la maniobra adecuada requerida para evitar colisiones y detenerse a una distancia apropiada para el momento y las circunstancias.



#### 4. DEBERES.

- El Capitán será responsable de la implementación y el cumplimiento del presente procedimiento en el barco bajo su mando.
- El Capitán será responsable de determinar, en cada caso, la distancia de visibilidad reducida, el número de vigilantes que se establecerán y la velocidad segura.
- El Capitán asegurará la disponibilidad de los documentos de NIVEL III a los que se hace referencia a continuación, en la sección "Documentos - Registros - Archivos" de este procedimiento.
- El Oficial de guardia será responsable del cumplimiento de este procedimiento por su parte y por parte del personal de servicio en el buque.
- El Engineer on Watch será responsable de garantizar que los servicios de maniobras, los servicios de mando, la iluminación, etc. correspondan a las necesidades expresadas de tanto en tanto por el Bridge, y requiera la asistencia del Jefe de ingenieros cuando sea necesario.
- Aquellos miembros de la tripulación nombrados como vigilantes son responsables de llevar a cabo un monitoreo visual y auditivo apropiado en todo el horizonte y de notificar prontamente cualquier hallazgo al Oficial de Vigilancia y al Capitán.
- Los miembros de la tripulación del Departamento de Steward y cualquier otro miembro de la tripulación que así lo requiera serán responsables de retirar las cortinas y apagar las luces internas cuando el Oficial de guardia lo solicite.
- El primer oficial será responsable de verificar que este procedimiento se haya implementado y que los oficiales y otros miembros de la tripulación que participen en este proceso sean plenamente conscientes y cumplan adecuadamente con sus respectivas funciones. Para este fin, el primer oficial utilizará la correspondiente lista de navegación con visibilidad reducida (ver Anexo).

## 5. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.

El cumplimiento de este procedimiento no exime a ninguna de las personas o funciones enumeradas en este documento del estricto cumplimiento de las obligaciones pertinentes establecidas por las leyes, reglamentos, normas y códigos nacionales e internacionales aplicables.

5.1. El Oficial de guardia evalúa la visibilidad de forma continua.

- El Oficial de guardia evalúa el tráfico y la ubicación de forma continua.

- El Oficial de guardia establece la ruta y la velocidad de acuerdo con las regulaciones para proceder de forma segura con el curso (Plan de viaje) establecido por el Capitán.

5.2. Si la visibilidad se reduce o se espera que se reduzca, el Oficial de guardia puede decidir entre los siguientes cursos de acción: (ver la lista de navegación con visibilidad reducida)

- Informar al Capitán

- Presta atención a los motores y notifica al Engineer sobre Watch

- Dos engranajes de dirección están en funcionamiento

- Dirección de la mano

- Todos los radares están operativos

- Verifique que las luces de navegación estén encendidas

- Emisión de señales de sonido.

- Apague las luces de la plataforma y atenúe la iluminación interna para evitar deslumbramientos.

- Verifique que VHF esté operativo en el Canal 16 y en el otro canal auditivo utilizado en el área donde se supervisa la navegación (Centros de control de tráfico, Pilotos, etc.).

- Al navegar aguas poco profundas, ecosonda operativa.

- Verifique las puertas correderas estancas

- Establecer vigilantes

- Hasta que el Capitán llegue a la nave y asuma el comando, el Oficial de Vigilancia estará a cargo de establecer la ruta y la velocidad segura.

5.3. Cuando el Capitán llega al Puente.

- El Capitán asume el comando, notificando expresamente al Oficial de Vigilancia, quien, desde ese momento, ayudará al Capitán en sus tareas.

- El Capitán verificará el párrafo 5.2.

- El Capitán evaluará la visibilidad, la ubicación y el tráfico

- El Capitán establece los cursos y la velocidad.

- El Capitán considerará la posibilidad de atraque.

5.4. Este proceso continúa hasta que el Capitán considera que la visibilidad es suficiente.

## 6. DOCUMENTOS - REGISTROS - ARCHIVOS

- Notas en el libro de registro.

- Órdenes del capitán sobre la distancia a la que se considera que la visibilidad es reducida, el número de vigilantes establecidos, el reducir la velocidad, etc., debe registrarse en el Libro de registro. • Al realizar simulacros semestrales, las listas de verificación correspondientes completadas por la persona pertinente son archivadas por el primer oficial y se considerarán registros de seguridad. • Instrucciones de trabajo (NIVEL III): instrucciones de operación para radares, ecosondas, emisor de señales de sonido, carta de señales acústicas, etc., según sea necesario, estará disponible para el Oficial de guardia. • Procedimientos específicos (NIVEL III): cada unidad de la Flota que no aplique este procedimiento de NIVEL II directamente desarrollará un procedimiento específico (NIVEL III) para adaptar el presente procedimiento a las características especiales de esa unidad. REGISTRO FORMATO ARCHIVO ADMINISTRADOR DE INCIDENTES Y HALLAZGOS EN LIBRO DE REGISTRO SÍ •

CAPACIDAD DE VIGILANCIA CON LISTA DE VISIBILIDAD REDUCIDA (EJERCICIO) SÍ •  
PRIMER OFICIAL

CHECKLIST PARA NAVEGACIÓN CON VISIBILIDAD REDUCIDA

NAVIGATION WITH REDUCED VISIBILITY CHECKLIST (DRILL)

<b>SHIP:</b>		<b>CODE:</b> <input type="checkbox"/>	<b>DATE:</b>	<b>TIME:</b> <input type="checkbox"/>	<b>TRIP NO.:</b>
<b>CASES:</b>		<b>REAL CASE</b>	<b>DRILL</b>		
			<b>OK</b>	<b>OBSERVATIONS</b>	
01	Inform the Captain				
02	Pay attention to engines, inform the Engineer on Watch				
03	Two steering gears are operational				
04	Hand steering				
05	All radars are operational				
06	Navigation lights				
07	Emission of sound signals				
08	Dimming lights				
09	VHF				
10	In shallow water Echo-sounder operational				
11	Watertight doors				
12	Watchmen set Number =				
13	Reduced safe speed Speed =				
14	Location assessment				
15	Evaluation of traffic				

**THE PERSON IN CHARGE**

**DATE AND SIGNATURE:**



## CONCLUSIONES

---

En el primer capítulo, hacemos referencia a una breve introducción a la navegación y a las partes importantes de un barco y las partes más afectadas ante las inclemencias meteorológicas y la respuesta de un barco ante ellas.

En el Segundo y tercer capítulo, se basan en la explicación sobre las diferentes variables meteorológicas y oceanográficas, además de los diferentes tipos de corrientes marinas.

El capítulo cuatro, hacemos referencia a los diferentes métodos que existen e incluso podemos encontrar en nuestros aparatos móviles o en Internet, para predecir el tiempo que nos podemos encontrar durante nuestra ruta.

El capítulo cinco es una referencia a los movimientos estructurales que realiza el barco cuando se encuentra ante inclemencias meteorológicas, sobre todo ante un mar con fuerte oleaje. En los que se hace hincapié en los movimientos longitudinales, transversales y verticales del buque.

El capítulo seis, se basa en tipos de accidentes que han ocurrido a lo largo de la historia de la navegación, por agentes externos, pero sobre todo dichos accidentes han surgido por un corrimiento de la carga al estar expuestos a un mal tiempo y fuerte oleaje, dicho corrimiento hace que la embarcación escora de forma grave y esta situación lleve a un estado de zozobra.

El capítulo siete y último, intentamos hacer referencia a la prevención que se debe tener antes de zarpar con mal tiempo, para que no ocurran accidentes o se puedan reducir en su mayor parte. Para ellos nombramos diferentes tipos de estiba y trincaje que debemos tener en cuanto y revisas antes de zarpar, ya que un mal trincaje con un mar con oleaje puede llevar al corrimiento de la carga y por consiguiente a su hundimiento. Además, del procedimiento a seguir en un buque RO-PAX en caso de navegación con mal tiempo y navegación con visibilidad reducida.



# BIBLIOGRAFÍA

---

- **LIBROS.**

- 1) Estructura del buque.
- 2) Martínez de Osés, F.X. Meteorología aplicada a la navegación. 2ª ed. Barcelona, Spain: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL, 2006. ISBN 978-84-9880-226-9.
- 3) METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA. Rosa María Rodríguez Jiménez Águeda Benito Capa Adelaida Portela Lozan. Edita: FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología) Diseño y maquetación: Global Diseña Impresión: Villena Artes Gráficas Depósito legal: M-XXXXX-2004 ISBN: 84-688-8535-5.

- **ARTÍCULOS.**

- 1) Martínez de Osés, F.X. El navegante y las olas, p. 24-28. Available at: [http://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/2563/1/TyC\\_2006\\_11\\_04.pdf](http://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/2563/1/TyC_2006_11_04.pdf)
- 2) Perez Blat, Ignacio. Análisis de la Climatología del Mediterráneo Occidental y su Influencia en una Empresa de Charter. Final degree project. Director Martínez de Osés, F.X. Available at: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12213/PFC%20IGNACIO%20PEREZ%20BLAT.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- **PÁGINAS WEB.**

- 1) Canalmar. Diccionario náutico [online]. Available at: <http://www.canalmar.com/diccionario/diccionario-nautico.asp?letra=C>.
- 2) Photographers1. Nautical and Sailing Terms and Nomenclature [online]. Available at: <http://www.photographers1.com/Sailing/NauticalTerms&Nomenclature.html#Q>.
- 3) Msnucleus. Applied Science and Technology [online]. Available at: [https://www.msnucleus.org/membership/html/k-6/as/technology/6/ast6\\_1a.html](https://www.msnucleus.org/membership/html/k-6/as/technology/6/ast6_1a.html).
- 4) Sailbetter. Apparent Wind [online]. Available at: <http://www.sailbetter.com/apparent-wind/>.
- 5) Eschooltoday. Types of Winds [online]. Available at: <http://www.eschooltoday.com/winds/types-of-winds.html>.
- 6) Atmos UIUC. Winds near the Surface [online]. Available at: [http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(Gh\)/guides/mtr/fw/fric.xml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides/mtr/fw/fric.xml).
- 7) SAGE. Ocean Currents [online]. Available at: <https://cimss.ssec.wisc.edu/sage/oceanography/lesson3/concepts.html>.
- 8) AEMET. Meteonav [online]. Available at: [http://meteonav.aemet.es/MeteoNav/MeteoNav\\_en.html](http://meteonav.aemet.es/MeteoNav/MeteoNav_en.html).
- 9) ElTiempo. Consulta meteorológica online. <https://www.eltiempo.es/lluvia>.
- 10) Windguru. Predicción de viento olas y mar de fondo. <https://www.windguru.cz/239>.



