



**Universidad
de La Laguna**

Historia, evolución y desarrollo de la navegación a vela.

Trabajo Fin de Grado
Grado en Náutica y transporte marítimo
Julio de 2024

Autor:
David Rodríguez De La Fe
78769829G

Tutor:
Prof. Francisco Helenio Hoyos Medina.

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

D/D^a. Francisco Helenio Hoyos Medina, Profesor de la UD de Ingeniería Civil, Náutica y Marítima, perteneciente al Departamento de Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval de la Universidad de La Laguna:

Expone que:

D. **David Rodríguez De La Fe** con **DNI 78769829G**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **Historia, evolución y desarrollo de la navegación a vela**.

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 10 de Julio de 2024.

Fdo.: Francisco Helenio Hoyos Medina.

Director del trabajo.

Rodríguez, D. (2024). *Historia, evolución y desarrollo de la navegación a vela*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

RESUMEN

Este trabajo examina la evolución histórica de la navegación a vela, desde sus orígenes primitivos hasta sus aplicaciones modernas en la industria marítima. El propósito de este estudio es analizar cómo la navegación a evolucionado a lo largo del tiempo, identificar los factores que han influido y como estos han repercutido en el desarrollo humano. La metodología empleada consiste en la revisión exhaustiva de fuentes históricas y reportes de la industria, analizando cronológicamente y centrande en los avances tecnológicos, las mejoras en los diseños de las embarcaciones y las influencias económicas y geopolíticas de distintos periodos históricos. La discusión aborda los desafíos y oportunidades que presenta la reintegración de la vela al panorama moderno y se concluye remarcando que la innovación puede surgir de la combinación de principios antiguos con tecnología avanzada.

Palabras claves: [Navegación a vela, evolución, avances tecnológicos, análisis cronológico]

Rodríguez, D. (2024). *Historia, evolución y desarrollo de la navegación a vela*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

ABSTRACT

This work examines the historical evolution of sailing navigation, from its primitive origins to its modern applications in the maritime industry. The purpose of this study is to analyze how sailing has evolved over time, identify the factors that have influenced it, and how these have impacted human development. The methodology employed consists of an exhaustive review of historical sources and industry reports, analyzing chronologically and focusing on technological advances, improvements in vessel designs, and the economic and geopolitical influences of different historical periods. The discussion addresses the challenges and opportunities presented by the reintegration of sailing into the modern landscape, and concludes by emphasizing that innovation can arise from the combination of ancient principles with advanced technology.

Keywords: [Sailing navigation, evolution, technological advances, chronological analysis].

AGRADECIMIENTOS

Mamá, Papá, abuelos, a ti también hermano y por último a ti que no se como eres capaz de aguantarme todavía, gracias a ustedes soy lo que soy hoy, muchas gracias.

Índice del TFG

1. Introducción.....	7
2. Marco teórico.....	7
2.1. Análisis histórico	7
2.1.1. Inicios de la navegación.....	7
2.1.2. Edad Media.....	13
2.1.2.1. Cambios geopolíticos.....	13
2.1.2.2. Innovaciones navales.....	14
2.1.2.3. Comercio marítimo.....	18
2.1.3. Edad de los Descubrimientos.....	23
2.1.3.1. Contexto histórico y geopolítico.	24
2.1.3.2 Avances tecnológicos.	25
2.1.3.3. Principales expediciones y descubrimientos	27
2.1.3.4. Exploraciones portuguesas de la costa africana	28
2.1.3.5 Viajes de Cristóbal Colón.....	29
2.1.3.6. Primera vuelta al mundo.	31
2.1.4. La Era de la Vela; innovación y expansión marítima.	33
2.1.4.1. Evolución de los buques	33
2.1.4.2. Evolución de las velas.....	34
2.1.4.3. Trafalgar y transición al vapor.....	36
2.1.4.4. La vela moderna.	36
2.1.5. El retorno de la vela a la industria naviera global	39
2.1.5.1. Tecnologías de propulsión eólicas	39
2.1.5.2. Kites.....	39

2.1.5.3. Velas de succión.....	40
2.1.5.4. Velas rígidas	41
2.1.5.5. Velas de rotor	42
2.1.5.6. Desafíos y oportunidades.	43
2.6 Conclusión	45

Ilustración 1	https://mundoantiguo.net/inventos-la-prehistoria/	7
Ilustración 2	https://es.slideshare.net/slideshow/barcos-carlos-lpez/6113164#2	8
Ilustración 3	Remo datado en el 8000 a.C., encontrado en Ulkestrup Lyng y preservado en el museo de Copenhague https://www.esturismo.eu/Europa/Dinamarca/Copenhague/Nationalmuseet_Prehistoria.html	8
Ilustración 4	Dagli Orti 1979 tumba de Sennerefi https://www.album-online.com/es/search?iSF=3&sT=TOMB%20OF%20SENNEFER	9
Ilustración 5	Huebner 2016 Bajorrelieve que representa la batalla https://blogcatedranaval.com/2023/04/18/los-pueblos-del-mar/	10
Ilustración 6	Simeon Nenchev Mapa que refleja las hipótesis sobre las migraciones de los Pueblos del Mar https://www.worldhistory.org/image/15310/the-late-bronze-age-collapse-c-1200---1150-bce/	10
Ilustración 7	Laja Alta (2018) Pintura rupestre representando una embarcación, atribuido a un barco fenicio. https://www.jimenadelafrontera.es/abrigo-rupestre-de-la-laja-alta	11
Ilustración 8	Pentecóntera https://historicodigital.com/la-galera-antes-del-trirreme.html/pentecontera	12
Ilustración 9	Tabula Rogeriana Al-Idrisi (1154) Considerado como el mapamundi más preciso durante los tres siglos siguientes, en el original la orientación de los polos está invertida encontrándose el Norte en la parte inferior https://funci.org/al-idrisi-el-libro-de	14
Ilustración 10	Carta Pisana finales S XIII portulano más antiguo del que se tiene constancia, descubierto en Pissa y actualmente conservada en la biblioteca Nacional de Francia https://fgimenezlorente.es/carta-pisana/	14
Ilustración 11	Ballestilla. https://www.astroshop.es/kits/astromedia-kit-der-jakobsstab/p,62489	16
Ilustración 12	https://es.wikipedia.org/wiki/Codaste	17
Ilustración 13	Sello de la ciudad de Ipswich (Inglaterra) https://blogcatedranaval.com/2022/05/17/unas-embarcaciones-llamadas-cocas/	17
Ilustración 14	Maqueta de La Coca de Mataró en el Museo de Historia de Cataluña (2008) https://blogcatedranaval.com/2022/05/17/unas-embarcaciones-llamadas-cocas/	18
Ilustración 15	único Kontor que perdura hasta nuestros días, declarado patrimonio por la Unesco https://es.wikipedia.org/wiki/Kontor	19
Ilustración 16	Mapa que muestra la extensión de La Liga Hanseática https://www.meisterdrucke.es/impresion-art%C3%ADstica/Unbekannt/715792/Mapa-de-la-extensi%C3%B3n-de-la-Liga-Hanse%C3%A1tica-en-aproximadamente-1400.html	20

Ilustración 17	Entrada al puerto viejo de La Rochelle	https://www.sandaya.es/sandamag/nuestro-top-7-de-visitas-imprescindibles-en-la-rochelle	21
Ilustración 18	Mapa que ilustra las plazas de soberanía de la Corona de Aragón S IX-XIV	https://www.forosconcordia.com/la-corona-de-aragon-una-vocacion-mediterranea/	22
Ilustración 19	Rutas comerciales andalusís	https://historiaespana.es/edad-media/economia-sociedad-al-andalus	23
Ilustración 20	Gustav Adolf Closs (1892) La Pinta, La Niña y La Santa María	https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Gustav_Adolf_Closs_-_Die_Schiffe_des_Columbus_-_1892.jpg	24
Ilustración 21	Plano de formas de la carabela La Pinta	https://stores.onlinesale2024best.com/content?c=tama%C3%B1o+de+las+carabelas+de+colon&id=40	25
Ilustración 22	Willem Janszoon Blaeu [1571-1638] Grabado xilográfico de Le Flambeav de la Navigation [Amsterdam, Holanda - 1619]	http://arauco.org/SAPEREAUDE/terraaustralisincognita/historiasdeldescubrimiento/astrolabio-navegacion.html	26
Ilustración 23	Mapa de Mercator 1569		27
Ilustración 24		https://historiaoctavo1.blogspot.com/2011/02/expediciones-portuguesas.html	29
Ilustración 25	Primer desembarco de Cristóbal Colón en América, óleo de 1862 de Dióscoro Teófilo Puebla (1831-1901)	https://historia.nationalgeographic.com.es/a/descubrimiento-america-12-octubre-1492_10778	31
Ilustración 26	Portulano de Juan De La Cosa (1500)	https://www.artehistoriaviajandoporelmundo.com/juan-de-la-cosa/	31
Ilustración 27	Ruta Magallanes-Elcano	https://www.larendija.es/la-guia-historica-sobre-la-escala-de-magallanes-y-elcano-en-tenerife/	32
Ilustración 28	Cuadro de Geodd Hunt Buque insignia de la armada española y mayor navío de su época Santísima Trinidad y Nuestra Señora del Buen Fin , hundido tras un fuerte temporal en el golfo de Cadiz, poco después de la batalla de Trafalgar.	https://jadonceld.blog	34
Ilustración 29	Diagrama del velamen de un clipper	https://singladuras.jimdofree.com/nav%C3%ADos-y-navegaci%C3%B3n/nomenclatura-b%C3%A1sica/aparejo-velas/	35
Ilustración 30	El monstruo de Fulton 1807		36
Ilustración 31	F50 victoria en la bahía de Cádiz 2021	https://www.lavozdigital.es/deportes/vela/lvdi-regata-2021-octubre-cadiz-catamaran-maxima-tecnologia-servicio-sailgp-202110051208_noticia.html	37

Ilustración 32 Ilustración propia, en algún punto entre La Palma y Tenerife38

Ilustración 33 Seawing (2023) <https://airseas.com/en/our-offer/>39

Ilustración 34 <https://bound4blue.com/bound4blue-installs-in-astander-its-esail-system-on-la-naumon/>40

Ilustración 35 <https://oceanbornfoundation.org/ alas-de-avion-para-reducir-la-contaminacion-de-los-barcos-la-mision-de-una-joven-ingeniera-para-descarbonizar-los-oceanos/>41

Ilustración 36 <https://safety4sea.com/anemol-to-provide-rotor-sails-for-two-lng-carrier-newbuildings/>42

1. Introducción

Desde los primeros pasos del hombre, la mar ha sido uno de los mayores enigmas de la historia. Su vasta extensión e inhospitalidad ha generado una intrínseca curiosidad al ser humano por explorarla, comprenderla y finalmente conquistarla, dando así al inicio la ciencia y arte de la navegación, herramienta fundamental para el desarrollo de civilizaciones, culturas e ideas a lo largo y ancho del globo. Los pueblos que han dominado el arte de la navegación y construcción naval han disfrutado de una ventaja estratégica tanto en lo militar como cultural y económico para prevalecer sobre otras, desdibujando así las fronteras naturales que se creían inamovibles. Adaptando la fisonomía de los buques y velas a los tiempos que corrían siendo estos un reflejo de los mayores avances tecnológicos de la época, hecho que corrobora la importancia de esta área de conocimientos. No es posible sintetizar la historia de la náutica sin mencionar el papel protagónico que ha jugado la Península Ibérica, que ha servido como pivote central entre África, Asia, América y Europa.

2. Marco teórico

2.1. Análisis histórico

2.1.1. Inicios de la navegación

No es posible datar con exactitud cuando la humanidad comenzó a emplear embarcaciones como medio de transporte, aunque podemos asumir que podrían tratarse de rudimentarias balsas sin una forma predefinida ni timón ni quilla fabricados a base de troncos huecos o vaciados, juncos, bambú o de los diversos materiales naturales que podrían encontrarse en su hábitat el hombre prehistórico.

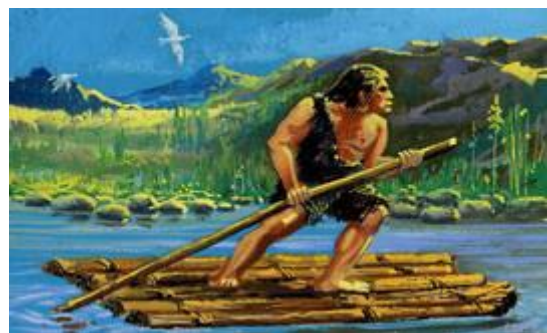


Ilustración 1 <https://mundoantiquo.net/inventos-la-prehistoria/>

Prontamente el ingenio humano se toparía con la necesidad de mejorar el desempeño y prestaciones de estas embarcaciones, necesidad que perdurará hasta nuestros días, surgirá el precedente de lo que hoy conocemos como ingeniería naval, se comenzará con el tratado y refinado del casco y se emplearán medios de propulsión (McGrail, S. 2001).



Ilustración 2 <https://es.slideshare.net/slideshow/barcos-carlos-lpez/6113164#2>

El primer medio de propulsión resultó ser una pértiga o palo, que se apoyaba en el fondo de los ríos para empujar las primeras plataformas flotantes. A medida que evolucionó la fisionomía de estas embarcaciones, pudieron adentrarse más en alta mar. Al no alcanzar el fondo, surgieron los primeros remos, los cuales aportaron una mayor estabilidad y maniobrabilidad al conjunto.



Ilustración 3 Remo datado en el 8000 a.C., encontrado en Ulkestrup Lyng y preservado en el museo de Copenhague https://www.esturismo.eu/Europa/Dinamarca/Copenhague/Nationalmuseet_Prehistoria.html

El ímpetu humano de dominar las olas no terminó con los medios de propulsión ya mencionados y surgió la idea de emplear la fuerza del viento para saciar las aspiraciones del hombre, la invención de la vela como elemento supletorio de embarcaciones podría equipararse a la invención de la rueda, la manufacturación de herramientas o el descubrimiento del fuego. Existe la posibilidad de que las primigenias fueran confeccionadas a base de pieles de animales tratadas o tiras de hojas de árboles entrelazadas. Las primeras referencias del empleo generalizado proceden del Egipto Predinástico¹ durante las primeras etapas de la Edad de Bronce (3300 a.C.). Donde localizamos representaciones de embarcaciones que portan las denominadas velas Cuadras, por su forma, o también conocidas como redondas, debido al movimiento en redondo que podría realizar la percha en

¹ Periodo anterior a la unificación del valle del Nilo.

la que se enverga². Las velas egipcias resultaron esenciales para la vida cotidiana en el Nilo. No solo se usaban para la pesca, sino también para el transporte de personas y mercancías ligeras, por otro lado, desempeñan un papel importante en ceremonias religiosas y en actividades militares, como las expediciones y el control de rutas comerciales. La introducción de la vela representó un avance significativo en la tecnología naval, pues permitió a las civilizaciones antiguas explorar nuevas rutas comerciales, expandir sus territorios y establecer contactos con otras culturas a lo largo del Mediterráneo. Las técnicas de navegación con vela se perfeccionaron con el tiempo y se difundieron a través de las culturas mediterráneas, influyendo en el desarrollo de la navegación en la antigüedad y marcando el comienzo de una nueva era en la exploración marítima (McGrail, S. 2001).



Ilustración 4 Dagli Orti 1979 tumba de Sennerefi <https://www.album-online.com/es/search?iSF=3&sT=TOMB%20OF%20SENNEFER>

Siglos más tarde el delta del Río Nilo sería testigo de la primera batalla naval documentada de la historia, como contendientes se encuentran el ya mencionado Imperio Egipcio comandado por Ramsés III y el denominado *Pueblos del Mar* (*Sea People*), este último consistía en la agrupación de diversos pueblos procedentes de la región de los Balcanes y se considera como uno de los principales promotores del colapso de la Edad del Bronce, de la refriega, el Imperio Egipcio resultó vencedor pero contando con incontables pérdidas tanto así que desembocará en el final de la hegemonía asiática y la condenaría a una grave crisis económica (Bass, G. F. 1972)

² En náutica, afirmar y preparar una vela para su uso.



Ilustración 5 Huebner 2016 Bajorrelieve que representa la batalla <https://blogcatedranaval.com/2023/04/18/los-pueblos-del-mar/>

A pesar de su denominación moderna, Pueblos del Mar, los egipcios denominaban a esta nación de guerreros como *Sherden*, *Lukka* o *Akawasha* y recogen los únicos vestigios de información referente a ellos. Asolaron la costa de Oriente próximo y arrasaron civilizaciones como la Hitita y la Micénica mediante grandes, coordinadas y rápidas incursiones marítimas. Su éxito se debió en gran parte a su avanzada ingeniería naval y su marina, desarrollaban barcos de guerra avanzados adaptados al combate con proas reforzadas y cubiertas preparadas para los abordajes, esta superioridad les permitió controlar rutas marítimas comerciales estratégicas, datos que reafirman la importancia de contar con los conocimientos sobre navegación y pericia en la mar (Dothan, T., & Dothan, M. 1992).

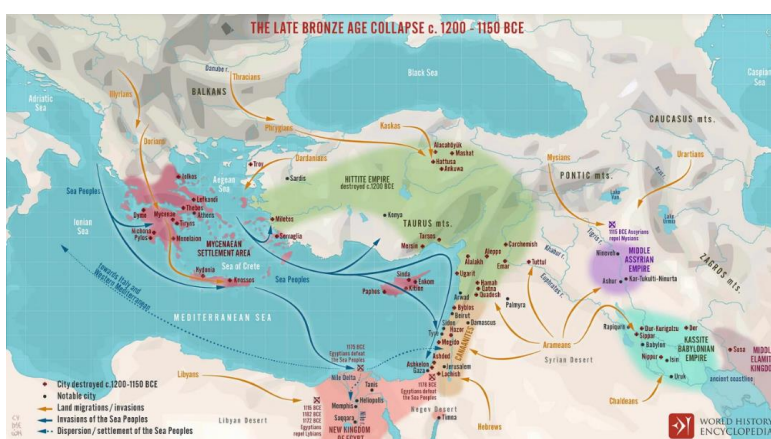


Ilustración 6 Simeon Nenchev Mapa que refleja las hipótesis sobre las migraciones de los Pueblos del Mar <https://www.worldhistory.org/image/15310/the-late-bronze-age-collapse-c-1200---1150-bce/>

En el Contexto de la Península Ibérica según el profesor e historiador Bernardo Souviron (2008), la primera cultura predominante en basar la mayor parte de su economía en el comercio resultan ser los Tartessos, asentados en lo que hoy es la actual Cádiz, este enigmático pueblo, posiblemente resultado de la amalgama de pueblos ya existentes como los antes mencionados Pueblos del mar tanto como culturas celtiberas, entablaron serias rutas comerciales con griegos y fenicios a partes iguales y el norte y noreste del continente Africano llegando incluso hasta lo que conocemos en la actualidad como Islas Británicas. Esta amplia red comercial creó la necesidad de emplear un tipo de vela que permitiera navegar en rumbos más cerrados, es decir ceñir³ más al viento.

Algunas teorías apuntan a orígenes árabes o polinesios y posteriormente adaptada al mediterráneo la vela latina⁴ aparece sobre el siglo III a.C, otorgando a los navíos una mayor maniobrabilidad frente a la vela cuadra siendo esta última superior en vientos portantes, pero con la obligación de emplear remos si el ángulo con el viento era menor de 60°.



Ilustración 7 Laja Alta (2018) Pintura rupestre representando una embarcación, atribuido a un barco fenicio. <https://www.jimenadelafrontera.es/abrigo-rupestre-de-la-laja-alta>

Llegamos al apogeo del Antiguo Imperio Griego, y como comenta el locutor Alfonso García Martínez para History Channel, nos encontramos con el primer arquetipo de nave mediterránea, la pentecóntera⁵ propulsada a vela con un solo mástil y velas cuadradas aptas sólo para los vientos portantes y también a remo. Fácil de maniobrar y capaz de remontar el curso de algunos ríos y estuarios por su poco calado. Llevaban maniobra de fondeo ancla y cadena además el mástil era abatible y podía ser varada en las playas. El diseño resultó ser

³ Según la RAE: Navegar de modo que la quilla forme con el viento el menor ángulo posible

⁴ Si bien sabemos de su existencia su uso normalizado no llegó hasta la tardía Edad Media

⁵ Nombrado en base a la cantidad de remos, cincuenta, veinticinco a cada banda.

tan eficiente que simplemente se añadían hileras de remeros y sirvieron de base para los modelos romanos, que siguieron su estela⁶.

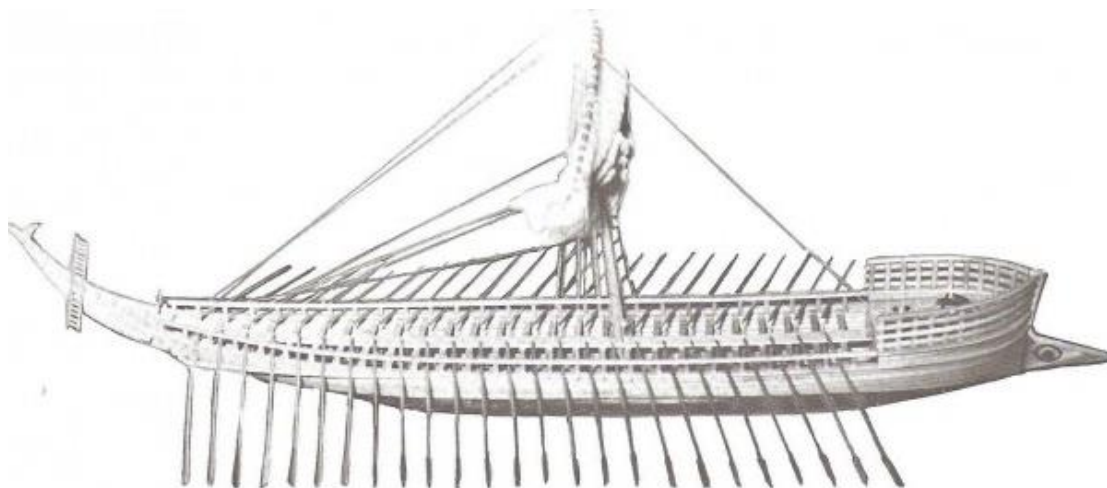


Ilustración 8 Pentecóntera <https://historicaldigital.com/la-galera-antes-del-trirreme.html/pentecóntera>

⁶ Según la Rae señal o rastro de espuma y agua removida que deja tras sí una embarcación.

2.1.2. Edad Media.

2.1.2.1. Cambios geopolíticos

La Edad Media⁷ que abarca desde el siglo V hasta el XV ha sido tradicionalmente caracterizado como un periodo de incertidumbre y oscuridad generalizado en el Mediterráneo y Europa, la caída del Imperio Romano de Occidente en 476 d.C. marco un punto de inflexión provocando la regionalización del comercio marítimo en la vertiente Levantina.

Tras la invasión de los pueblos del Norte se dio la irrupción de nuevos núcleos de poder y a una reorganización parcial de las rutas comerciales antiguas, en su defecto el Imperio Romano de Occidente o Imperio Bizantino mantuvo su legado de construcción y técnicas marineras a su vez se afianzo como nexo entre Europa y Asia (Pirenne 1936).

Paralelamente la expansión del islam tuvo efecto inmediato en las dinámicas marítimas del antiguo *Mare Nostrum*⁸, en menos de un siglo los musulmanes pasaron de ser una potencia principalmente terrestre a dominar gran parte del comercio Mediterráneo, además de perfeccionar tecnologías ya existentes (Hourani, G 1995)

En el Norte, el vacío dejado por los romanos fue tomado por las potencias Nórdicas, a bordo de los legendarios drakkar las incursiones Escandinavas asolaron gran parte de las Islas Británicas, Francia, la Península e incluso llegando al continente americano 400 años antes que Colón, tomando posesión de Islandia en el proceso (Brink y Price, 2008, Roesdahl, 1998)

Finalmente, a medida que los pueblos cristianos de la Península Ibérica consolidaban su reconquista se vieron obligados a ejercer el control naval sobre nuestras costas, Castilla, abierta al atlántico se introdujo en los mercados situados entre el Mar Cantábrica y el Mar del Norte en competencia con las Ligas Hanseáticas, la dura campaña contra las flotas inglesas y flamencas y la guerra comercial contraída con las ciudades-estado Génova y Venecia (García, A 2008).

⁷ La Edad Media es comúnmente denominada, *Edad Oscura* o *Dark Ages*, durante El Renacimiento y la Ilustración refuerza la idea de un cierto retraso en materia científica y filosófica que perdura hasta nuestros días. Recientemente los historiadores rehúsan emplear ese término ya que realmente alude a la escasa cantidad de escritos de esa época que lograron sobrevivir hasta la actualidad en comparación a la Edad Antigua (Pernoud, R. 1977, Reuter, 2006)

⁸ Nombre dado por los romanos al Mediterráneo "Mar interior" /" Nuestro Mar"

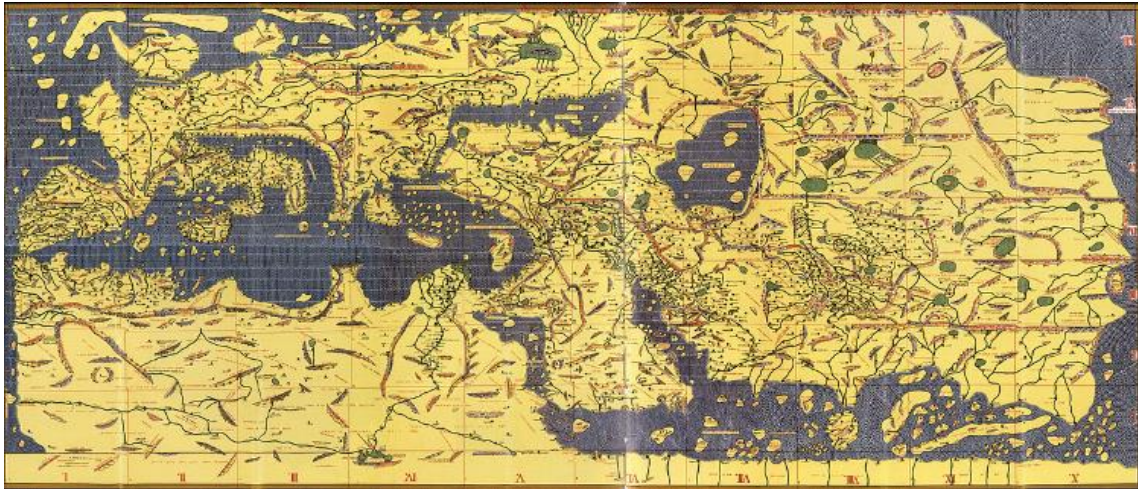


Ilustración 9 Tabula Rogeriana Al-Idrisi (1154) Considerado como el mapamundi más preciso durante los tres siglos siguientes, en el original la orientación de los polos está invertida encontrándose el Norte en la parte inferior <https://funci.org/al-idrisi-el-libro-de>

2.1.2.2. Innovaciones navales

La Edad Media, contrariamente a la creencia popular, fue un período de significativas innovaciones náuticas que sentaron las bases para el desarrollo marítimo moderno. Lejos de ser una época de estancamiento, este período vio la introducción de numerosas mejoras tecnológicas que no solo nutrieron las redes marítimas y el desarrollo de los países, sino que también perduraron hasta nuestros días, a continuación, se explican algunas de estas innovaciones:

1. Portulano:

Los portulanos se desarrollaron sobre el S XIII, siendo un hito en la historia de la navegación pues representaban costas, puertos, vientos y otros puntos de referencia, revolucionando la forma en el que los marineros navegaban y comprendían el espacio marítimo (Campbell, T 1987).



Ilustración 10 Carta Pisana finales S XIII portulano más antiguo del que se tiene constancia, descubierto en Pisa y actualmente conservada en la biblioteca Nacional de Francia <https://fgimenezlorente.es/carta-pisana/>

Consistían en un entramado de líneas sistemáticas, denominados rumbos⁹ que unían puertos, contaban con una toponimia abundante representaban los nombres de las ciudades y se ilustraban con las respectivas banderas y escudos de sus gobernantes traduciéndose en un promotor de cultura y política consecutivamente, contaban con una escala consistente por lo tanto se podían obtener estimaciones muy precisas, resultaron en una navegación más segura y a avanzar enormemente la rama de la topografía, sin embargo contaban con limitaciones como lo eran la distorsión de las masas terrestres representadas con las que corresponden en la realidad más el desconocimiento sobre latitudes y longitudes. Aun así, fueron pilares fundamentales que se anticiparon a lo que estaba por venir y fueron precursores de las actuales cartas de navegación con las que marineros de todo el mundo surcan las olas de forma segura (Campbell, T 1987).

2. La Aguja imantada:

El concepto de emplear las propiedades magnéticas para la orientación proviene de la antigua China fue introducida en Europa posiblemente a través de navegantes árabes durante el transcurso del Siglo XII, siendo este otro de los precursores de un elemento que empleamos en todas las embarcaciones del mundo, el compás (Needham, 1962, Lane, F. C. 1963).

El funcionamiento en su forma más básica resultaba ser una aguja de imantada que reposaba sobre un recipiente de agua, la susodicha aguja se alineaba naturalmente en la línea Norte-Sur. Lógicamente esto supuso una gran mejora en las travesías de larga duración ya que facilitaba el seguimiento de una dirección específica o en casos de baja visibilidad donde las estrellas o el Sol no estuvieran visibles. Una consecuencia indirecta resultante de la introducción del magnetismo fue el estímulo de la comunidad científica europea y el ansía por describirla y comprenderla localizando sus defectos para posteriormente corregirlos, como pueden ser la variación magnética del norte magnético y geográfico o las interferencias causadas por objetos metálicos (Lane F. 1963).

⁹ Según la RAE navegar con dirección a un punto determinado o también, dirección considerada o trazada en el plano del horizonte, y principalmente cualquiera de las comprendidas en la rosa náutica.

3. Reloj de Arena:

El reloj de arena, adaptado para uso marítimo en el siglo XIV, marcó un hito significativo en la navegación europea, aunque el concepto existía desde la antigüedad, su aplicación en el mar representó una innovación crucial. Este instrumento permitió a los marineros realizar estimaciones más precisas de velocidad y distancia recorrida, algo fundamental para la navegación de la época. Consistía en dos ampollas de vidrio conectadas, por las que fluía arena fina, generalmente midiendo intervalos de 30 minutos o una hora. Sin embargo, el reloj de arena no estaba exento de limitaciones. Requería supervisión constante para voltearlo cuando la arena se agotaba, una tarea complicada durante tormentas o en condiciones adversas. Además, las condiciones marítimas afectaban su precisión: la humedad podía compactar la arena, alterando el flujo y, por ende, la medición del tiempo. A pesar de estos desafíos, el reloj de arena se convirtió en un símbolo de la vida a bordo. Su influencia en la cultura marítima fue tan profunda que términos derivados de su uso, como *watchkeeping*¹⁰ perduran hasta nuestros días en el lenguaje náutico (Waters, D. W. 1958).

4. La Ballestilla:

Predecesor del que hoy en día conocemos como sextante e introducida en el Siglo XIV y popularizada por los navíos españoles y portugueses, fue elemento imprescindible para travesías en alta mar, constaba de dos partes principales, una vara larga graduada denominada virote y una pieza transversal denominada sonaja. Para emplearla el marino colocaba un extremo del virote en su ojo y deslizaba la sonaja hasta que su borde superior coincidía con el cuerpo celeste y el inferior con el horizonte, la graduación del virote indicaba el ángulo medido. Aunque eventualmente fue reemplazada por instrumentos más precisos representó un avance importante en materia astronómica y amplió los horizontes establecidos (Waters, D. W. 1958).

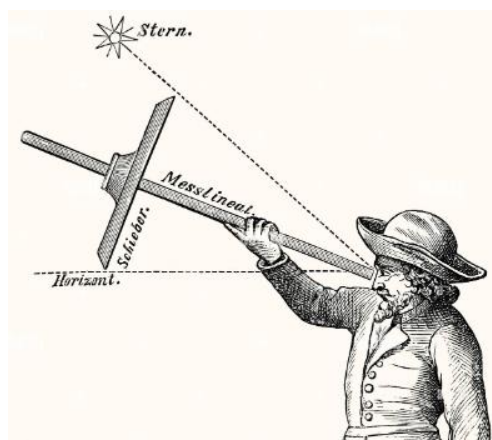


Ilustración 11 Ballestilla.

<https://www.astroshop.es/kits/astromedia-kit-der-iajaksstab/p,62489>

¹⁰ Hacer guardia.

5. Timón de codaste:

El timón de codaste¹¹ inventado en torno al Siglo XII reemplazó al antiguo remo de gobierno lateral revolucionando así la maniobrabilidad de las embarcaciones y los entandares de construcción naval de la época. Básicamente consiste en una pieza plana montada verticalmente sobre el codaste del barco, el girar el eje permite dirigir el flujo de las láminas de agua facilitando enormemente el gobierno del navío, además de aportar mejoras sustanciales a la hidrodinámica de los cascos con una consecuente incrementación del tamaño de estos buques, mejorando tanto las capacidades comerciales como bélicas de los mismos (Mott, L. V. 1997).



Ilustración 12
<https://es.wikipedia.org/wiki/Codaste>

6. La coca:

Así como comenta el locutor Alfonso García Martínez la coca hanseática fue el pilar fundamental del desarrollo del comercio en el norte europeo, embarcación derivada directamente de las mejoras implementadas por el timón de codaste, la coca hanseática se destacó mayoritariamente por su revolucionario diseño, casco ancho y redondeado, castillos elevados en proa y popa propulsados con una única vela cuadra y remos como apoyo a maniobras y entrada a puerto. El diseño permitió agrandar los fletes transportados por embarcación reduciendo a su vez la cantidad de tripulantes necesarios para gobernar los barcos. El auge de las rutas comerciales contribuyó significativamente en ciudades como Lübeck, Hamburgo y Gdansk convirtiéndolos en grandes reductor económicos fuera del mediterráneo, en definitiva, el diseño de la coca y los respectivos avances en navegación e instrumentación



Ilustración 13 Sello de la ciudad de Ipswich (Inglaterra)
<https://blogcatedranaval.com/2022/05/17/unas-embarcaciones-llamadas-cocas/>

¹¹ Elemento estructural, de acero o madera, situado en popa y sirve de soporte para el timón.

medievales sentaron las bases para lo que siglos mas tarde sería uno de los capítulos mas grandiosos de nuestra historia y de Europa en general (Dollinger, P. 1970).



Ilustración 14 Maqueta de La Coca de Mataró en el Museo de Historia de Cataluña (2008)
<https://blogcatedranaval.com/2022/05/17/unas-embarcaciones-llamadas-cocas/>

2.1.2.3. Comercio marítimo

Tras la estabilización de las naciones resultantes del colapso del Imperio Romano en el contexto occidental mediterráneo surgieron nuevos reductos de poder materializados en forma de ciudades-estado de las cuales destacamos Génova y Venecia. Ambas ciudades gozaban de una privilegiada ubicación que les nutrió de esas tan codiciadas rutas comerciales, tanto marítimas como terrestres.

Génova situada en la costa Noroeste de la península Itálica afianzó lazos comerciales hacia el Mar Negro y el Océano Atlántico, mientras que Venecia situada en las famosas lagunas del Norte del Adriático sirvió de nexo entre Oriente y Occidente contando con colonias, consulados y puestos comerciales permanentes en Creta, Chipre y Constantinopla facilitando la llegada de especies provenientes de esa región. Ambas ciudades desarrollaron y promovieron sistemas de gobierno priorizando el capital y los intereses mercantiles, Venecia en su caso adoptó un modelo oligárquico¹² que perduró mil años dirigida por los comerciantes, Génova rotó entre distintos tipos de gobierno, pero siempre con un fuerte enfoque en el

¹² De oligarquía: Sistema político en el que el poder está en manos de unos pocos.

comercio. Esta autonomía política les permitió tomar decisiones rápidas y flexibles sin las restricciones típicas de las monarquías feudales de la época.

Ambas ciudades financiaron grandes y poderosas flotas navales para proteger sus costas, colonias y rutas comerciales marítimas además de promover las innovaciones en materia de navegación y cartografía, cabe mencionar el Arsenal de Venecia, complejo formado por astilleros y armerías que permitía la creación de navíos en serie y llegó a ser el mayor centro industrial de Europa de la Revolución industrial. (Lane, F. 1973, Lopez, R. S. 1964).

Paralelamente en el Norte europeo surge la ya mencionada Liga Hanseática, surgida en el siglo XII, representa uno de los fenómenos comerciales más significativos de la Edad Media en el norte de Europa. Esta confederación de ciudades mercantes, inicialmente centrada en Lübeck, se extendió rápidamente, abarcando puertos desde Londres hasta Novgorod. Las claves del éxito de la Hansa se cimentaron sobre un claro dominio comercial en el que se monopolizaron rutas de transporte de materias primas como lo son la madera, pieles y el ganado a lo largo del Báltico, el establecimiento de *kontore*¹³ en puntos y ciudades estratégicas sirvieron como centros comerciales y diplomático asegurando su presencia en mercados clave, el desarrollo de un sofisticado sistema legal enfundado en el derecho mercantil, que facilitaba el comercio interregional y la acumulación de un poder político con una influencia considerable negociando como entidad reguladora entre la nobleza y la burguesía y así mismo obteniendo privilegios comerciales significativos entremedio.



Ilustración 15 único Kontor que perdura hasta nuestros días, declarado patrimonio por la Unesco
<https://es.wikipedia.org/wiki/Kontor>

Ciudades como Hamburgo, Bremen, Gdansk y Riga prosperaron bajo el paraguas de la Hansa, La Liga no solo dominó el comercio, sino que también influyó en la arquitectura, arte y la cultura de los núcleos poblacionales que dominaron.

¹³ Un kontor era un establecimiento comercial establecido por la Liga Hanseática en ciudades estratégicas fuera de su territorio principal (Wikipedia)

Sin embargo, el auge de los mercaderes ingleses y holandeses, las presiones de los estados soberanos y el posterior desplazamiento de las rutas comerciales hacia América llevaron a un declive gradual de La Hansa hacia el S XVI (Dollinger P. 1970 Schulte R. 1983).



Ilustración 16 Mapa que muestra la extensión de La Liga Hanseática <https://www.meisterdrucke.es/impresion-art%C3%ADstica/Unbekannt/715792/Mapa-de-la-extensi%C3%B3n-de-la-Liga-Hanse%C3%A1tica-en-aproximadamente-1400.html>

Como bien mencionábamos al inicio de este tema la Península Ibérica está envuelta en un panorama único y complejo al que en nuestros días nos referimos a él como *Reconquista*¹⁴.

El reino de Castilla explota rutas situadas a lo largo del Mar Cantábrico y el Mar del Norte entrando en zona de influencia controlada directamente por la Hansa, hecho que no pasó desapercibido y levantó asperezas entre la ya consolidada potencia y el reino de Castilla. Los principales puntos de fricción fueron, la competencia por las rutas comerciales, la lucha de Castilla por obtener los mismos privilegios con los que gozaban las flotas Hanseáticas y los actos de piratería y pillaje. Un episodio significativo de este conflicto ocurrió en 1419 cuando el almirante Juan Camporreondo se enfrentó a una flotilla Hanseática en las costas de La Rochelle, de esta disputa los castellanos salieron victoriosos demostrando la capacidad naval

¹⁴ La Reconquista fue un proceso histórico que perduró durante 700 años durante el cual los reinos cristianos del norte recuperaron gradualmente el control territorial de la península de manos musulmanas y dio comienzo al siglo de oro español.

peninsular y su disposición a desafiar el estatus quo¹⁵, aunque a pesar de las tensiones el conflicto nunca llegó a plantearse como una guerra abierta y prolongada, ambas partes reconocían la importancia de un comercio mutuo y se llegaron a acuerdos que permitieron una coexistencia en los mercados del Norte (Childs, W. R. 1978).



Ilustración 17 Entrada al puerto viejo de La Rochelle <https://www.sandaya.es/sandamag/nuestro-top-7-de-visitas-imprescindibles-en-la-rochelle>

Al mismo tiempo la Corona de Aragón centró sus esfuerzos en el Mediterráneo, Barcelona y los condados catalanes emergieron como importantes centros comerciales incluso rivalizando con sus contrapartes italianas, estableciendo consulados permanentes en el levante mediterráneo. La competencia fue intensa y por periodos conflictiva, La Corona de Aragón experimentó una expansión territorial agresiva en muy poco tiempo, incorporaron Sicilia, Cerdeña y posteriormente Nápoles creando una red de puertos y bases navales, además desarrolló un sistema de consulados en puertos clave como; Alejandría, Beirut, Constantinopla y Túnez, estos consulados otorgaban protección legal y apoyo logístico a las naves catalanas, asimismo la corona apostó fuertemente en la construcción de astilleros, conocimos como *Drassanes*¹⁶, que producían embarcaciones de alta calidad. Los principales factores de la disputa aragonesa en el mediterráneo no distan mucho de los ya mencionados

¹⁵ Según RAE: Situación o estado de las cosas en un momento determinado

¹⁶ Las Reials Drassanes de Barcelona, complejo de edificios y estructuras destinado a la construcción y mantenimiento de la flota naval (Abulafia D 1994).

en la campaña castellana, guerras comerciales, competencia por los mercados, diplomacia y alianzas.

Esta revolución comercial catalana obtuvo profundas implicaciones sociales y culturales, fomentando el desarrollo de una burguesía mercantil poderosa y cosmopolita en Barcelona. Sin embargo, a partir del Siglo XV, diversos factores como el descubrimiento de América y conflictos internos llevaron al declive al poder comercial catalán en el mediterráneo (Abulafia D 1994).



Ilustración 18 Mapa que ilustra las plazas de soberanía de la Corona de Aragón S IX-XIV
<https://www.forosconcordia.com/la-corona-de-aragon-una-vocacion-mediterranea/>

Finalmente, en el sur peninsular, bajo dominio musulmán los puertos estratégicos de Almería y Málaga fueron centros comerciales de primer orden durante los Siglos X-XI-XII, fuertes rutas comerciales establecidas entre Fez, Tremecén, Tunez, Egipto, Siria y Gaza brindaron al califato riqueza material, además de convertir Al-Ándalus en un crisol cultural y científico. El comercio andalusí se caracterizó por su sofisticación financiera, desarrollando instrumentos como la letra de cambio y contratos mercantiles complejos, los mercaderes andalusíes actuaban como intermediarios entre el mundo musulmán, judío y cristiano aprovechando su posición y conexiones culturales. Este florecimiento contribuyó enormemente al califato, atrayendo eruditos, artistas y artesanos, las bibliotecas de Córdoba y otras ciudades se enriquecieron de obras traídas de Oriente, facilitando el intercambio de ideas y el avance en campos como la astronomía, medicina y las matemáticas (Constable O. R 1994).



Ilustración 19 Rutas comerciales andalusíes <https://historiaespana.es/edad-media/economia-sociedad-al-andalus>

En los albores del siglo XV, la Península Ibérica se erguía como un faro de innovación marítima, fruto de siglos de experiencia en navegación y comercio. Este período no fue meramente un capítulo más en la historia naval, sino la antesala de una transformación global sin precedentes.

En las tabernas portuarias, marineros curtidos por el sol y la sal compartían historias y conocimientos. Este intercambio, que fusionaba saberes del Mediterráneo, el Atlántico y el mundo árabe, forjaba una sabiduría marítima sin igual.

La culminación de la Reconquista liberó recursos y energías, que pronto se canalizaron hacia el mar. La rivalidad entre los reinos ibéricos, lejos de ser un obstáculo, se convirtió en el motor que impulsaba la exploración de nuevos horizontes.

Así, en el ocaso del Medievo, la Península Ibérica se hallaba en la cúspide del conocimiento náutico europeo. El escenario estaba listo para una odisea que redefinió los confines del mundo conocido, este momento histórico, lejos de ser casual, fue el fruto maduro de generaciones de esfuerzo y audacia.

España y Portugal, herederas de este legado, se aprestaban a zarpar hacia lo desconocido, inaugurando una era que cambiaría el curso de la historia humana.

2.1.3. Edad de los Descubrimientos.

2.1.3.1. Contexto histórico y geopolítico.

La Edad de los Descubrimientos (s XV-XVII) como ya hemos descrito fue un momento crucial para la historia europea, particularmente para la Península Ibérica, los principales factores serían; Culminación de la Reconquista y conquista de Canarias por los Reyes católicos, con la toma de Granada, este hecho permitió a la unión dinástica reorientar su atención hacia empresas extraterritoriales, paralelamente se completaba la conquista del archipiélago con la toma de la isla de Tenerife, siglos de conflicto moldearon una civilización propensa a la expansión y conquista. Debido a la Caída de Constantinopla y posteriormente El Imperio Bizantino al completo, el Bósforo¹⁷ y sus aguas meridionales estaban clausuradas para las potencias europeas desconectándolas de la ruta de la seda, factor determinante que propulsó ese afán por encontrar rutas alternativas, Portugal se centró en circunnavegar África, mientras que Castilla optó por la ruta Atlántica que conllevaría al descubrimiento de América. La rivalidad entre Portugal y Castilla, posteriormente España, fue un catalizador crucial para la exploración, El Tratado de Tordesillas dividió el mundo no conocido a estas potencias, seguidamente Inglaterra, Francia y Países Bajos se unieron a la búsqueda de nuevos territorios y rutas comerciales. (Elliott, 1963, Diffie B. W. & Winius, G. D. ,1977).

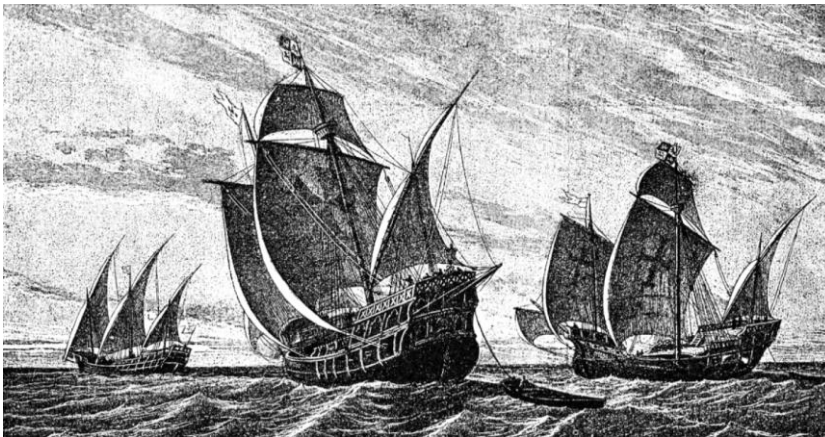


Ilustración 20 Gustav Adolf Closs (1892) La Pinta, La Niña y La Santa María
https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Gustav_Adolf_Closs_-_Die_Schiffe_des_Columbus_-_1892.jpg

¹⁷ Actual estrecho de Estambul que separa el Mar Negro del Mar de Mármara.

2.1.3.2 Avances tecnológicos.

Principios del Siglo XV tomando prestado el casco, la robustez y la envergadura de la coca hanseática en combinación a la maniobrabilidad simpleza de las naves mediterráneas, bajo la atenta tutela de Enrique el navegante nace la carabela o como será conocida en España, Nao, fueron las artificies de los grandes descubrimientos (García, A 2008).

Contaba con un casco fuerte, alargado y versátil con una relación REM¹⁸ de 3:1 o 4:1 ofreciendo una gran maniobrabilidad y poco calado ideal para la exploración costera, podían envergar tanto velas latinas como cuadradas permitiendo navegar eficientemente en diversas condiciones del viento. Gracias a su gran castillo de popa aumentó significativamente la capacidad de carga, rondaban entre 50 y 150 toneladas necesitando únicamente una tripulación de 15 a 30 marineros para estar a pleno rendimiento. Pieza fundamental para las exploraciones portuguesas de las costas africanas, para los viajes transatlánticos de Colón y el hito de la primera vuelta al mundo de Magallanes-Elcano (García, A 2008).

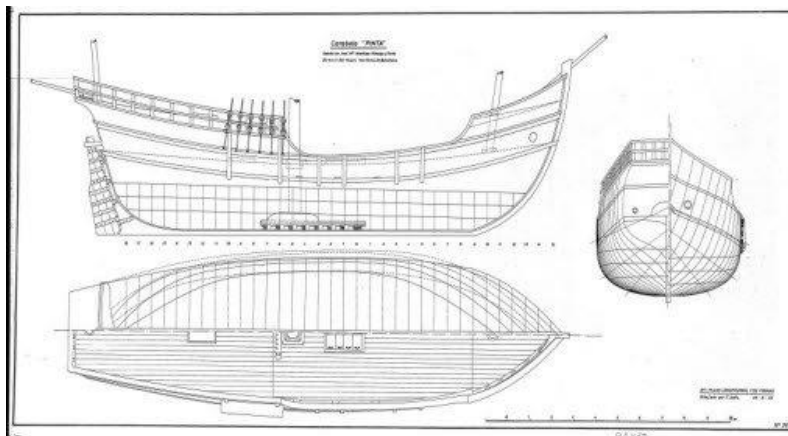


Ilustración 21 Plano de formas de la carabela La Pinta

<https://stores.onlinesale2024best.com/content?c=tama%C3%B1o+de+las+carabelas+de+colon&id=40>

¹⁸ Relación eslora-manga.

Otra de las grandes aportaciones científicas que permitieron a las potencias íberas iniciar esta edad fue el astrolabio náutico, derivado del astronómico, permitía a los marinos determinar la latitud mediante la medición de cuerpos celestes sobre el horizonte. Construido en latón o bronce para soportar las inclemencias del tiempo, constaba de un disco graduado, denominado limbo, y una alidada móvil con pínulas para poder obtener las observaciones. El proceso implicaba sostener el instrumento por su anillo superior, permitiendo que colgara libremente para mantener la verticalidad. Durante la observación, típicamente al mediodía solar, el navegante alineaba la alidada con el Sol, mirando a través de las pínulas, y leía el ángulo en la escala graduada del limbo. Este ángulo, junto con correcciones por declinación solar obtenidas de tablas, permitía calcular la latitud mediante fórmulas trigonométricas o tablas precomputadas. Para observaciones nocturnas, la altura de la estrella Polar proporcionaba una aproximación directa de la latitud en el hemisferio norte (Stimson, A. N. 1988).

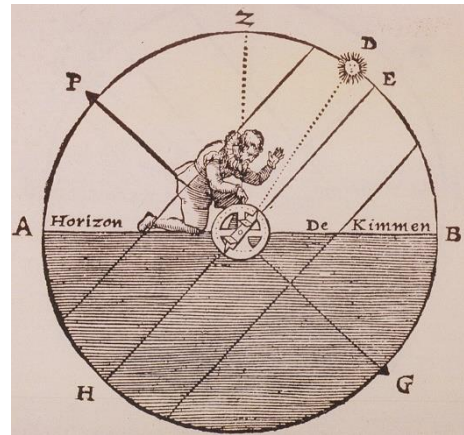


Ilustración 22 Willem Janszoon Blaeu [1571-1638] Grabado xilográfico de *Le Flambeav de la Navigation* [Amsterdam, Holanda - 1619] http://arauco.org/SAPERAUDE/terraaustralis_incoznita/historiasdeldescubrimiento/astrolabionavegacion.html

Cabe mencionar el refinamiento experimentado por los portulanos ya bien entrados en el S. XV, como ya mencionamos, estos eran cartas náuticas detalladas que unían puertos y explicaban la toponimia regional, sumado a la introducción de la proyección Mercator, por Gerardus Mercator en 1569, revolucionaron la cartografía naval al representar líneas de rumbo constante como líneas rectas facilitando así la planeación de *singladuras*¹⁹ de larga duración, aunque las representaciones se distorsionaban cerca de los polos, es la proyección más empleada en la actualidad (Campbell, T 1987)

¹⁹ Según RAE: Distancia recorrida por una nave en 24 horas.

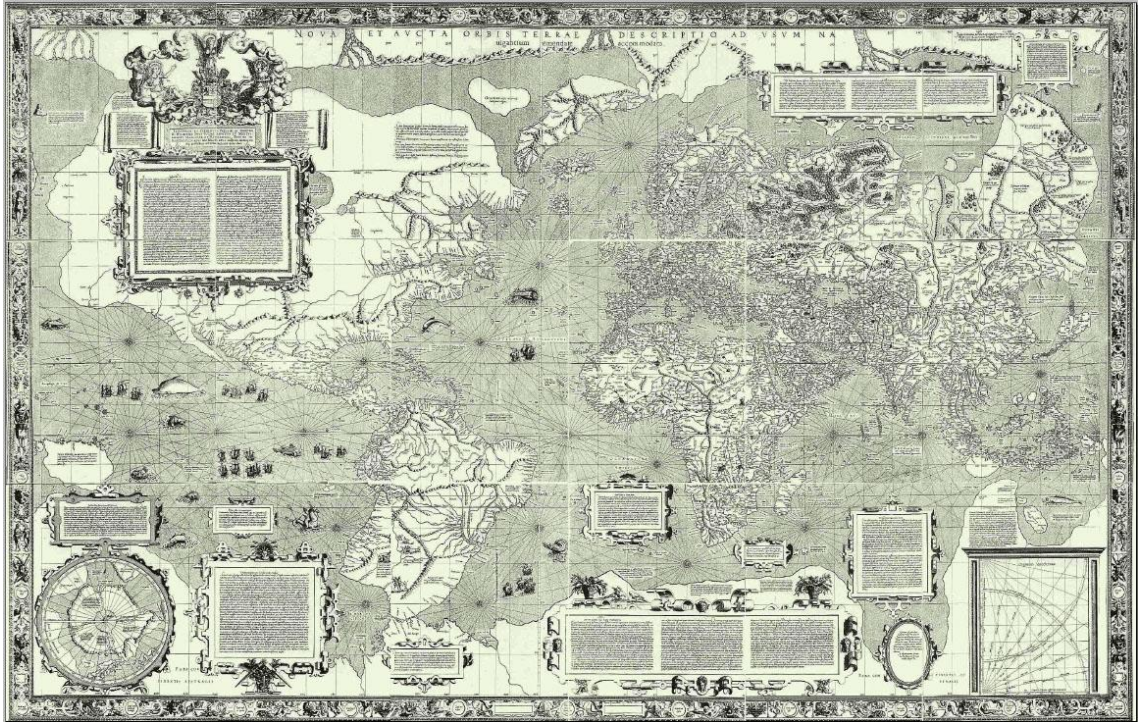


Ilustración 23 Mapa de Mercator 1569

https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecci%C3%B3n_de_Mercator#/media/Archivo:Mercator_1569.png

2.1.3.3. Principales expediciones y descubrimientos

La Era de los Descubrimientos produjo una casta de hombres que, sin temor alguno, se adentraron en lo desconocido y brindaron gloria y fortuna a sus naciones. Sus hazañas no solo ampliaron los horizontes geográficos conocidos, sino que también transformaron profundamente las economías y las sociedades de sus países de origen. Figuras como Colón, Vasco da Gama, Magallanes y Elcano se convirtieron en símbolos de una época caracterizada por la audacia y el espíritu pionero, sentando las bases para los imperios marítimos europeos que dominarían los siglos venideros.

2.1.3.4. Exploraciones portuguesas de la costa africana

Bajo el patrocinio y tutela del Infante Don Enrique el Navegante las carabelas portuguesas partieron hacia territorio incierto. El proceso comenzó con la conquista de Ceuta por Juan I en 1415, que sirvió como puerto base de las consecuentes expediciones. Descubrimiento de Madeira²⁰ y Azores, Madeira fue avistada por João Gonçalves Zarco y Tristão Vaz Teixeira en 1419, la isla nombrada debido a los frondosos bosques que la cubrían, se convirtió rápidamente en un importante punto de escala y colonia portuguesa. Por otra parte, Las Azores constituyen un archipiélago de nueve islas que fueron descubiertas entre el 1427 y 1432 por Diogo de Silves y colonizada bajo la supervisión de Gonçalo Velho Cabral. Estos descubrimientos demostraron la viabilidad de la exploración oceánica y alentaron expediciones mas ambiciosas a lo largo de la costa africana.

En 1434 Gil Eanes consiguió rodear el Cabo Bojador, lo que para Europa suponía la frontera Sur del hemisferio, situado en la costa occidental del Sahara, lo que hasta la fecha era conocido como *Cabo del Miedo*²¹. Fue resultado de la perseverancia de Gil Eanes que ya lo había intentado en numerosas ocasiones y este hito tuvo varias consecuencias significativas; eliminó todo mito y miedo que envolvían la región, reforzó la confianza de los navegantes portugueses y abrió el camino para la exploración sistemática de la costa africana.

Llegada a Cabo Verde en 1460 atribuida generalmente a Antonio de Noli, navegante genovés al servicio de Portugal, el archipiélago situado a 570 km de la costa africana, se encontraba deshabitado, hecho que agilizó su colonización convirtiéndose posteriormente en uno de los mayores centros de compra-venta de esclavos.

Bartolomeu Días partió de Lisboa en 1487 con tres naves con el objetivo de encontrar el extremo sur de África y por consiguiente una ruta hacia la India. Hito que logró solamente un año mas tarde, arrastrado por una tormenta, Bartolomeu se encontró navegando hacia al Norte, en ese momento se dio cuenta, había logrado remontar el punto más meridional²² del

²⁰ Madera en portugués.

²¹ Marineros de la época creían que mas allá de ese punto se encontraban todo tipo de males

²² Sur

continente, nombrándolo *Cabo das Tormentas* y siendo rebautizado por Juan II como Cabo de Buena Esperanza.

Por último, las hazañas del imperio portugués culminaron con la expedición realizada por Vasco da Gama y su llegada a la India en 1498, partiendo de Lisboa tan solo dos años antes con 4 naves; São Gabriel, São Rafael, Bérrio y una nave de suministros. Siguiendo las rutas establecidas por compatriotas años atrás hasta adentrarse entre las aguas desconocidas del Océano Índico, navegación que realizó asistido por navegantes árabes, hasta finalmente arribar a las costas de Calicut al suroeste de la India. El retorno de Vasco da Gama con solo dos navíos fue celebrado como un gran triunfo y culminaría las expediciones emprendidas por Enrique el navegante, dando así paso a la era colonial portuguesa y disputa con el Imperio Español (Diffie, B. W., & Winius, G. D. 1977).

LA RUTA PORTUGUESA HACIA LA INDIA



Ilustración 24 <https://historiaoctavo1.blogspot.com/2011/02/expediciones-portuguesas.html>

2.1.3.5 Viajes de Cristóbal Colón.

Cristóbal Colón, navegante Genovés que pasó gran parte de su vida adulta en Portugal y España donde desarrolló y adquirió sus habilidades y pericia marinera, desarrolló un sueño de poder alcanzar las Indias navegando hacia el Oeste. Fracasando en la corte Lusitana

obtuvo su financiación y apoyo en los Reyes Católicos en 1492, cabe mencionar solo la Corona de Castilla²³ se prestó a ello.

Colón, influenciado por los pensamientos renacentistas de su época y convencido de la redondez de La Tierra se dispuso a lograr arribar a las Indias por el Oeste. Paradójicamente cometió una serie de errores que culminarían siendo esenciales para el éxito de su empresa, erró en la circunferencia del globo al subestimar su envergadura aproximadamente en un 25% (Morison, 1942), y como resultado calculó que la distancia entre Canarias y Japón eran de tan solo 2400 NM²⁴ cuando verdaderamente eran de 10600 NM y finalmente identificó erróneamente la isla de Guanahani como parte del archipiélago japonés, creyendo realmente que había llegado a las Indias.

Partiendo del puerto de Palos el 3 de agosto de 1492 al mando de La Pinta, La Niña Y la Nao Santa María, Colón emprendía su primera travesía, tras una pequeña escala en las Islas Canarias donde se cambiarían de velas latinas a cuerdas, más aptas para la travesía transoceánica de vientos portantes de *Los Alisios*²⁵ en octubre del siguiente año llegaría a lo que hoy conocemos como el archipiélago de las Bahamas, durante el resto de su vida realizaría tres viajes más, con afán de descubrir y cartografiar el Nuevo Mundo falleciendo en 1506 (García A. 2008).

El “descubrimiento” de América para la desgastada Europa renacentista supuso una inyección de vitalidad sin precedentes transformándolo a nivel económico, político y social. Se inició el proceso de colonización de América, la llegada de metales preciosos revolucionó la economía, estimuló el desarrollo del humanismo renacentista y produjo el denominado intercambio colombino, en el que nuevos cultivos, plantas y especias se introducirían en Europa abaratando costes de alimentos, aumentando el volumen de producción y finalmente crecimiento poblacional generalizado en el continente, aunque, el descubrimiento también tuvo consecuencias negativas para las poblaciones indígenas (Crosby, A. W. 1972 Elliott, J. H. 1963).

²³ El matrimonio de los Reyes Católicos fue una unión dinástica en la que cada uno mantenía soberanía sobre su propio terreno, pero proyectando una fuerte unión internacionalmente.

²⁴ Millas Náuticas.

²⁵ Vientos constantes del Este a Oeste durante gran parte del año.



Ilustración 25 Primer desembarco de Cristóbal Colón en América, óleo de 1862 de Dióscoro Teófilo Puebla (1831-1901) https://historia.nationalgeographic.com.es/a/descubrimiento-america-12-octubre-1492_10778

2.1.3.6. Primera vuelta al mundo.

Núñez de Balboa en 1512 confirmó la existencia de un nuevo Océano, El Pacífico, que separaba América de Asia, el destino original de Colón como ya mencionamos. En este preciso momento, se generan dos vertientes, el primero; exploración conquista y anexión de los territorios americanos y el segundo, la necesidad de encontrar un pasaje que permita el paso de las naves entre el Atlántico con el Pacífico (García A. 2008).



Ilustración 26 Portulano de Juan De La Cosa (1500) <https://www.artehistoriaviajandoporelmundo.com/juan-de-la-cosa/>

Sería Fernando de Magallanes el encargado de encontrar esta puerta de acceso al Pacífico, 5 naves y 240 valientes hombres, de los cuales la gran mayoría no volverían a casa, emprendían una expedición a lo desconocido. Siguiendo la estela de Colón y atravesando viento y marea, tormentas epidemias y muerte la situación que se vivía en la flotilla era insostenible, sumado a la situación contraída al Magallanes equivocarse y remontar el Río de la Plata engendró un amotinamiento que este supo aplacar, pero entre sus alborotadores se encontraba Elcano, capitán de renombre que tomaría el mando de la misión al Magallanes encontrar su muerte en Filipinas un año después de encontrar el tan ansiado estrecho, que hoy día lleva su nombre. Un año después de la muerte de Magallanes y con solo una nave, la nao Victoria, esquivando convoyes y naves portuguesas se completaba la primera circunnavegación de la historia, confirmando hipótesis de la época sobre la redondez de la tierra y la conexión de todos los Océanos terrestres. Los 18 sobrevivientes serían recibidos como héroes y el emperador Carlos V otorgó a Elcano un escudo de armas con el lema *Primus circumdedisti me*²⁶ (Pigafetta, A., & Skelton, R. A. 1994).

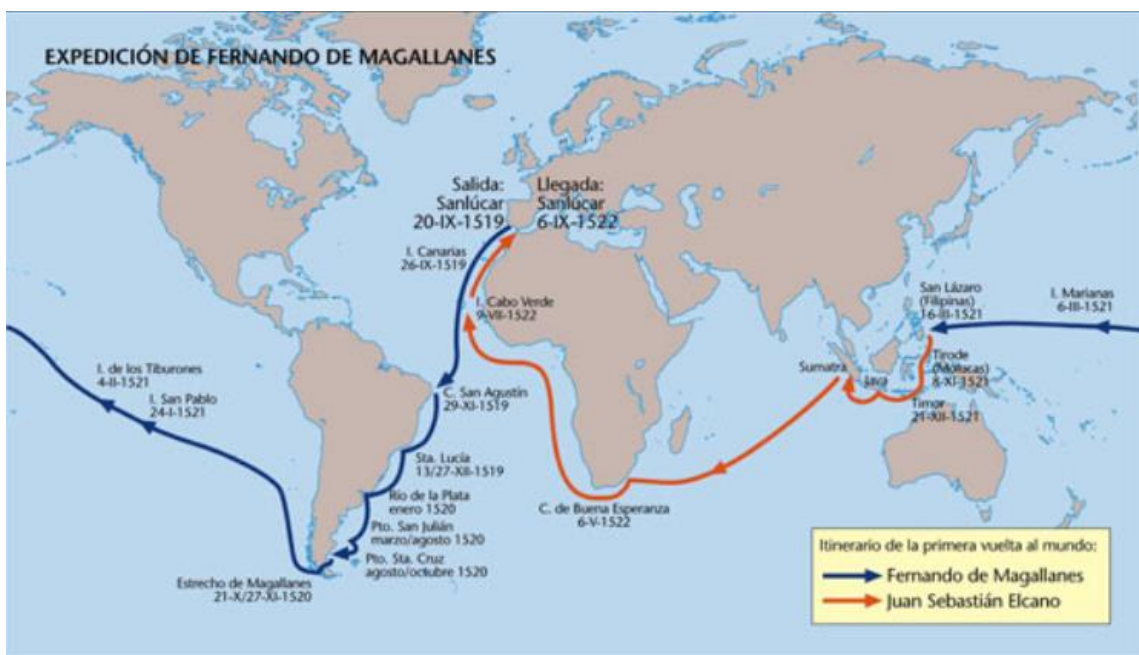


Ilustración 27 Ruta Magallanes-Elcano <https://www.larendija.es/la-guia-historica-sobre-la-escala-de-magallanes-y-elcano-en-tenerife/>

²⁶ Del latín, fuiste el primero en circunnavegarme.

2.1.4. La Era de la Vela; innovación y expansión marítima.

La Era de los Descubrimientos sentó las bases de una serie de transformaciones profundas para la Europa continental, desencadenando un desarrollo sin precedentes que se manifestó de manera notable en el ámbito de la navegación. Este progreso se vio particularmente reflejado en dos aspectos fundamentales, innovaciones en la construcción naval y evolución del diseño de velas.

2.1.4.1. Evolución de los buques

La carabela, buque insignia del Renacimiento y hacedora de imperios, cayó en desuso con el pasar de los siglos, el surgimiento del galeón en 1530 nacido a consecuencia de la acumulación de siglos de experiencia, resultó ser la mejor opción.

El galeón español, diseñado para la guerra y el comercio, destacó por su robustez y capacidad de carga sin precedentes. Su configuración de velas era versátil y eficiente, contando con dos mástiles principales de velas cuadradas, una vela latina en la mesana para mejorar la maniobrabilidad, y una cebadera bajo el bauprés para optimizar la navegación con vientos favorables. En cuanto al armamento, el galeón podía montar un número significativo de cañones. La disposición de estas armas a lo largo de los costados del navío sentó un importante precedente para las tácticas navales futuras. Esta configuración permitía concentrar el fuego lateralmente, una estrategia que se convertiría en estándar en las batallas navales de los siglos siguientes. La combinación de estas características la hacía ideal para la travesía en alta mar, transporte de mercancías y tropa y defensa de convoyes y puestos comerciales de alto valor estratégico, pilar fundamental para la protección de los virreinos españoles. Años de refinamiento del galeón culminaron con la botadura de los primeros navíos de línea²⁷, esenciales y sinónimo del poderío naval de las armadas de la época. Las mejoras incluyeron un casco más largo y ancho para mayor estabilidad y capacidad, un velamen ampliado con más mástiles y superficie velica para mejor propulsión y maniobrabilidad, y un armamento significativamente incrementado, con cañones dispuestos en múltiples cubiertas (Glete, J. 1993).

²⁷ Nombre otorgado por la formación empleada a la hora de combatir.



Ilustración 28 Cuadro de Geodd Hunt Buque insignia de la armada española y mayor navío de su época Santísima Trinidad y Nuestra Señora del Buen Fin , hundido tras un fuerte temporal en el golfo de Cadiz, poco después de la batalla de Trafalgar.
<https://jadonceld.blog>

2.1.4.2. Evolución de las velas

El diseño de velas y aparejos experimentó uno de sus avances más cruciales, en el apogeo de la navegación a vela, siglos de experiencia y desarrollo culminaron en los más rápidos y potentes navíos vistos hasta la actualidad.

Se incrementó la diversificación en las velas, desde las galeras y trirremes romanos las embarcaciones habían mantenido una similitud caracterizada por pequeñas variaciones, ahora se lograban diseños de buques que podían contar con más aparejos desplegados a la vez.

Aparición de las denominadas velas de *estay*²⁸ que engloban una gran variedad de velas triangulares mejoraron la capacidad de ceñir al viento y el desarrollo de palos de mesana envergados con vela cangreja que aumentaban las capacidades portantes en vientos del través dieron cabida da gran variedad de tipos de navíos configurar sus jarcias según sus necesidades, tipo de ruta y vientos predominantes, destacamos: las fragatas, corbetas, bergantines, goletas, clippers, navíos, bricarca y queches (Harland, J. 1984).

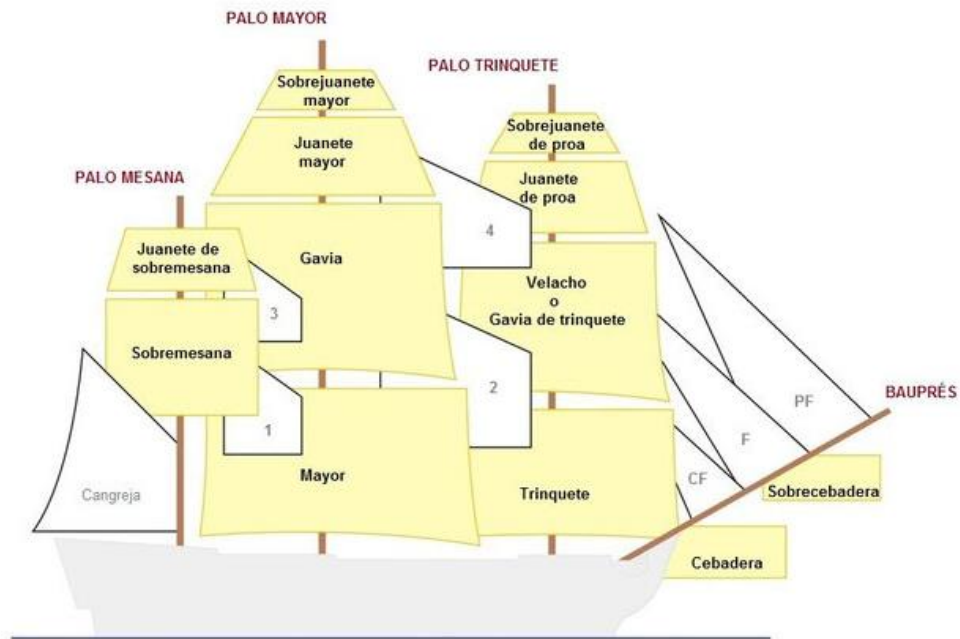


Ilustración 29 Diagrama del velamen de un clipper <https://singladuras.jimdofree.com/nav%C3%ADos-y-navegaci%C3%B3n/nomenclatura-b%C3%A1sica/aparejo-velas/>

²⁸ Según RAE: Cabo o cable que sujeta la cabeza de un mástil al pie del más inmediato, para impedir que caiga hacia la popa.

2.1.4.3. Trafalgar y transición al vapor

Nos adentramos a 21 de octubre de 1805 en el marco de las guerras napoleónicas la coalición franco-española compuesta por 33 navíos y capitaneada por el Vicealmirante Villanueva se dispondría a entablar combate contra el Vicealmirante Horacio Nelson, ya recuperado de su derrota en las costas Tinerfeñas. Ambas flotas se avistaron al amanecer, al atardecer, 2/3 de la flota conjunta habían sido hundidos, capturados o no se encontraban en capacidades de culminar la retirada. Las consecuencias de esta derrota sumado a las guerras de independencia hispanoamericanas entre 1810-1833 supondrían para España la pérdida de su hegemonía colonial.

Poco después en 1807 Robert Fulton consiguió la construcción y comercialización del primer barco a vapor surcando el río Hudson, el ocaso de la navegación a vela estaba por venir. En pocos años el diseño y construcción de los buques cambiarían drásticamente olvidando completamente la vela, comenzaba la edad de la navegación autopropulsada acaparando los mercados transoceánicos los buques de vela quedarían relegados a rutas secundarias o terciarias, en las que el coste de las mercancías no justificaba el flete de un barco a motor (García, A. 2008)

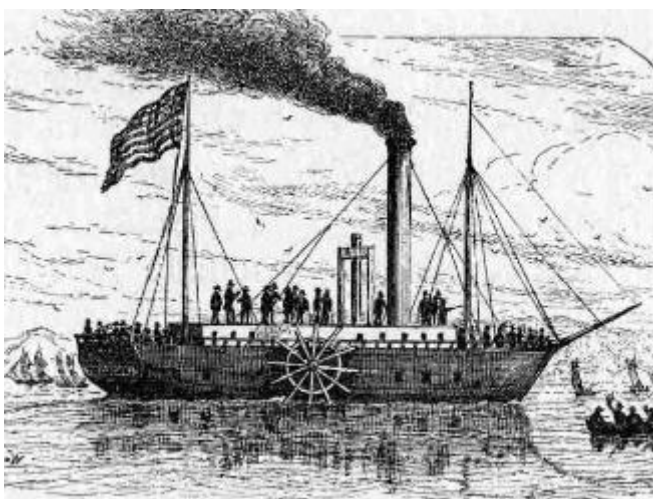


Ilustración 30 El monstruo de Fulton 1807

<https://www.asocmtmesp.com/historia-mtm/inventos-pioneros-y-el-inicio-de-una-nueva-cultura-empresarial/#:~:text=En%201787%20John%20Fitch%20hace,de%20vapor%20de%20la%20historia.>

2.1.4.4. La vela moderna.

La navegación a vela, hoy en nuestros días, ha encontrado un nuevo rumbo, alejado de su pasado como motor del comercio y transporte mundial, florece en dos vertientes; como modalidad deportiva, donde veleros que representan el pináculo de la ingeniería moderna y se miden las habilidades regatistas de todos los rincones del planeta, ejemplos de esas, Copa América, la Volvo Ocean Race o la Minitransat.

Paralelamente, la vela recreativa se ha popularizado a lo largo de los años millones de personas se hacen a la mar por el mero hecho de liberarse del estrés de la rutina, conectar con la naturaleza o simplemente como acto social en el que pasar una buena mañana de domingo.



Ilustración 31 F50 victoria en la bahía de Cádiz 2021
https://www.lavozdigital.es/deportes/vela/lvdi-regata-2021-octubre-cadiz-catamaran-maxima-tecnologia-servicio-sailgp-202110051208_noticia.html



Ilustración 32 Ilustración propia, en algún punto entre La Palma y Tenerife

2.1.5. El retorno de la vela a la industria naviera global

Ciertamente, en los últimos, ha habido acercamientos por parte del sector mercantil en la reintroducción de la vela como elemento supletorio en travesía oceánicas. En 2021, la Unión Europea dio un paso decisivo en la lucha contra el cambio climático al aprobar un paquete legislativo ambicioso. Esta nueva normativa establece un objetivo claro: alcanzar la neutralidad de carbono en todo el territorio de la UE para 2050. A la aplicación de esa normativa se suman la volatilidad de los precios del combustible debido a la situación global y una mejora general de la imagen corporativa de la empresa (Comisión Europea 2021, Poulsen, R. T., & Johnson, H. 2016).

2.1.5.1. Tecnologías de propulsión eólicas

En la actualidad destacamos seis propuestas de velas para alcanzar los objetivos de la UE.

2.1.5.2. Kites

Sistema de propulsión mediante cometas, nada nuevo en la náutica de recreo, pero adaptado a las envergaduras y dimensiones de un barco comercial.

El despliegue de la cometa se realiza mediante un sistema automatizado de cables y poleas. Una vez desplegada, el kite aprovecha la energía cinética del viento a una altitud aproximada de 300 metros sobre el nivel del mar. Su diseño aerodinámico permite traducir eficientemente esta fuerza eólica en propulsión para el navío. En cuanto a las características físicas, las cometas náuticas se diseñan priorizando la eficiencia aerodinámica y la minimización de la resistencia al viento. Esto se traduce en estructuras generalmente ligeras en relación con su tamaño.



Ilustración 33 Seawing (2023)
<https://airseas.com/en/our-offer/>

Aunque las especificaciones exactas del *Airseas Seawing* ²⁹no están disponibles, es razonable asumir que el peso de estos sistemas es insignificante en comparación con el tonelaje total de un buque mercante estándar.[1]

2.1.5.3. Velas de succión

Desarrolladas por la empresa española bound4blue, el sistema *eSail*, se compone de estructuras verticales aerodinámicas que se orientan automáticamente hacia la dirección del viento. Su característica distintiva es el uso de un sistema de succión en la capa límite, lo que aumenta significativamente la sustentación generada. Este principio permite aprovechar el viento incluso en condiciones que serían desfavorables para las velas tradicionales. Bound4blue ofrece tres modelos que van desde los 12 hasta los 36 metros y oscilando entre 42 y 60 toneladas [2]

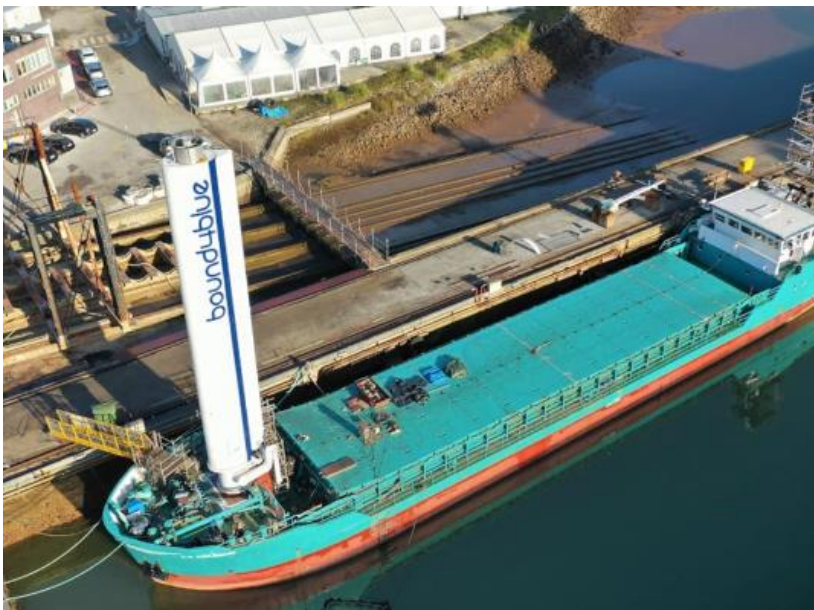


Ilustración 34 <https://bound4blue.com/bound4blue-installs-in-astander-its-esail-system-on-la-naumon/>

²⁹ Empresa derivada de Airbus referente en materia de este sector.

2.1.5.4. Velas rígidas

Las velas rígidas representan una evolución significativa en la propulsión eólica para embarcaciones. A diferencia de las velas tradicionales, estas estructuras mantienen una forma fija, optimizada para maximizar la eficiencia aerodinámica.

El principio de funcionamiento de las velas rígidas es similar al de las velas convencionales: generan empuje a través de las fuerzas aerodinámicas producidas por la interacción entre la vela y el viento. Sin embargo, su diseño rígido permite mantener un perfil aerodinámico constante, lo que puede resultar en una mayor eficiencia en una variedad de condiciones de viento. La tecnología moderna ha permitido equipar estas velas con sistemas avanzados de control y monitoreo. Sensores integrados miden constantemente la velocidad y dirección del viento, permitiendo que las velas se orienten automáticamente para maximizar el empuje. Algunos modelos van más allá, incorporando paneles solares en su superficie para generar energía eléctrica adicional, aumentando aún más la eficiencia energética del barco. [2]



Ilustración 35 <https://oceanbornfoundation.org/alas-de-avion-para-reducir-la-contaminacion-de-los-barcos-la-mision-de-una-joven-ingeniera-para-descarbonizar-los-oceanos/>

2.1.5.5. Velas de rotor

Las velas de rotor, o también conocidas como rotores Flettner, se aprovechan del efecto Magnus para generar sustentación y empuje en las embarcaciones. Originales de 1924 han sido rescatadas por los avances tecnológicos y necesidades del transporte marítimo actual. La empresa Anemoi Marine Technologies lidera este sector, sus sistemas miden entre 21-35 metros de altura y 3-5 metros de diámetro, algunos modelos resultan ser hasta reclinables para adaptarse a rutas con restricciones de altura. El funcionamiento consta de un motor de baja potencia que gira un cilindro, creando una diferencia de presión en sus lados cuando interactúa con el viento, alcanzando este su máxima eficiencia en rumbos de *través*³⁰



Ilustración 36 <https://safety4sea.com/anemoi-to-provide-rotor-sails-for-two-lng-carrier-newbuildings/>

³⁰ Navegar formando un ángulo de 90° respecto al origen del viento.

2.1.5.6. Desafíos y oportunidades.

La integración gradual de estos sistemas de propulsión presenta una serie de desafíos significativos que todavía tienen que ser puestos a prueba en un escenario real, como lo son la integración con los sistemas ya existentes, la relación costo-beneficio y las adaptaciones necesarias de la infraestructura portuaria.

- Integración con sistemas existentes:

Se debe comprobar la viabilidad de instalación de los distintos tipos de velas ya que pueden afectar a la estabilidad e integridad del buque, desarrollar e integrar los sistemas de control y seguridad que optimicen el trimado de las velas junto con los motores principales, formación en teoría de navegación a vela para las tripulaciones, lo que implica costos y tiempo de adaptación y por último la compatibilidad con los dispositivos de operaciones de carga y descarga y comprobar que no interfieran con ellos (Rehmatulla et al., 2017).

- Costos-beneficio de implementación a largo plazo:

En la industria naviera, el factor económico es primordial. La implementación de sistemas de propulsión eólica depende crucialmente de su rentabilidad. Si los costos superan los beneficios proyectados o el retorno de inversión es demasiado largo, estos sistemas enfrentan resistencia. Este enfoque financiero estricto constituye el principal obstáculo para la adopción generalizada de tecnologías de propulsión asistida por viento en el transporte marítimo comercial (Rehmatulla et al., 2017).

- Adaptación de la infraestructura portuaria:

La adaptación de la infraestructura portuaria es esencial para la implementación exitosa de tecnologías de propulsión eólica en el transporte marítimo. Los puertos enfrentan varios desafíos en este proceso. Primero, deben modificar sus espacios de atraque para acomodar buques equipados con velas rígidas o rotores, lo que puede requerir inversiones significativas. Segundo, los sistemas de carga y descarga necesitan ajustes para operar eficientemente con estos nuevos diseños de buques. Tercero, los puertos deben desarrollar

capacidades de mantenimiento y reparación para estos sistemas innovadores. Por último, es necesario establecer nuevas regulaciones y estándares para garantizar la operación segura de estos buques en áreas portuarias. Estas adaptaciones, aunque desafiantes, son cruciales para integrar efectivamente la propulsión eólica en la infraestructura marítima existente (Rehmatulla et al., 2017).

La reaparición de la propulsión eólica supone uno de las mayores oportunidades para reducir emisiones y costos operativos a largo plazo, sin embargo los desafíos técnicos, económicos y logísticos son considerables, se trata de una colaboración entre la industria naviera, fabricantes y entidades reguladoras que deberán trabajar al unísono para poder aprovechar plenamente estas tecnologías innovadoras. El éxito en la implementación de estas soluciones no solo contribuirá a la sostenibilidad del transporte marítimo, sino que también podría abrir nuevas vías de desarrollo tecnológico y económico en el sector marítimo global.

2.6 Conclusión

Desde aquellas rudimentarias balsas de la antigüedad hasta los sofisticados sistemas de propulsión eólica actuales, la vela, ha demostrado ser un constante en nuestra saga marítima. Testigos de su dominio milenario sobre los océanos, catalizando el comercio, exploración e intercambio de cultura, promotor de los grandes descubrimientos y sinónimo de la grandeza de las naciones, presuntamente destinada al olvido y reanimada por una urgencia climática y búsqueda de sostenibilidad por un pueblo cada vez más concienciado con su medio. La vela, al conjugarse con la ciencia contemporánea, pueden ofrecer soluciones a nuestros desafíos más acuciantes, es evidente que la vela, en sus nuevas encarnaciones, jugará un papel pivotal en la búsqueda del equilibrio entre progreso económico y responsabilidad ecológica. Este periplo por la historia de la navegación a vela nos recuerda que la verdadera innovación a menudo implica una mirada retrospectiva para avanzar. Las soluciones a nuestros dilemas actuales pueden yacer en la sabiduría ancestral, reinventada para nuestro tiempo y el porvenir.

Bibliografía

Libros

Inicios de la navegación

Bass, G. F. (1972). *A History of Seafaring Based on Underwater Archaeology*. Walker and Company.

Dothan, T., & Dothan, M. (1992). *People of the Sea: The Search for the Philistines*. Macmillan.

McGrail, S. (2001). *Boats of the World: From the Stone Age to Medieval Times*. Oxford University Press

Edad Media:

Abulafia, D. (1994). *A Mediterranean Emporium: The Catalan Kingdom of Majorca*. Cambridge University Press.

Brink, S., & Price, N. (2008). *The Viking World*. Routledge.

Campbell, T. (1987). *Portolan Charts from the Late Thirteenth Century to 1500*.

Childs, W. R. (1978). *Anglo-Castilian trade in the later Middle Ages*. Manchester University Press.

Constable, O. R. (1994). *Trade and Traders in Muslim Spain: The Commercial Realignment of the Iberian Peninsula, 900-1500*. Cambridge University Press.

Dollinger, P. (1970). *The German Hansa*. Stanford University Press.

Hourani, G. (1995). *Arab Seafaring in the Indian Ocean in Ancient and Early Medieval Times*. Princeton University Press.

Lane, F. (1973). *Venice, A Maritime Republic*. Johns Hopkins University Press.

Lopez, R. S. (1964). Market Expansion: The Case of Genoa. *Journal of Economic History*, 24(4), 445-464.

Mott, L. V. (1997). *The Development of the Rudder: A Technological Tale*. Texas A&M University Press.

Pernoud, R. (1977). *Pour en finir avec le Moyen Age*. Seuil.

Pirenne, H. (1936). *Economic and Social History of Medieval Europe*. Harcourt, Brace and Company.

Reuter, T. (2006). *Medieval Polities and Modern Mentalities*. Cambridge University Press.

Roesdahl, E. (1998). *The Vikings*. Penguin Books.

Schulte, R. (1983). The Hanseatic League and Hanse Towns in the Early Penetration of the North. *Arctic*, 36(4), 319-327.

Waters, D. W. (1958). *The Art of Navigation in England in Elizabethan and Early Stuart Times*. Yale University Press.

Edad de los descubrimientos:

Castro, F. (2008). In Search of Unique Iberian Ship Design Concepts. *Historical Archaeology*, 42(2), 63-87.

Crosby, A. W. (1972). *The Columbian Exchange: Biological and Cultural Consequences of 1492*. Greenwood Press.

Diffie, B. W., & Winius, G. D. (1977). *Foundations of the Portuguese Empire, 1415-1580*. University of Minnesota Press.

Elliott, J. H. (1963). *Imperial Spain: 1469-1716*. St. Martin's Press.

García Martínez, A. (2008). [No se proporciona la referencia completa]

Morison, S. E. (1942). *Admiral of the Ocean Sea: A Life of Christopher Columbus*. Little, Brown and Company.

Pigafetta, A., & Skelton, R. A. (1994). *Magellan's Voyage: A Narrative Account of the First Circumnavigation*. Dover Publications.

Stimson, A. N. (1988). *The Mariner's Astrolabe: A Survey of Known, Surviving Sea Astrolabes*. HES Publishers.

Era de la vela:

Glete, J. (1993). *Navies and Nations: Warships, Navies and State Building in Europe and America, 1500-1860*. Almqvist & Wiksell International.

Harland, J. (1984). *Seamanship in the Age of Sail*. Naval Institute Press.

Retorno de la vela a la industria naviera global:

Poulsen, R. T., & Johnson, H. (2016). The logic of business vs. the logic of energy management practice: understanding the choices and effects of energy consumption monitoring systems in shipping companies. *Journal of Cleaner Production*

Rehmatulla, N., Parker, S., Smith, T., & Stulgis, V. (2017). Wind technologies: Opportunities and barriers to a low carbon shipping industry. *Marine Policy*

Web

Wikipedia <https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>

Net Zero <https://www.un.org/es/climatechange/net-zero-coalition>

[1] <https://airseas.com/en/our-offer/>

[2] <https://bound4blue.com/>

[3] <https://www.nauticexpo.es/prod/norsepower-oy-ltd/product-66836-530305.html>

Vídeos

Hijos Bonicos (2020) Historia de la navegación (hace referencia a García, G; locutor del programa de televisión de History channel)

<https://www.youtube.com/watch?v=NUVGPpQPcf4&t=2384s>

Permiso de divulgación del Trabajo Final de Grado

El alumno **David Rodríguez De La Fe**, autor del trabajo final de Grado titulado “**Historia, evolución y desarrollo de la navegación a vela**”, y tutorizado por el/los profesor/es Francisco Helenio Hoyos Medina, a través del acto de presentación de este documento de forma oficial para su evaluación (registro en la plataforma de TFG), manifiesta que **PERMITE** la divulgación de este trabajo, una vez sea evaluado, y siempre con el consentimiento de su/s tutor/es, por parte de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, del Departamento de Náutica y transporte marítimo y de la Universidad de La Laguna, para que pueda ser consultado y referenciado por cualquier persona que así lo estime oportuno en un futuro.

Esta divulgación será realizada siempre que ambos, alumno y tutor/es del Trabajo Final de Grado, den su aprobación. Esta hoja supone el consentimiento por parte del alumno, mientras que el profesor, si así lo desea, lo hará constar en futuras reuniones, una vez finalizado el proceso de evaluación del mismo.