

GRADO EN NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO
TRABAJO FIN DE GRADO

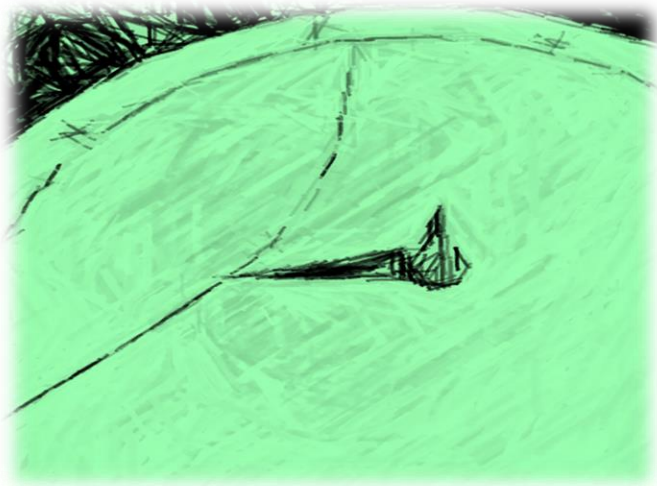
TÉCNICAS DE NAVEGACIÓN VIKINGA

Alumno: Jon Bilbao Arri

Directora: Itsaso Ibáñez

Curso: 2018-2019

Fecha: febrero 2019



TÉCNICAS DE NAVEGACIÓN VIKINGA

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN NAÚTICA Y TRANSPORTE
MARÍTIMO

Alumno: Jon Bilbao Arri

Directora: Itsaso Ibáñez

2018-2019

Resumen: La expansión de los Vikingos entre los siglos IX y XII ha dejado huella en el mundo. Sus barcos se hicieron famosos por su alto rendimiento en la mar, dándoles ventaja sobre sus competidores contemporáneos y permitiendo llegar a donde nadie lo había hecho antes. Está probado que para sus hazañas marinas usaban un compás solar para guiarse, mediante la sombra del gnomon, eran capaces de mantener el curso este-oeste a lo largo de los mares del norte, báltico e incluso el atlántico norte. Se ha propuesto que cuando el compás no podía ser usado, debido a la climatología adversa, era empleada una piedra solar para encontrar la posición del sol. En este trabajo, se ponen a prueba las técnicas de navegación vikingas, mediante la investigación y construcción de un prototipo de compas solar.

Palabras clave: Época Vikinga, Barco vikingo, navegación, compás solar, piedra solar, espato de Islandia, gnomon.

Laburpena: Bikingoen edapena IX eta XII. mendeen artean, aztarna utzi du munduan. Haien ontziek beren errendimenduagatik famatu egin ziren, abantaila emanaz bere garaiko aurkarien aurrean eta inor heldu ez zen lekuetara iristeko ahalmena emanaz. Beren bidaietan orientatzeko eguzki konpas bat erabiltzen zutela probatua dago, gnomonaren itzala erabiliz, ekialde-mendebalde norabideak mantentzeko ahalmena izanda ipar itsasoa, baltikoa eta ipar atlantiko ere zeharkatu zituzten. Meteorologiak konpasa erabiltzea ezinezko egiten zuenean, eguzki harri bat erabiltzen zutela proposatu da, eguzkia non zegoen jakitearren. Lan honetan bikingoen nabigazio teknikak proban jartzen dira, ikerketaren bidez eta eguzki konpas baten prototipoa eraikiz.

Hitz gakoak; Bikingo Garaia, Ontzi bikingoak, nabigazioa, eguzki-konpasa, eguzki harria, Islandiako espatoa, gnomoia.

Abstract: Viking expansion between the ninth and twelfth centuries have left their mark on the world. Their ships became famous for their high performance at sea, giving them an advantage over their contemporaneous competitors and allowing to reach where no one had ever done before. It is proven that during their sea exploits used a sundial to guide them, using the shadow of the gnomon, they were able to keep the course east west along the Northern sea, the Baltic and even the North Atlantic. It has been proposed that when the compass could not be used, due to the adverse climatology, a sunstone was used to find the position of the sun. In this work, Viking navigation techniques are tested trough the research and the construction of a sundial prototype.

Keywords: Viking age, Viking ship, Viking navigation, Sunstone, Solar compass, Iceland spar, Gnomon.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Portada	i
Resumen/Laburpena/Abstract	ii
Índice de contenidos	iii
Índice de figuras	vi
INTRODUCCIÓN	1
1. CONTEXTO HISTÓRICO	4
1.1. ÉPOCA VIKINGA	4
1.1.1. ¿QUÉ ES LA ÉPOCA VIKINGA?	4
1.1.2. ¿QUIÉNES ERAN LOS VIKINGO?	5
1.1.3. ¿CÓMO ERA LA ESCANDINAVIA DE LA ÉPOCA?	5
1.2. LA SOCIEDAD VIKINGA	6
1.2.1. EL REY Y "SUS HOMBRES"	6
1.2.2. NOBLES, HOMBRES LIBRES Y ESCLAVOS	8
1.2.2.1. JARL	8
1.2.2.2. BONDI	9
2. LAS CLAVES DEL ÉXITO	11
2.1. INTRODUCCIÓN	11
2.2. EL COMERCIO EN EL MAR BÁLTICO	12
2.3. COLONIZACIÓN ESCANDINAVA EN LAS ISLAS FEROE, ISLANDIA Y GROENLANDIA	15
2.4. LOS VIKINGOS EN GRAN BRETAÑA E IRLANDA	16
2.5. LOS VIKINGOS EN EL REINO DE LOS FRANCOS Y EN LA PENINSULA IBERICA	17
2.6. ¿POR QUÉ NAVEGABAN MÁS ALLÁ DE SUS COSTAS?	18

3. CONSTRUCCIÓN DE UN BARCO VIKINGO	21
3.1. LOS BARCOS VIKINGOS	22
3.2. TINGLADILLO	22
3.3. EL MAESTRO ARMADOR	25
3.4. LA MADERA PARA LA CONSTRUCCIÓN	25
3.5. HERRAMIENTAS DE CONSTRUCCIÓN	28
3.6. PUESTA EN QUILLA	28
3.7. CONSTRUCCIÓN DEL CASCO	29
3.8. MONTAJE DE LOS REFUERZOS	30
4. NAVEGACIÓN VIKINGA	32
4.1. ORIENTARSE EN LA MAR	33
4.2. EL SOLARSTEIN, LA PIEDRA SOLAR	34
4.2.1. ¿QUÉ ES EL SOLRSTEIN?	34
4.2.2. BIRREFRINGENCIA	34
4.2.3. COMO USAR DE MANERA SENCILLA UNA PIEDRA SOLAR	35
4.2.4. LOS VIKINGOS Y LA PIEDRA SOLAR	36
4.2.5. PECIO ISABELINO DE ALDERNEY	37
4.2.6. LA CIENCIA Y LA PIEDRA SOLAR	37
4.3. EL COMPÁS SOLAR	39
4.3.1. ¿QUÉ ES UN COMPAS SOLAR?	39
4.3.2. BASE TEÓRICA	39
4.3.2.1. MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL	42
4.3.2.2. PASO POR EL MERIDIANO SUPERIOR DE	

LUGAR	42
4.3.2.3. VARIACIÓN DE LA ALTURA DE LOS ASTROS	42
4.3.2.4. GNOMON	43
4.3.2.5. DECLINACIÓN DEL SOL	44
4.3.2.6. EQUINOCCIOS Y SOLSTICIOS	44
4.3.3. MODO DE EMPLEO	45
4.3.4. DESCUBRIMIENTO ARQUEOLÓGICO DE UNARTOQ, GROENLANDIA	47
4.4. RUTAS MARÍTIMAS	47
5. PROTOTIPO COMPÁS SOLAR	50
5.1. EL COMPÁS SOLAR	50
5.1.1. CONSTRUCCIÓN Y LÍNEAS GNÓMICAS	50
5.1.2. PLANTILLAS CON LÍNEAS GNÓMICAS Y ROSA DE LOS VIENTOS	51
5.2. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y HERRAMIENTAS EMPLEADAS	53
5.3. PARTES DEL COMPÁS, DISEÑO Y MEDIDAS	54
5.3.1. PARTES	54
5.3.2. DISEÑO Y MEDIDAS	55
5.4. METODOLOGÍA	56
5.4.1. GNOMON	56
5.4.2. DISCO	56
5.4.3. CUENCO	58
5.5. PRUEBAS DEL PROTOTIPO DE COMPAS SOLAR	59

6. CONCLUSIONES	63
6.1. EL COMPÁS SOLAR	63
6.2. RECIPIENTE	64
6.3. PLANTILLAS	64
6.4. PIEDRA SOLAR	65
7. BIBLIOGRAFÍA	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 The swords in rock in Stavanger, Norway.....	4
Figura 1.2 Map of Scandinavia.....	6
Figura 1.3 Esquema Rey y Sequito.....	7
Figura 1.4 Pirámide de poder e influencia.....	8
Figura 1.5 Villa de Vorbasse	10
Figura 2.1 Viking Expansion.....	11
Figura 2.2 Viking Age trade routes in north west Europe	12
Figura 2.3Vikingos, Normandos y Varegos.....	13
Figura 2.4 Los vikingos Dinamarca	19
Figura 3.1 The Viking ship.....	21
Figura 3.2 Sistema de tingladillo	23
Figura 3.3 Tingladillo	23
Figura 3.4 Eleccion y tala de robles	26
Figura 3.5 Building the most iconic viking ship.....	27
Figura 3.6 Clavos	29
Figura 3.7 Roda.....	29
Figura 3.8 Unión de bisel	30
Figura 3.9. Tapiz de Bayeux.....	31
Figura 4.1 Vebaek's find.....	32
Figura 4.2 Espato de Islandia.....	34
Figura 4.3 Pruebas espato de Islandia.....	35

Figura 4.4 Una imagen espato de Islandia.....	36
Figura 4.5 Divers to explore Alderney’s Elizabethan wreck.....	37
Figura 4.6 Elementos de la esfera gocéntrica.....	40
Figura 4.7 Horizonte y rosa de los vientos	40
Figura 4.8 Longitud de la sombra proyectada por el gnomon al paso del sol por el meridiano de lugar, en tres momentos diferentes del año ...	41
Figura 4.9 Coordenadas celestes de los astros	41
Figura 4.10 Gnomon y trayectoria diaria del sol.....	43
Figura 4.11 Av del sol mediante altura del gnomon y longitud sombra.....	44
Figura 4.12 Equinoccios, solsticios y ecliptica	44
Figura 4.13 Líneas Gnómicas	45
Figura 4.14 Compás solar de Unartoq sobre una rosa de los vientos moderna	46
Figura 4.15 Sailing directions of the North Atlantic Viking Age.....	48
Figura 4.16 Prototipo compás solar.....	49
Figura 5.1 Prototipo compás solar 1.....	50
Figura 5.2 Imagen del programa Sun Compass 1.0.....	52
Figura 5.3 Plantilla en pdf	52
Figura 5.4 Varias plantillas realizadas para las pruebas	53
Figura 5.5 Varilla, disco y cuenco.....	54
Figura 5.6 Planos prototipo compas solar	55
Figura 5.7 Proceso en el que se corta la varilla y se afila	56
Figura 5.8 Trabajando en el disco	57
Figura 5.9 Desbastando el cuenco-recipiente	58
Figura 5.10 Resultado final	58
Figura 5.11 Durante la sesión de pruebas, compás perfectamente orientado	59
Figura 5.12 Foto explicativa donde se comprueba que debido a la escora el compás no está bien orientado	60
Figura 5.13 Durante la sesión de pruebas, plantilla 31/01/2019.....	61
Figura 5.14 Sombra señalando al norte al mediodía verdadero	62
Figura 5.15 Agua entre disco y plantilla	62

INTRODUCCIÓN

**Introducción,
objetivo,
metodología,
estado del arte y
estructura**

INTRODUCCIÓN

Vikingos. Al escuchar esta palabra vienen a nuestra mente muchas ideas. Conquistadores, guerreros, exploradores, saqueadores, bárbaros... pero, ¿conocemos realmente sus hazañas como navegantes? ¿son reales las historias mitificadas de esta sociedad? Son famosos, por sembrar el miedo en la Europa medieval, sin embargo, la realidad se enturbia y se mezcla con la ficción de series y películas. Una sociedad capaz de generar una influencia tan permanente en el mundo, no lo hizo de manera desordenada y caótica, sino que fue gracias a una sociedad bien estructurada, diferente a los reinos de sus contemporáneos y una capacidad para surcar los mares que a día de hoy sigue intrigando a investigadores e historiadores. Todo lo que este pueblo fue capaz de hacer durante su época, la Época Vikinga, fue en gran parte, debida a sus extraordinarios navíos, que navegaban más rápido y más lejos que nunca. Evocando aventuras épicas, navegando más allá de lo conocido.

Objetivo

Sin duda, sería necesaria una herramienta o varias de ellas que les guiasen hacia sus destinos. A lo largo de este trabajo viajaremos en el tiempo y nos sumergiremos en cómo llegaron sus barcos y sus gentes a lugares tan lejanos como el continente americano, 500 años antes de que Colon lo hiciera. Entenderemos sus razones y motivos que impulsaron sus viajes, conoceremos su sociedad y sus barcos. Pero, el objetivo principal es el de entender cómo fue posible su navegación.

Metodología

Desde 1948, a partir de un descubrimiento arqueológico, que sigue siendo investigado hoy en día, el mundo intenta descubrir cuáles eran sus herramientas de navegación y cómo se usaban. A lo largo de las páginas siguientes, y después de mucho investigar y mucho leer, analizamos su herramienta principal de navegación: el compás solar. Fabricando un prototipo que se pone a prueba en la vida real y descifrando sus secretos. ¿Qué era? ¿Cómo funcionaba? ¿Cuán preciso era?

A su vez, analizaremos, en menor medida, un objeto 'mágico', una piedra que, gracias a sus particulares propiedades, ayudaba a los Vikingos a encontrar el sol cuando la vista no lo permitía: la piedra solar.

Estado del arte

Para explicar la sociedad vikinga y su estructura, el libro de Boyer (2000), La vida cotidiana de los vikingos ha sido la principal fuente de información.

Para descubrir los motivos de la expansión vikinga se han revisado multitud de artículos y libros. El principal de ellos es el escrito por Christensen (2001).

A la hora de describir la construcción de los barcos el libro *The Viking Ship* de Brunn (1997), resultado de gran ayuda en adición a artículos de varias páginas web, entre ellas, la más notable, la página del museo del barco vikingo de Roskilde.

Las primeras investigaciones que se hicieron respecto al compás solar las realizó Soren Thirslund, en colaboración con otros científicos, astrónomos... en sus investigaciones se basa principalmente el trabajo de desarrollo para el diseño y uso del prototipo de compas solar. Varias publicaciones de este autor han sido empleadas.

Publicaciones realizadas en *The Proceedings of the Royal Society* también han sido de gran ayuda. Estos artículos son los estudios más recientes realizados para analizar el compás solar y el espato de Islandia, debidos a Balázs Bernáth (2014), Guy Ropars (2012) ...

En el apartado bibliográfico están todas las fuentes que han servido para desarrollar el trabajo, a pesar de que no todas se ven reflejadas en el escrito.

Estructura

Comenzaremos describiendo dónde vivían los vikingos y cómo estaba estructurada su sociedad. Cuál fue su lugar y momento en la historia, en definitiva, se trata de entender quiénes eran.

Continuaremos explicando cuales fueron las razones por las que lograron tanta influencia en el mundo. Porqué partían hacia lugares lejanos, como funcionaba su comercio y sus colonizaciones.

Una vez situados en el tiempo, el lugar y las causas, explicaremos cómo se construían sus embarcaciones. El sistema de construcción del casco, sus herramientas y su manera de utilizar la madera.

Pasaremos entonces a explicar cómo podían navegar en alta mar. Cuáles eran sus rumbos y cómo mantenían el curso a lo largo de sus travesías. Se expone su herramienta de navegación principal, el compás solar. Cómo funciona y porqué funciona. A su vez, hablaremos del espato de Islandia o piedra solar.

Para finalizar, se muestran las pruebas realizadas con un prototipo de compás solar (construido y desarrollado por el autor). Los resultados, manejo del instrumento y procesos seguidos para su construcción.

CONTEXTO HISTÓRICO

Capítulo dedicado a la Época Vikinga y a su sociedad

Capítulo nº 1

1 CONTEXTO HISTÓRICO

1.1 ÉPOCA VIKINGA

1.1.1 ¿QUÉ ES LA ÉPOCA VIKINGA?

Para entender la sociedad y la política de los Vikingos, hemos de empezar por entender que, a diferencia de las naciones y culturas de la Europa occidental, la Edad Media¹ en Escandinavia llegó unos 500 años después. Los años comprendidos entre 750 y 1050 se conocen como la Época Vikinga.

La era Vikinga es la época en que nacieron los estados escandinavos, en la transición entre la prehistoria y la edad media cristiana.



Figura 1.1: Sverd i fjell (en español: Espadas en la montaña) es un monumento conmemorativo ubicado en el fiordo Hafrsfjord, a las afueras de la ciudad noruega de Stavanger. Fuente: Schmitt, 2016.

Desde la perspectiva del continente europeo, Escandinavia no dejaba de ser un paraje indómito de salvajes con los que no interesaba establecer relación política ni comercial. Los estados medievales en desarrollo en el

¹ La Edad Media es un periodo histórico que comienza con la caída del imperio Romano de Occidente en el año 476 D.C. y que termina con el descubrimiento de América en 1492.

siglo VIII tenían esta idea de aquellas bastas tierras de enormes bosques, pantanos y fiordos.

Algunos países, progresivamente más débiles, como el Reino Franco e Inglaterra, se encontraban en un estado de guerra permanente y, por el contrario, la comunidad escandinava era cada vez más fuerte. Esto, junto con la construcción de una estructura social básica de los Vikingos, pueden ser algunas de las causas del cambio en el equilibrio de poder que favoreció a los escandinavos durante la Época Vikinga.

1.1.2 ¿QUIÉNES ERAN LOS VIKINGOS?

La reputación actual de los Vikingos es de saqueadores despiadados que atemorizaron las poblaciones costeras de todo el continente europeo (y más allá) durante tres siglos. Feroces guerreros, invasores del norte que “en sucesivas oleadas dejaban un lastro de incendios, saqueos, muerte y atrocidades” (Pentz, 2016, pág.34). Gracias, en gran medida, a la arqueología, hoy sabemos que la expansión Vikinga fue mucho más que pillaje y horror.

Estas hordas invasoras fueron denominadas de diversas formas dependiendo del lugar. En la España Musulmana se les calificaba como –*Madjús*– que literalmente significa magos, probablemente en su sentido más genérico de “paganos” o “infieles”. En otros lugares se les llamo Normandos –“hombres del norte”–, rus, paganos, daneses y también Vikingos termino este último que procede de los ingleses y que, a su vez, usaban los Vikingos para autodenominarse. Con este nombre se les conoce en la actualidad y, en consecuencia, el periodo comprendido entre los años 750 y 1050 como Época Vikinga.

Pero las expediciones de saqueo de los pueblos escandinavos comenzaron antes de esta época. Ya en 515 se menciona en las crónicas que *Hugleik*, rey de los daneses, murió mientras saqueaba con sus hombres las costas francas. Dichos ataques, fueron *in crescendo* en los siglos posteriores. Y si debemos fijar una fecha como inicio histórico de la época, la mayoría de los expertos (Boyer, 2000, pág.17; Emil Christensen, 2006, pág.1) coinciden en el año 793, con el famoso asalto al monasterio de Lindisfarne, en la costa de Yorkshire.

1.1.3 ¿CÓMO ERA LA ESCANDINAVIA DE LA ÉPOCA?

La primera descripción que se conoce la realizo un clérigo, Adam de Bremen, en el año 1070 (Pentz, 2016, pág.33). La imagen que se refleja es de una tierra árida y sin cultivos con pequeñas masas de población dispersa e inconexa, prácticamente deshabitada.

Pese a que la experiencia de Adam sea fehaciente, los descubrimientos arqueológicos han demostrado que la “civilización” nórdica se desarrolló

a lo largo de la Época Vikinga y fue asentándose. Durante de este periodo, las aldeas crecieron y el sedentarismo ganaba fuerza, haciendo que las villas crecieran y las aldeas se agrupasen.

La base de la economía eran los cultivos, acompañados de la caza y la pesca. La artesanía también gana en importancia. Debido a esto, los asentamientos se orientaban cada vez más hacia las costas escandinavas. Expandiendo los puertos, muelles y las fortificaciones, en previsión de posibles ataques de otras poblaciones vecinas (los saqueos no solo se concentraban en las costas lejanas).

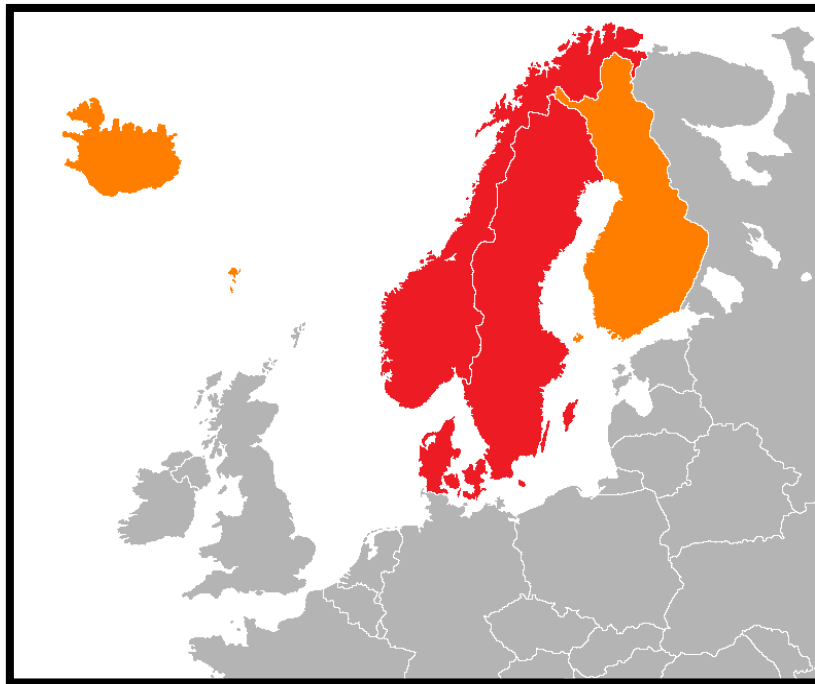


Figura 1.2: ■ Los reinos de Noruega, Suecia y Dinamarca componen Escandinavia en la definición más estricta. ■ Islandia y las islas Feroe, por su población descendente de escandinavos, las islas Aland, por su población étnica sueca, y Finlandia, por su conexión histórica con Suecia y su minoría escandinava, forman parte de Escandinavia en el uso extendido del término. Fuente: Hazhk, 2011.

1.2 LA SOCIEDAD VIKINGA

Se trataba de una sociedad jerárquica, que se parecía mucho a la organización de los primeros estados medievales del continente.

1.2.1 EL REY Y "SUS HOMBRES"

En la cima de esta pirámide social se encontraba el rey (*konungr*) o gobernante de la región, que estaba acompañado por su séquito (*hird*). Es difícil conocer la manera que tenían los Vikingos de elegir gobernante en sus primeros pasos hacia la creación de reinos y feudos, ya que el propio término de rey no siempre es el mismo que en los estados medievales europeos se le daba. Antes de la Época Vikinga y a comienzos de esta, el

poder de los territorios estaba descentralizado y una multitud de jefes locales, caudillos y “pequeños reyes” se repartían el control del terreno y población en pequeñas extensiones, compartiendo el poder en áreas más amplias.

Es posible que, en un principio, se escogiese como líder al guerrero más capaz y, después, al aumentar el poder y la influencia, se comenzase a heredar la corona por orden de sangre. Lo que es indiscutible es que la organización militar era fundamental en la sociedad Vikinga. También es importante remarcar que todos los hombres libres capacitados físicamente estaban obligados a dar servicio militar ante cualquier ofensiva cuando se mandaba una señal, como podía ser encender las almenaras.

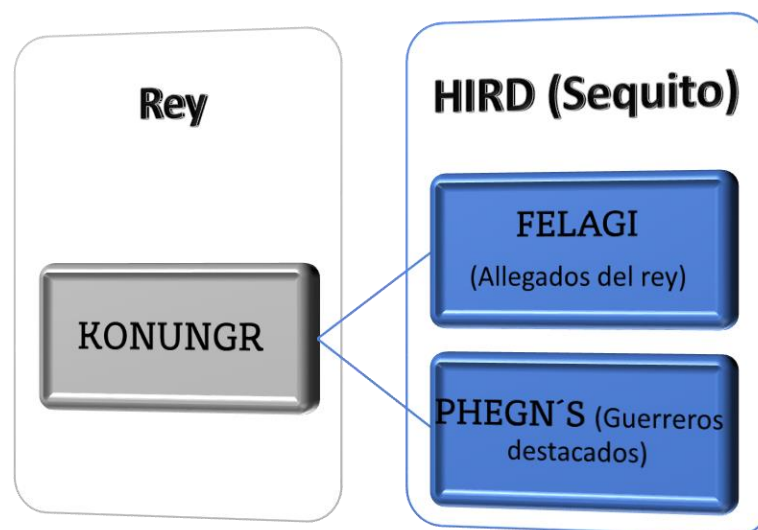


Figura 1.3: Esquema Rey y Sequito. Fuente: Elaboración propia.

Con el tiempo, los asentamientos se hicieron más grandes, y la influencia y el poder militar aumentaron. En consecuencia, el poder militar se centralizó en ejércitos cada vez más grandes y poderosos. Así pues, los ataques Vikingos cambiaron, desde las pequeñas incursiones esporádicas y saqueos en poblaciones de baja densidad demográfica, hasta grandes campañas de conquista con enormes requerimientos organizativos y de flota. Finalmente, llegarían a colonizar territorios fuera de la península escandinava. Esta evolución también afectó al rey como cabeza de la sociedad, reduciendo la importancia del carácter de guerrero, para ser un elemento organizador en campos como el militar, la sociedad y la política.

Las Sagas nórdicas² nos dan mucha información sobre la organización de la nobleza en torno al rey. De ellas y de las piedras rúnicas sabemos que

² En la antigüedad escandinava se llamaba 'saga' a las pequeñas leyendas sobre seres heroicos, mitológicos, etc., como las que de hecho aparecen en las Eddas. Sin embargo, en el siglo XIII apareció en Islandia un género literario al que se aplicó la misma denominación y que no tiene prácticamente relación directa con aquellas antiguas leyendas: la saga propiamente dicha.

los allegados del rey se llamaban *félagi*, y los guerreros más destacados eran llamados *phegn's*. Ambos eran parte del *hird*, y juraban lealtad al rey. Aunque esta lealtad, muchas veces, no solo se debía a la propia palabra, ya que, estos nobles, también apoyaban al rey en sus ofensivas y conquistas. Aportando naves y soldados, además de alimentos labrados en sus propias tierras. Se generaba cierta dependencia entre ellos.

1.2.2 NOBLES, HOMBRES LIBRES Y ESCLAVOS

Las tres clases sociales que forman la sociedad Vikinga son los *Jarl* (nobles), los *Bondi* (hombres libres) y los *Trhaell* (esclavos). Es posible que existiesen comunidades sin rey, pero en ningún caso sin estas tres clases sociales.

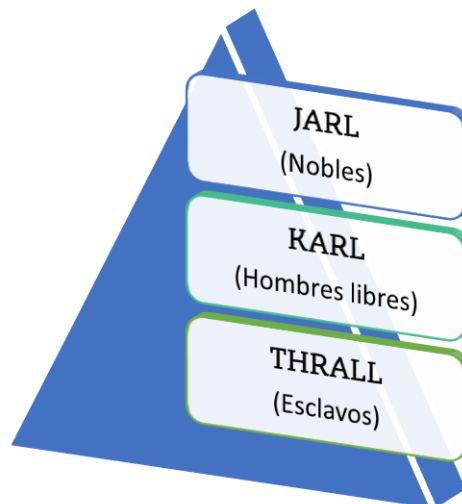


Figura 1.4: Pirámide de poder e influencia. Fuente: Elaboración propia

Entender cómo funcionaba su sociedad, ayuda también a entender el porqué de las incursiones y las exploraciones en busca de tierras con mejores condiciones o lugares que ofrecieran un jugoso botín.

1.2.2.1 JARL

Estos "gobernantes" tenían la obligación de aportar a la comunidad una estabilidad y un futuro próspero. Mediante saqueos, expediciones,

La palabra islandesa 'saga' quiere decir "lo dicho, lo contado". En general, podríamos traducirla por "narración" y así se puede aplicar también a las historias narrativas escritas en Islandia y Noruega sobre los reyes de este último país. Sin embargo, el sentido fundamental del término ha pasado a referirse fundamentalmente a un tipo determinado de obra literaria que se produjo en Islandia entre los siglos XIII y XIV, aunque hay epígonos posteriores.

Las sagas se clasifican en varios tipos; el principal de ellos es el de las Sagas Islandesas. Otras son las sagas históricas, las caballerescas, las de obispos, las de santos... Nos limitaremos a considerar aquí las de islandeses.

Definir lo que son las sagas es a la vez sencillo y extremadamente complejo. Porque existe una considerable diversidad: tenemos dentro del mismo grupo de sagas de islandeses, algunas de carácter fundamentalmente histórico, mientras que otras unen a partes iguales realidad histórica y ficción, las hay también en que predomina lo ficticio e incluso algunas está claro que son simples obras de ficción sin base histórica. Sin embargo, en general, podemos decir que una saga es una narración, cuya acción transcurre en torno a la época de la colonización de Islandia, hasta la conversión del país al cristianismo, en torno al año 1000 y en la que se cuenta la vida de un personaje islandés.

comercio... Si no realizaban esta labor y no daban resultados, podían ser despojados de su posición de poder y se elegía a otro candidato.

Origen

- Están en la cúspide de la pirámide social
- De este grupo se eligen los líderes y gobernantes
- Es un concepto anterior al de rey

Obligaciones

- Están a cargo de la aldea, comunidad o granja
- Su poder se basa en:
 - Bienes, tierras, barcos...
 - Seguidores
 - Apoyo en la asamblea de gobierno

Llegar al poder

- Es un título no hereditario
- Cualquier hombre libre puede ser *Jarl*
- Se escogen en las asambleas de gobierno (*Thing*), en las que pueden tomar parte todos los hombres libres.

1.2.2.2 BONDI

La principal característica es su estado de libertad y el no tener que mostrar pleitesía ante sus gobernantes. Esto los hacía muy diferentes a las clases medias de los estados medievales contemporáneos.

Origen

- Son el grueso de la población
- Vivían en la granja (unidad básica de hábitat)
- Por lo general dueños de sus tierras de cultivo

¿Qué?

- Hombres para todo; granjeros, guerreros, médicos...
- No era una clase social homogénea, ya que existían diferencias dentro de este grupo: riquezas, tierras, procedencia (familia)...
- Podían enriquecerse mediante comercio o participando en las campañas de saqueo, acompañando a un *Jarl* para obtener una parte del botín (esclavos, oro, reliquias...)

Derechos

- Dar su opinión en la asamblea
- Participar y votar en el *Thing*

- **Hablar libremente ante sus lideres**

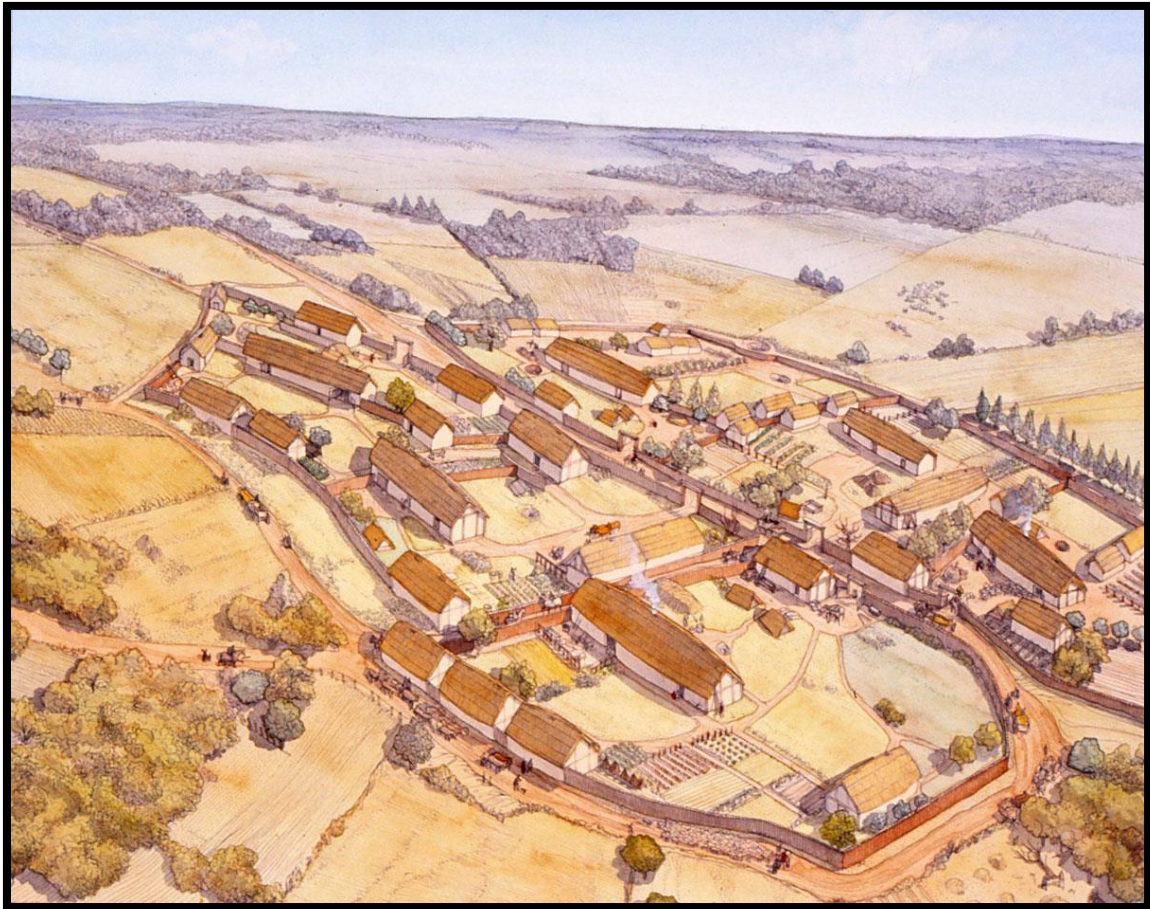


Figura 1.5: Reconstrucción de la aldea de Vorbasse (Jutlandia, Dinamarca) tal y como era hacia el año 900. Pueden verse tres granjas a ambos lados de un camino, cada una de las cuales estaba organizada en torno a un edificio principal. Fuente: Golvin, 2018.

LAS CLAVES DEL ÉXITO

**Capítulo
dedicado a
describir las
causas y las
condiciones
para la
expansión de los
Vikingos**

Capítulo nº2

2 LAS CLAVES DEL ÉXITO

2.1 INTRODUCCIÓN

Las embarcaciones vikingas, los *drakkar* (dragones del mar)¹, fueron la llave que abrió el desarrollo para tener un papel destacado en una gran parte del globo. Gracias a ellos, los nórdicos fueron capaces de llegar a lugares tan remotos como la Península Ibérica, Groenlandia, navegar por el mar Mediterráneo, el mar Negro...

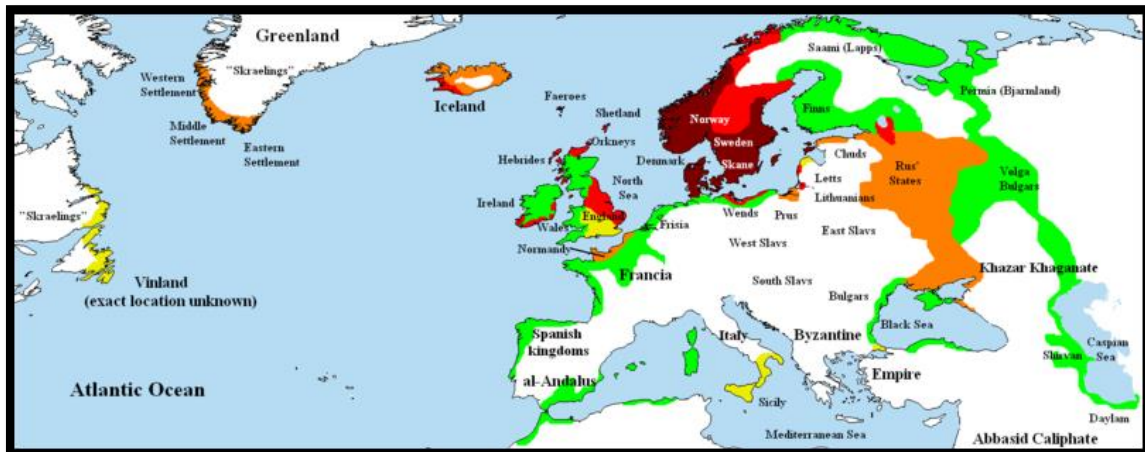


Figura 2.1: Expansión nórdica (escandinava) en la Época Vikinga. ■ Siglo VIII, ■ Siglo IX, ■ Siglo X, ■ Siglo XI, ■ Zonas de incursiones Vikingas con poca o nula colonización.
Fuente: Naylor, 2014.

El desarrollo tecnológico en lo naval, la capacidad de navegar grandes distancias, o la navegación fluvial, fueron indispensables para lograr establecer rutas comerciales, realizar incursiones e invasiones y establecer asentamientos.

“La Época Vikinga fue también (en gran medida) un periodo de migraciones a gran escala durante la cual se exploraron y colonizaron grandes extensiones de la región nórdica, en el atlántico norte.” (Larsen, 2017, pág. 41)

Pero la mayoría de las zonas a las que arribaban los barcos, solían ser costas de difícil acceso; con grandes acantilados, rompientes y muy rocosas. Condiciones que dificultaban mucho la navegación y que rara vez presentaba bahías o puertos naturales, salvo playas o estuarios. Hecho que entorpecía la organización y los desembarcos de bienes y personas. Por eso, la navegación fluvial jugó un papel clave. Sus naves, de poco calado, eran capaces de remontar ríos y navegar por los fiordos.

Así pues, la mayoría de los asentamientos establecidos solían ser en el interior, siempre cerca de ensenadas, ríos o estuarios. De esta forma se

¹ Los aspectos relacionados con la construcción de estas embarcaciones serán atendidos en el capítulo 3.

fundaron ciudades como Riba, Kaupang, Birba, Hebedy, York y Dublin, por mencionar algunas.



Figura 2.2: Rutas Báltico y Mar del Norte. Fuente: MacAmhlaish, 2015.

La **Época Vikinga** abarca casi cuatro siglos, en los cuales aquellos habitantes de las tierras escandinavas, dejaron su marca en gran parte del mundo. Desempeñando un papel clave en los acontecimientos políticos de la Europa medieval. Escandinavia nunca volvería a conseguir esta influencia, colocándose en una posición de poder, que marcó una parte de la historia en el globo. Y todo esto solo pudo ser posible gracias a sus barcos y a sus técnicas de navegación, muy superiores a las de sus contemporáneos.

2.2 EL COMERCIO EN EL MAR BÁLTICO

El mar Báltico, a diferencia de otros mares, no separó países y gentes, sino que los unió. Con el primer periodo de migración (400-600) los contactos entre la costa oriental de Suecia y las islas bálticas y poblaciones del este parecían haberse convertido en más y más regulares, en el último periodo de migración (600-800) los escandinavos se habían asentado, probablemente en forma de colonias comerciales, en ciertas plazas convenientemente situadas en la costa del Báltico.

La mayor parte de las costas meridionales del Báltico habían estado en posesión de tribus eslavas desde el siglo VI. Jugaron un papel más importante las entonces regiones alemanas orientales. Bajo la protección

de centros tribales fortificados se desarrollaron mercados locales, atrayendo el comercio internacional si la posición era favorable. Cuando algunas de estas plazas se fortificaron en el siglo X, se convirtieron en pueblos comerciales donde se mezclaron intereses políticos, comerciales y artesanos, siendo este un rasgo típico de estas nuevas comunidades no agrícolas. El desarrollo de tales pueblos tempranos siguió casi al mismo ritmo en Escandinavia. Favoreciendo así, un comercio fluido entre pueblos.



Figura 2.3: Rutas migratorias, comerciales y expedicionarias. Fuente: History & Maps. 2015.

En el periodo vikingo tribus finesas habitaron grandes partes de la presente Rusia. Sus asentamientos se extendieron desde cerca del lago Ladoga hasta Siberia. Hay muestras de que los contactos fino-escandinavos se acrecentaron desde el siglo IX en adelante.

Ha sido descubierto cierto asentamiento escandinavo del siglo X en torno al lago Ladoga y el curso superior del Volga (Thálin-Bergman, 1981, pág.16). Es cierto que aquí hubo agricultura, pero al principio el comercio debió de haber jugado un importante papel, bien que los mismos escandinavos hubieran sido mercaderes o que ellos suplieran a los comerciantes con mercancías, por ejemplo, con prisioneros de guerra y

pieles. La fuente comercial más importante en la Laponia escandinava y en la región de la Siberia finesa era la caza de animales por sus pieles. Ambas zonas tuvieron una cultura nómada similar y en el norte de Suecia se pueden encontrar los mismos tipos de objetos que allende los Urales.

En su viaje hacia el Este, los vikingos probablemente viajaron a lo largo del Dnieper (via Ladoga, Novgorod y Kiev), a través de los rápidos del río y los dominios de los pechenegos hacia el mar Negro y el Imperio Bizantino. En la isla de Berezina, en las bocas del Dnieper, el sueco Grane construyó un monumento del siglo XI en honor a su compañero Karl. Quizá murió bajo las flechas de los pechenegos en una expedición similar a las descritas en el libro "De Administrando Imperio" (Constantino Porfirogénito, mediados del siglo X). Aquí él relata vivamente como los barcos eran equipados en Novgorod en primavera y se llevaban Dnieper abajo, pasando muchos rápidos difíciles. Los barcos habían de ser descargados en muchos lugares y llevados a tierra los prisioneros y las mercancías. En otros rápidos, un barco tenía que ser sacado a tierra. En tales situaciones críticas, el transporte era entonces particularmente susceptible de ataques por tribus enemigas. Desde que Constantino había dado un nombre nórdico-ruso al rápido, puede darse por sentado que los escandinavos también usaban esta ruta frecuentemente. De hecho, el nombre de uno de esos rápidos, Aefor (el siempre burbujeante), también existe en una inscripción rúnica sueca.

Puede verse claramente, en particular por las estelas rúnicas suecas, que Escandinavia tuvo muchas conexiones en el siglo IX con Kiev y el Imperio Bizantino. Muchas estelas conmemorativas fueron erigidas por mercaderes y aventureros, por hombres que habían viajado a Gardariki (Rusia) y a Grecia.

El gobernador bizantino tenía una guardia especial de varegos², de "juramentados" que habían sido principalmente reclutados en un principio entre escandinavos. Hacia el fin del siglo XI la guardia se constituyó principalmente por ingleses que habían huido de su tierra después de la invasión de Guillermo el conquistador en 1066. Esta fecha indica en más de un aspecto el fin de la era vikinga.

Sin embargo, las conexiones escandinavas con Oriente no acabaron con la era vikinga, sino que se hicieron más intensas en lo que respecta al Báltico y regiones finesas. Los contactos con el Imperio Ruso también se mantuvieron.

² Los varangios, varegos, varengos o varyágs eran vikingos suecos que fueron hacia el este y el sur a través de lo que hoy es Rusia, Bielorrusia y Ucrania, principalmente en los siglos IX y X. Sin embargo, según algunos estudiosos (M. V. Lomonósov) el término «varegos» se utilizaba para referirse a todos los viajeros del mar, los comerciantes y piratas, independientemente de su origen. El término fue empleado en relación a los vikingos y las tropas eslavas que viajaban entre los centros comerciales importantes de la época y en ocasiones participaban en la guerra. Se dedicaban al comercio, a la piratería y a actividades mercenarias y solían actuar en los sistemas y puertos fluviales de Gardariki (lo que más tarde sería Rusia), llegando a alcanzar el mar Caspio y Constantinopla.

2.3 COLONIZACIÓN ESCANDINAVA EN LAS ISLAS FEROE, ISLANDIA Y GROENLANDIA

El mar del norte fue durante muchos años, un mar interior noruego. Era más fácil viajar a las islas Shetland desde el oeste de Noruega que llegar a su extremo norte. Mucho antes del 793, cuando los vikingos noruegos saquearon el monasterio de Lindisfarne, en la costa oriental de Inglaterra, los barcos noruegos navegaban por el mar del Norte. Comercian con la gente que poblaban las islas Shetland y Orcadas, Escocia e Irlanda. Con el paso del tiempo, muchos de ellos abandonaron su casa en tierra y se asentaron permanentemente al otro lado del mar. A veces, se ha afirmado, que el superpoblamiento de Noruega fue la causa que, junto con ciertos cambios desventajosos del clima, dificultó la supervivencia en los áridos asentamientos noruegos.

Se hizo necesario ocupar áreas despobladas para tener acceso a suficiente tierra para nuevos habitantes. Las primeras en la línea de ocupación fueron las islas Feroe.

A pesar de la situación aislada de las islas y de las condiciones físicas desfavorables, pudo desarrollarse una comunidad autosuficiente por la agricultura pastoril. Los escandinavos se asentaron junto a bahías. Allí podían subir sus botes y construir sus casas sobre alguna base llana. Condiciones previas eran el acceso al agua potable y extensos pastos para los rebaños.

Los escandinavos que inmigraron a Islandia tenían distintos antecedentes sociales que la gente que se asentó en las Feroe. Muchos eran jefes poderosos y grandes terratenientes de Noruega o de los asentamientos noruegos en las islas Shetland y Orcadas, Escocia e Irlanda. Muchos parece que se fueron a las distintas islas por motivos políticos. Consideraban la expansión de la monarquía noruega como una amenaza a su propia independencia y bienestar.

La literatura islandesa, la poesía, las sagas y las narraciones históricas describen la colonización de Islandia, relatando los sucesos del periodo (hasta 1280) de la independencia de Islandia. En fecha tan temprana como el 930, los islandeses se congregaron en Thingvellir, a pocas millas de la actual Reykjavik, para participar en el "thing" o parlamento y tomar decisiones relativas a temas comunes.

Un siglo después comenzó una nueva fase de colonización escandinava hacia Occidente. Ahora fue Groenlandia la que estuvo en el camino para ser poblada. La razón de la colonización puede haber sido la misma que dirigió a los nortehños a las Islas Feroe; el deseo de tierra cultivable y la voluntad de un pueblo independiente de formar su propio destino.

Los vikingos también llegaron a América desde Groenlandia. De acuerdo con fuentes islandesas (*Las sagas de Vinlandía*, dos textos medievales del siglo XIII, son la primera fuente escrita europea en la que se podría hacer referencia a América del Norte.) esto ocurrió en el año 1000, cuando Leif Ericsson se asentó en el lugar al que llamaron Vinland. Las investigaciones arqueológicas (Entre 1961 y 1968, Anne Stine Ingstad condujo una excavación con un grupo internacional de arqueólogos de Suecia, Islandia, Canadá, Estados Unidos y Noruega. La excavación reveló los restos de un asentamiento nórdico. Estos restos incluían casas de adobe, una fragua, horno y un cobertizo. El asentamiento es ahora patrimonio de la Humanidad de UNESCO y uno de los Sitios Históricos Nacionales de Canadá) que se han llevado a cabo en L'Anse-aux-Meadows, en la costa oriental de terranova, han probado claramente que existió realmente un asentamiento nórdico en América casi 500 años antes del descubrimiento de Colon.

2.4 LOS VIKINGOS EN GRAN BRETAÑA E IRLANDA

Cuando los vikingos llegaron por primera vez a Gran Bretaña e Irlanda, dichos países estaban habitados por dos grupos diferentes de gente: los anglosajones, en la parte oriental de Inglaterra, y los celtas, en Cornualles, Gales, noroeste de Inglaterra, Escocia e Irlanda. En cierto modo, anglosajones y celtas eran similares: sus países estaban repartidos en pequeños y numerosos reinos que estaban casi siempre en guerra entre sí mismos. Por consiguiente, eran un blanco que valía la pena y un fácil botín para los vikingos.

Los normandos que fueron a las islas británicas eran principalmente noruegos y daneses.

La primera expedición vikinga tuvo lugar en el año 795, cuando fue saqueado el famoso monasterio de Lona, en las Hébridas. Después de otros dos saqueos, los monjes fueron forzados a huir a Irlanda. Probablemente la primera colonización de los vikingos comenzó en esta época.

Las correrías aumentaron con el tiempo y, desde mediados del siglo IX, los ejércitos vikingos invernaron en las islas a lo largo de la costa. Las correrías pronto tomaron el carácter de una invasión. En el año 866 arribó un gran ejército, conquistó la parte oriental del país en los años siguientes y marchó a través de Inglaterra, saqueando y expoliando, tomando también grandes ciudades como York y Londres. En el 874 el ejército se dividió. *Halvdan*, el líder de una parte, distribuyó al año siguiente Northumbria entre sus hombres. Otra parte del ejército se repartió Mercia. El resto del ejército, bajo el liderazgo de *Guthrum*, se volvió contra Wessex, el único reino anglosajón que aún quedaba. El rey Alfredo el Grande, sufrió muchas pérdidas, pero al fin logró vencer decisivamente a los vikingos, en el año 878.

En 954 el último rey vikingo fue expulsado de York.

En el 980 comenzaron otra vez las correrías vikingas contra Inglaterra y presentaron un peligro real.

En 1016, Canuto el Grande, se presentó en el país con un nuevo ejército y pronto se convirtió en rey de toda Inglaterra.

Canuto el grande fue uno de los reyes más potentes de su época. Su imperio abarcó no solo Dinamarca e Inglaterra, sino también Noruega y parte de Suecia. Después de su muerte en 1035, su imperio del mar del norte se desintegró.

2.5 LOS VIKINGOS EN EL REINO DE LOS FRANCOS Y EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

El primer ataque ocurrió en fecha tan temprana como el 799 y fue dirigido contra Aquitania. Tras la muerte de Luis el Pio en el 840, las correrías vikingas se hicieron más extensas y mejor organizadas. La situación interna del Reino Franco era inestable, la defensa obviamente no funcionaba y las iglesias y monasterios con sus ricos tesoros eran fácilmente accesibles.

Los vikingos forzaron su camino a través del valle del Sena y quemaron Rouen. En el 845 Paris fue saqueado por primera vez y hubo de pagarse un rescate de 7000 libras de plata. Los ríos Sena, Loira y Garona se convirtieron en puertos de entrada para una oleada de flotas vikingas.

Los normandos tendían a prolongar su estancia en el Reino Franco durante el invierno o aun periodos más largos. Correrías de saqueo largas o cortas salían de los campamentos, que ellos preferían fijar en las islas fluviales o en las bocas de los ríos. El comercio frecuentemente tenía lugar en el sitio del campamento entre vikingos y la población nativa. Sin embargo, se restringía a provisiones, armas y caballos. No tenía lugar el comercio que implicaba el transporte de mercancías.

El siglo X trajo consigo condiciones más tranquilas. Acaeció también en ese tiempo el establecimiento del único asentamiento existente en esta parte del occidente europeo. Normandía fue cedida a Rollo, un vikingo noruego, a cambio de la defensa de las costas. Se dio tierra a los nuevos habitantes, principalmente daneses, y aún es posible distinguir estos asentamientos nórdicos por los topónimos.

Al comienzo del siglo IX se fundaron en Escandinavia los primeros pueblos comerciales, Haithabu (Hebedy) en Dinamarca, Kaupang en Noruega y Birka en Suecia. En el Reino Franco, el intercambio de mercancías tuvo lugar por primera vez con la Renania.

Los viajes de los vikingos no se limitaron al Reino Franco. La España islámica debió de ser atractiva para los normandos. Las crónicas de la España cristiana

y las narraciones de las fuentes árabes³, que datan después de los acontecimientos, y se refieren a fuentes más antiguas perdidas, solo citan un periodo pequeño de visitas por las tropas vikingas. La más temprana confirmada ocurrió en el 844. Después de saquear el sur de Francia, los vikingos viajaron hasta Galicia y atacaron La Coruña, donde encontraron gran resistencia. Continuaron hacia el sur a lo largo de la costa, atacando Lisboa y Cádiz, y remontando el Guadalquivir hasta Sevilla, que fue sitiada. Aun aquí fueron rechazados por los árabes.

La siguiente gran flota vikinga llegó en el 859. Las costas en este tiempo estaban bien guardadas y en España solo fue atacada Algeciras. Después de despojar y quemar el norte de África, la flota continuó hacia el norte e invernaó en Camarga en la desembocadura del Ródano. Los barcos volvieron al estrecho de Gibraltar en el 861. Estaban ricamente cargados, pero las tormentas y las refriegas con los árabes diezmaron la flota considerablemente. Cierta remuneración por la carga perdida se obtuvo en Pamplona, donde el capturado príncipe de Navarra tuvo que rescatarse a sí mismo por 90000 dinares, la moneda de oro en curso.

El reino de Asturias estuvo sujeto a repetidos ataques durante los años 968-971. Varias ciudades fueron devastadas, entre ellas Santiago de Compostela.

2.6 ¿POR QUÉ NAVEGABAN MÁS ALLÁ DE SUS COSTAS?

Tal y como anteriormente hemos mencionado, estables unidades políticas y administrativas, como el reino franco y las monarquías anglosajonas de Inglaterra, tenían poca resistencia que oponer a los asaltantes del norte.

Una eficaz táctica militar podía asegurar la victoria en el campo de batalla, pero, además, los normandos establecieron regímenes políticos y administrativos en los territorios conquistados. Algunos de ellos no sobrevivieron la era vikinga, como los reinos de Dublín y York; pero, Islandia sigue viviendo como Estado, la monarquía de Kiev sería la base del imperio ruso, y huellas del talento organizador de los jefes vikingos son claramente visibles hoy día en la Isla de Man y en Normandía. En Dinamarca se han hallado restos de fortificaciones, de fines del período de apogeo normando, donde podía concentrarse gran número de tropas.

³ Fuentes cristianas: Crónica albeldense, 881; Crónica Profética, 844; Crónica Rotense, 852-910. Fuentes hispano-musulmanas: Al-Idrisi. El libro de Roger, 1154.



Figura 2.4: Representación de la fortaleza de Trelleborg. Fuente: Goldin, 2018.

Las fortificaciones tienen forma circular y están divididas en cuatro cuadrantes, con edificios en cuadro en cada uno de ellos. Los recintos fortificados están concebidos con una precisión que atestigua gran sentido del sistema y del orden por parte de los jefes vikingos.

Además de los relatos de Europa occidental, contamos con testimonios escritos, contemporáneos de los vikingos, de viajeros árabes y de Bizancio. En la patria de los antiguos escandinavos se encuentran breves inscripciones rúnicas grabadas en piedra o madera. Asimismo, el abundante material literario de las sagas nos habla de aquella época, aunque estas obras se escribieran varias generaciones posteriores (siglos XII y XIII) a los acontecimientos que pretenden explicar.

El hierro, las piedras de afilar y los calderos de esteatita eran artículos de exportación que contribuyeron notablemente al florecimiento mercantil de la época de los vikingos. Incluso en períodos de frecuentes correrías e incursiones de los normandos, existió actividad comercial entre Escandinavia y Europa occidental.

Uno de los escasos relatos sobre la situación de Noruega en la era vikinga fue escrito por *Ottar*⁴, caudillo del norte del país, que visitó al rey Alfredo de Wessex como pacífico mercader, mientras el monarca inglés se hallaba en plena guerra con otros adalides normandos.

Se ha dicho que la expansión de la era vikinga fue provocada por una presión demográfica que los recursos del país no podían sostener. Los hallazgos arqueológicos muestran que se roturaron nuevas fincas en

⁴ Ohthere de Hålogaland (en noruego, Ottar fra Hålogaland) fue un aventurero vikingo de Hålogaland, Noruega. Alrededor del año 890 habría viajado a Inglaterra en donde el rey Alfredo el Grande, monarca del reino de Wessex, escribió su relato.

zonas boscosas escasamente pobladas a la vez que tenía lugar la expansión por tierras foráneas. La presión demográfica, pues, constituye seguramente solo parte de la explicación. Otra causa pudo ser la extracción del hierro; el que hubiera suficiente hierro para forjar armas para todos los guerreros que partían en las expediciones, debió proporcionar superioridad táctica.

CONSTRUCCIÓN DE UN BARCO VIKINGO

Capítulo dedicado a los métodos y pasos a seguir para la construcción de los barcos en la Época Vikinga

Capítulo nº3

3 CONSTRUCCIÓN DE UN BARCO VIKINGO¹

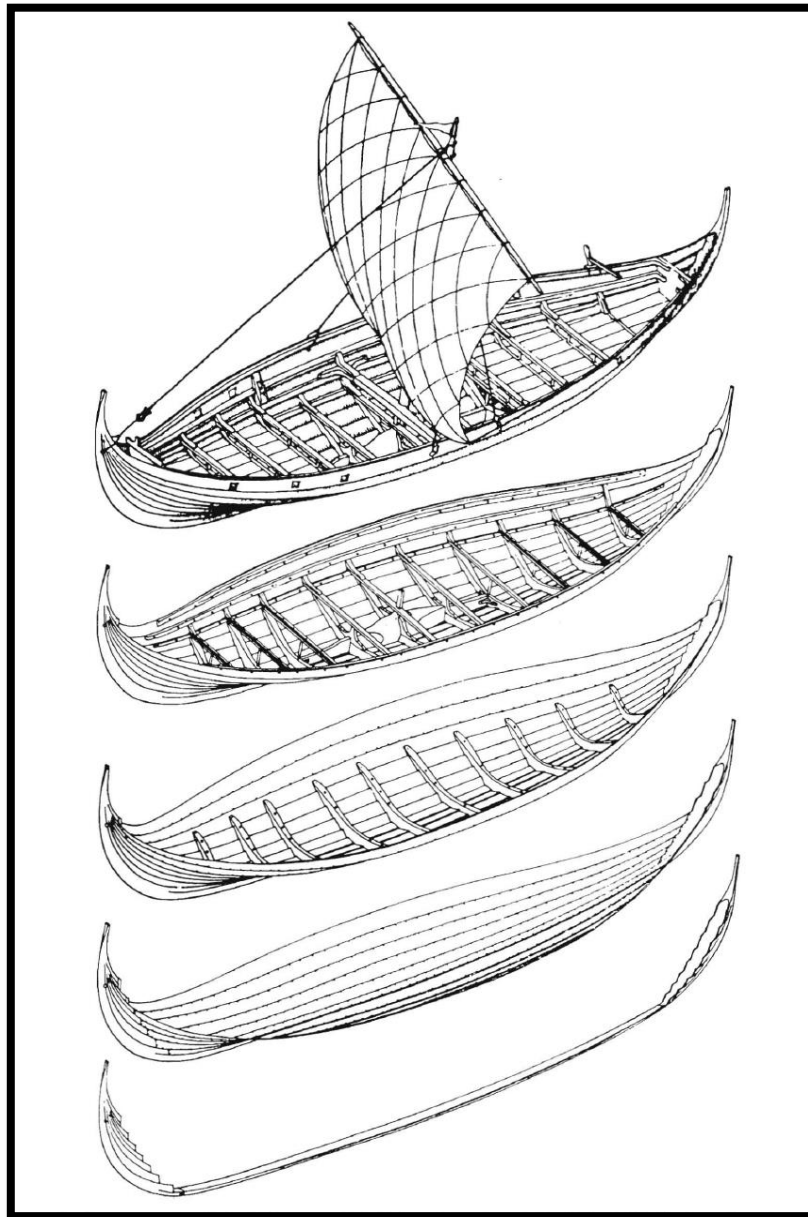


Figura 3.1: Pasos para la construcción de un barco Vikingo. Fuente: Bruun, 1997, pág. 4.

Todos los barcos vikingos usaban la misma técnica de tingladillo o casco trincado, que consiste en sobreponer tablones en hiladas consecutivas. En este método, el casco se construye en primer lugar y después el "esqueleto" o estructura interna.

Para poder construir un barco con el método de tingladillo es necesaria madera de alta calidad. Debido a que los tablones están superpuestos, su función es doble: son un elemento estructural y hacen al barco estanco

¹ Para elaborar este capítulo se han utilizado las siguientes obras: Larsen, 2016. Ellmers, 1980. Shaw, 2016. Albaola. Museo del barco Vikingo de Roskilde. Atkinson, 1990.

(con el calafateo de las uniones). Además, hace posible que la estructura sea más ligera. No tiene que mantener el barco unido, solo transmitir los esfuerzos entre el casco y la propulsión (los remos y la vela).

3.1 LOS BARCOS VIKINGOS

Sin duda, el tipo de barco más famoso de la era vikinga es el *Drakkar*. Embarcaciones a remo y vela muy eficientes. Estos barcos, eran mayormente dedicados a la guerra. Pero existen más tipos de embarcaciones, como los conocidos *Knorr*. Estos últimos, usados para el mercadeo y transporte de colonos, que tenían como fin colonizar y establecer asentamientos. Y como es natural, los pequeños pesqueros y demás embarcaciones. Pero todos estos barcos tienen en común una cosa: el método de construcción.

Gracias a los hallazgos arqueológicos, mencionados en los puntos 3.2 y 3.4, los investigadores han conseguido reconstruir algunos de los más emblemáticos navíos de la época. Gracias a ellos, se han descubierto los métodos de construcción y navegación que emplearon los vikingos.

En el siglo VII aparecen por primera vez este tipo de barcos (*Drakkar* y *Knorr*), que permitirían hacer navegar a los vikingos más allá del mar del norte y el báltico, llegando al Mediterráneo y dejando un legado que perdura hasta hoy en día. Estos primeros barcos estaban desprovistos de mástil e impulsados únicamente por los brazos de nórdicos que movían los remos una y otra vez hasta llegar a su destino. El tipo de construcción de los cascos es el denominado tingladillo.

3.2 TINGLADILLO

El sistema de tingladillo (v. Figura 3.3), consiste en construir el casco del barco en hiladas (filas de tablas) de tablas superpuestas unas a otras. Esta técnica de construcción fue llevada a la perfección por los vikingos. La estructura interna de la nave (esqueleto) se construye una vez que el casco va tomando forma, al contrario de otros métodos donde el esqueleto define la forma del casco. Las juntas de los tablones eran calafateadas con pelo animal, lo que hacía las uniones impermeables.

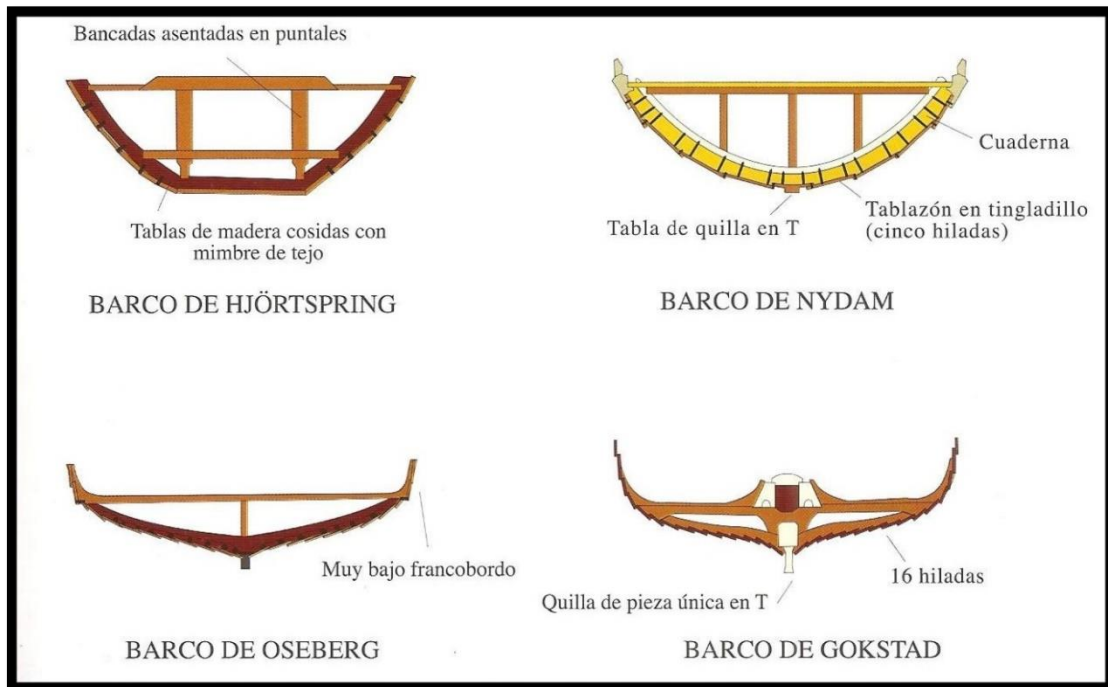


Figura 3.2: Ejemplos técnica tingladillo. Fuente: Jaramillo, 2012

En el barco hallado en *Hjörtspring*, del siglo III A.C., se puede observar una estructura previa al tingladillo. Esta estructura estaba construida con tablas de madera de tilo cosidas con mimbre de tejo y atadas a unas incipientes y ligeras cuadernas. Disponía de una rudimentaria quilla, especialmente concebida para poder ser arrastrada por la arena, y la estructura se completaba con 10 bancadas asentadas sobre puntales. Se trataba de una embarcación ligera diseñada para el asalto costero. En el barco de *Nydám* (300 D.C.) la tablazón se componía de cinco hiladas por banda, y la quilla estaba constituida por una sola tabla de sección transversal en forma de T; este tipo de construcción se puede considerar como la base sobre la que se desarrolló la técnica nórdica del tingladillo; proporcionaba estructuras muy sólidas, con una alta resistencia al quebranto, lo que permitió a estas embarcaciones afrontar retos marinos en la navegación de altura.



Figura 3.3: Ejemplo de casco trincado o tingladillo. Fuente: López, 2009.

El periodo culminante de su desarrollo llegó en los siglos IX y X, tal como demuestran los hallazgos arqueológicos de *Oseberg* y *Gokstad*, en los que aparecieron dos barcos atribuidos a los años 800 y 900 respectivamente. Son dos barcos muy diferentes, que confirman la existencia de la gran cantidad de modelos distintos que se fabricaban en Escandinavia, no sólo en cuanto a tamaño, sino también en estructura y diseño. Los expertos han llegado a la conclusión de que el barco de *Oseberg* es un *karfi* o *karv*, un tipo de nave que se puede considerar la primera embarcación de recreo de la historia, idónea para navegar en las abrigadas aguas de los fiordos, pero no para aventurarse en alta mar. La arboladura mostró que el problema de la vela no estaba aún solucionado: el palo estaba situado en un pequeño tintero a modo de carlinga², asentado sobre las dos cuadernas centrales y sujeto por otro palo más delgado; este palo se había roto y había sido reparado con grapas de hierro. Un análisis detenido del aparejo deja muy clara la imposibilidad de que una estructura como la de la arboladura del barco de *Oseberg* fuera capaz de sostener las fuertes tensiones provocadas por el velamen. El desarrollo de la vela tuvo lugar en la época del barco de *Oseberg* o, como mucho, de 50 a 100 años más tarde; esto se puede apreciar claramente en el barco hallado en *Gokstad*, que muestra una solución fiable al problema de la arboladura. En pocos años, la producción de veleros oceánicos. El barco de *Gokstad* estaba construido totalmente en madera de roble y, con 23 m de eslora, era mayor que el barco de *Oseberg*. El casco presentaba 16 hiladas fijadas con remaches y calafateadas con cabo y pelo de animal embreados. El francobordo, de 1,8 m, también era más alto que el de *Oseberg*. La quilla era una pieza única, de 17 m de longitud, y estaba ligeramente curvada hacia abajo, de forma que la zona de mayor calado correspondía a la parte central del barco. Ello obedecía a la necesidad de reducir el quebranto, de aumentar la capacidad de flotación del casco y de facilitar la virada y la sensibilidad del timón. De los extremos de la quilla salían piezas de madera que ensamblaban la roda y el codaste. El palo, de 12,2 m de altura, soportaba una vela cuadrada y descansaba en una carlinga de una sola pieza de roble, amarrada a las cuatro cuadernas centrales. La sujeción de la arboladura tenía en cuenta la compresión y los esfuerzos laterales.

Los vikingos construían sus barcos con herramientas simples, pero las usaban de maneras muy sofisticadas. Seguían la veta de la madera, para conseguir mayor fuerza y flexibilidad con menor peso. En general, los vikingos se enorgullecían de sus barcos por su ligereza y flexibilidad. Los llamaban *Drakkar* o serpientes de mar porque no cortaban las olas, sino que las surfeaban.

²La carlinga es un asiento o una caja ubicada sobre la quilla de una embarcación en el que descansa la parte inferior o base del palo.

3.3 EL MAESTRO ARMADOR

El maestro armador realizaba un diseño específico para cada barco y comenzaba con la quilla. De todas formas, son las rodas de proa y popa las que determinan la eslora final del barco.

Las rodas son, posiblemente, lo que hacía que la forma del casco fuese la correcta. El realizar esta pieza implicaba cortar la madera de una forma poco instintiva, teniendo que imaginar cómo todos los tablones convergían antes de construirlos.

Los barcos vikingos no tenían quilla profunda, debido a que no se encontraban puertos naturales o ensenadas profundas en su geografía. Esto significa, que cuando navegaban con cualquier viento que no fuese de popa, los barcos abatían mucho. Al cambiar una sección del casco, se puede formar lo que se ha denominado una "quilla negativa": el uso efectivo del agua para aumentar el efecto de la quilla.

3.4 LA MADERA PARA LA CONSTRUCCIÓN

La madera se usaba poco después de cortar el árbol. A diferencia de prácticas más modernas, donde la madera se deja secar por unos años antes de usarla.

La madera recién cortada es más fácil de manipular y más flexible, lo que pudo ayudar en algunas piezas de formas complejas halladas en barcos de la época. La madera se puede conservar húmeda por varios años si se mantiene sumergida en agua. En la isla de *Eigg*, por ejemplo, se encontró una roda o codaste en lo que antiguamente había sido un lago³. Lo más probable, es que el maestro armador la dejase en el lago con intención de usarla al encontrar otro árbol con forma de roda o codaste y la tuviese de respeto.

La técnica que probablemente usaban los escandinavos para doblar y dar forma a la madera era poniéndola al fuego; de esta manera, la humedad del interior del tablón se calienta y esto hace que las fibras se suelten. Esto significa que por pocos minutos se puede girar o flexar la madera con menos riesgo de romper el tablón o astillarlo.

Los árboles que usaban para la construcción eran el roble y el pino. Incluso en las regiones en las que crecían los pinos (mayormente en el

³ En 1878, mientras se drenaba una turba en la isla de *Eigg*, se descubrió un hallazgo inusual de dos postes con forma de roda que datan de la Época Vikinga. Cada uno fue hecho de una sola pieza de roble, con el borde interior cortado en pasos para asentar los tablones del casco. Este hallazgo se ha convertido en crucial para la interpretación de los barcos vikingos y la forma en que fueron contruidos.

Aunque las piezas se cortaron a su forma final, no se usaron, ya que no tenían agujeros para clavos. Presumiblemente, se colocaron en el pantano para mantenerlos húmedos hasta que fueran utilizados. Este hallazgo demuestra que el maestro armador tenía una idea preconcebida de la forma del casco y sabía el número de tablones antes de que se construyera el barco.

norte de Noruega) el roble se usaba para fabricar la quilla, necesariamente importada desde el sur. Y para el mástil y la verga era más habitual el pino, luego es posible que hubiese un comercio de intercambio. La gran diferencia entre el roble y el pino es la manera de hacer tablones a partir del tronco. Con el roble, se talan árboles grandes de varios siglos de edad, después, usando cuñas, se va dividiendo el tronco varias veces, como rebanadas de una tarta, de esta forma se pueden conseguir hasta 60 tablones o tablas de un solo árbol. Mientras que de un pino se consiguen dos tablas solamente.



Figura 3.4: Ejemplo de madera cultivada. Fuente: Albaola.

Una de las ventajas del pino respecto al roble es que, a medida que envejecen, los tablones de pino se doblan dependiendo de si el lado de la corteza de la tabla mira hacia el interior del barco o hacia el agua. Por lo que puede usarse para mejorar la curva de la embarcación con el tiempo.

El único barco construido fuera de Escandinavia, un *Drakkar* (big longship) de Dinamarca, el *Skuldelev II*, está fabricado con roble irlandés. La mayoría de las islas británicas serían, probablemente, áreas de construcción con roble, aunque, seguramente los maestros armadores usaban la madera que tuviesen a mano para la construcción. De hecho, algunos barcos parecen haber sido reparados con cualquier "cosa", incluyendo restos de otros barcos.

La inmensa mayoría de los tablones encontrados en barcos vikingos están hechos de lo que se conoce como madera "dividida radialmente"

(corte radial, v. Figura 3.5). Este tipo de madera es prácticamente desconocido hoy en día. Sin embargo, es la forma más fuerte de procesar la madera, ya que funciona con el grano de la madera: se fortalece al seguir la forma en que crece el árbol. El tronco se divide utilizando un hacha para hacer un corte longitudinal. La división se ensancha y se extiende introduciendo cuñas en ella, hasta que finalmente el tronco se divide por la mitad.



Figura 3.5: Ejemplo de corte radial. Fuente: Wood, 2011

En este punto, para un pino, la división se detiene. Se utilizan pinos más jóvenes que tienen aproximadamente la mitad del diámetro de un roble. Solo se pueden sacar dos tablones de un pino con éxito, y las dos mitades del tronco ahora se "rebajan" a lo largo de la longitud para eliminar las secciones curvas, de modo que se parezcan menos a dos "D" enfrentadas y más como dos tablones. Los robles se pueden dividir aún más; cada mitad se divide en cuartos, cada cuarto en octavos, y así sucesivamente. De hecho, de un árbol de 200 años de edad, con habilidad, se pueden obtener cerca de 64 tablas. Todas ellas son ligeramente triangulares y bastante ásperas, por lo que se suavizan un poco, como las tablas de pino. Para la estructura interior del barco, los astilleros vikingos utilizaban otro tipo de madera que, nuevamente, rara vez se ve hoy en día: la "madera cultivada". Una "madera cultivada" es simplemente una que ha crecido en la forma correcta (v. Figura 3.4). El grano corre en la dirección que se necesita, lo que hace que la pieza sea increíblemente fuerte.

Las estructuras internas y refuerzos de los barcos vikingos son como vitrinas de maderas cultivadas. Por ejemplo, la roda y codaste se hacían de ramas grandes y curvas. Donde se juntaban dos partes de la estructura (generalmente, un punto débil que necesitaba refuerzo) los vikingos usaron una sola madera, cortada de un elemento de ramificación de un árbol. En embarcaciones más pequeñas, donde los remos no pasaban a

través de los agujeros para los remos, las hileras se hacían desde la unión de una rama con el tronco, colocando la parte más fuerte de la madera en el punto de mayor tensión.

3.5 HERRAMIENTAS DE CONSTRUCCIÓN

Las herramientas utilizadas para el "suavizado" nos parecerían (a primera vista) bastante simples. Se podría usar un hacha con una hoja larga para alisar, al igual que una azuela y un cuchillo de extracción. Las garlopas (cepillo de carpintero) eran conocidas, y se muestra que se utilizaban para la construcción de barcos en el tapiz de Bayeux (v. Figura 3.9). Más adelante en el proceso, los taladros crearían agujeros para los remaches y las piezas de madera grandes asegurarían con clavijas de madera. Con la ayuda de hierros perfilados se tallarían canales para calafatear⁴ y se harían marcas decorativas en los tablones.



Figura 3.6: Fabricación de clavos para la nao *San Juan*. Fuente: Albaola.

Estas herramientas aparentemente tan simples eran tan buenas que se mantuvieron sin cambios durante siglos, de hecho, hasta la introducción de las modernas herramientas eléctricas.

3.6 PUESTA EN QUILLA

Para construir un barco vikingo, primero se debe tender la quilla. Está construida con roble, lo más recta y larga posible. No es una pieza de madera plana, sino que tiene una forma de T o de V, de modo que los primeros tablones del casco se puedan unir a ella. A menudo, esta forma cambiará a lo largo de la quilla, cambiando de una sección en V en la roda y codaste a una sección en T en el centro. Esto es para ayudar a dar forma a las líneas finales del casco.

Dos piezas de madera curvada están unidas en la proa y popa de la quilla: la roda y el codaste. Están hechas de lo que se llama "maderas maduras":

⁴ Calafatear: Cerrar las juntas de las maderas de las naves con estopa y brea para que no entre el agua. Fuente: RAE.

madera que ha sido especialmente seleccionada porque se aproxima a la forma que se necesita. Es posible, aunque no está demostrado, que hubiese una relación entre la longitud de la quilla y el diámetro de la curva en el codaste y la roda. Las naves vikingas son bastante simétricas tanto hacia popa como hacia proa y hacia babor y estribor, por lo que la curva de estas piezas será la misma.

Se han encontrado dos tipos de construcción para la roda y el codaste. En uno, las rodas son curvas simples. En el otro, están talladas y escalonadas con pasos, formando los inicios de los tablones que eventualmente sostendrán. Aunque esto requiere mucho trabajo, puede ahorrar tiempo a largo plazo. Era importante para los barcos vikingos que los tablones se extendieran y corrieran juntos a lo largo de las rodas. La nave *Gokstad*, que tiene la roda y codaste "simples", tiene que usar formas mucho más complejas en las tablas para lograr el mismo efecto que las naves *Skuldelev* y posteriores.



Figura 3.7: Ejemplo de roda. Fuente: Museo del barco vikingo en Roskilde.

La quilla está unida a la roda y al codaste por medio de clavijas de madera. Entonces está listo para que le pongan los tablones.

3.7 CONSTRUCCIÓN DEL CASCO

La primera traca en colocarse, se llama traca de aparadura. Se une directamente a la quilla, mediante remaches y clavos. Los remaches de hierro son el método vikingo más común para unir tablas. Los clavos se usan donde no se puede alcanzar el extremo del remache, generalmente en la roda y codaste, donde el espacio es escaso. Las cabezas de los remaches se doblan sobre las arandelas rectangulares. La siguiente tabla esta remachada a la traca de aparadura, de modo que se superponga cuando se ve desde fuera. El remache pasa a través de la parte exterior de la tabla cerca del borde inferior, a través de la anterior traca, cerca de su borde superior, y se dobla sobre una arandela dentro del bote.

El calafateo se utiliza para evitar que el agua entre en la embarcación. Ningún bote de madera puede afirmar que es totalmente impermeable, pero los vikingos hicieron todo lo posible. El calafateo estaba hecho de pelo de animales (como lana de oveja) que se había sumergido en una brea pegajosa hecha de resina de pino. Se coloca en la ranura tallada en el tablón y cuando se remacha a la anterior tabla, se crea una junta casi impermeable, al tiempo que conserva la flexibilidad para moverse con la nave.



Figura 3.8: Ejemplo de unión de bisel. Fuente: Museo del barco vikingo en Roskilde.

A medida que cada tabla se remacha a la anterior, el barco comenzara a tomar forma. Para lograr que el barco tuviera un perfil correcto, los tablones tenían que ser cortados en formas bastante extrañas. La forma en que las tracas se unen al codaste y a la roda ayuda a determinar el perfil de la embarcación, ya sea un barco 'mangudo' para carga o un buque de guerra afilado como un cuchillo. Cuanto más grande sea el navío, más tablones serán necesarios. Las naves largas requerían que varios tablones más cortos se unieran entre sí mediante uniones de bisel (v. Figura 3.8). A medida que se agregaban tablas una sobre otra, se usaban abrazaderas para mantenerlas en su lugar y se podían, después, agregar las cuadernas.

3.8 MONTAJE DE LOS REFUERZOS

Una vez que el casco está terminado, llega el momento de colocar la estructura interna del barco. Aquí es, realmente, donde el método de construcción de los barcos vikingos se desmarca del resto de naves de la época. Los refuerzos internos tienen la función de transmitir las fuerzas

del sistema de propulsión (remos y velamen) al casco. En el caso de la vela, la carlinga es la clave y tiene una forma de diseño y construcción muy particulares. El casco es fuerte por sí mismo, no necesita una estructura interna pesada para mantenerlo unido durante la navegación. El resto de embarcaciones de su tiempo funcionaban a la inversa, el casco era poco más que un forro impermeable y la estructura interna era pesada para poder hacerse cargo de los esfuerzos que debía soportar.

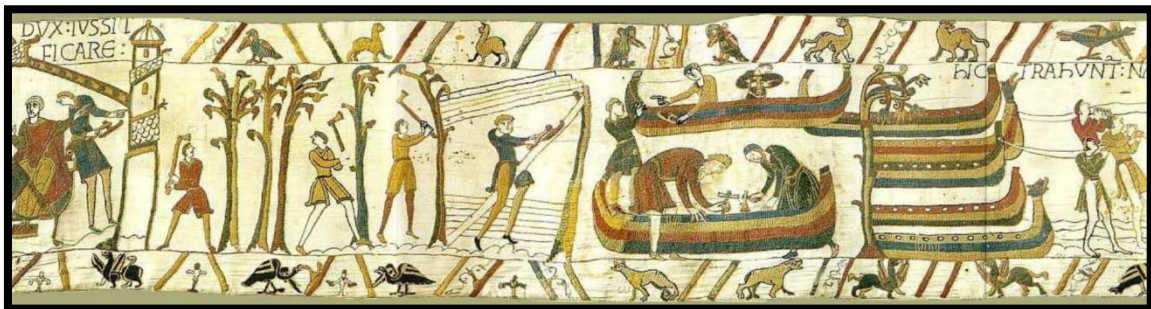


Figura 3.9: Fragmento del tapiz de Bayeux, donde se ve a los Vikingos construir sus barcos con herramientas de la época. Fuente: Antonsusi, 2013.

Hay un número desconcertante de tipos de barcos vikingos, dependiendo probablemente del área de construcción, el tiempo de construcción, el uso que se le iba a dar y a lo estuviera acostumbrado el propio constructor. Una de las partes importantes y que compartían casi todos los modelos es la sobrequilla. Tenía una ranura o agujero para asentar la base del mástil y, en algunos casos, se introducía un puntal para darle soporte adicional. Esta pieza junto a la carlinga son otro ejemplo de madera cultivada.

NAVEGACIÓN VIKINGA

Capítulo dedicado a los métodos de navegación y a los instrumentos empleados

Capítulo nº4

4 NAVEGACIÓN VIKINGA¹

Los hechos históricos, prueban que los vikingos realizaron grandes viajes a lo largo del Báltico, mar del Norte e, incluso, del Atlántico norte. Ya hemos mencionado anteriormente cómo sus embarcaciones eran capaces de navegar grandes distancias adentrándose en mar abierto, pero ahora pasaremos a argumentar cómo eran capaces de mantener el rumbo durante sus travesías. Mucho antes de los días en los que la navegación astronómica diera la capacidad a los navegantes de hallar su situación y rumbo, antes de poseer un simple compás magnético, ¿cómo era posible esta hazaña? Según estudios del capitán Soren Thirslund (Thirslund, 2007, 1992; Vebaek, 1990) lo lograron usando un compás solar.

En palabras del archifamoso Sir Robin Knox-Johnston:

el Capitán Thirslund y sus colegas, con uno de los más excitantes descubrimientos de la antigua navegación de este siglo, nos han provisto de una respuesta a uno de los más grandes misterios de la navegación: cómo los vikingos consiguieron llevar a cabo sus largas travesías que les llevaron hasta un lejano continente llamado, más tarde, América.

Un pequeño disco encontrado en un convento de Groenlandia (v. Figura 4.1) puede o no haber sido un compás de navegación, pero cuando fue examinado y luego probado por un astrónomo y un marino moderno, y se descubrió un sistema muy simple de lograr una dirección con solo usar una curva gnómica sobre un disco de madera y el sol. Es la simplicidad del sistema lo que lo hace tan convincente. Puede ser fabricado y usado por cualquier persona sin ningún entrenamiento y una vez que se ha hecho, puede proporcionar a un ser humano un medio muy preciso de seguir una dirección deseada en la luz del sol en el mar y la tierra. (Knox-Johnston, 2007).



Figura 4.1: Disco de Unartoq, encontrado en 1948. Fuente: Thirslund, 2007.

Las latitudes escandinavas, en las que navegaban los vikingos no suelen brindar cielos despejados muy a menudo. Por ello, se supone que no solo

¹ Para elaborar este capítulo se han utilizado las siguientes obras: Thirslund, 2007; Ibañez, 2016; Bernáth, 2014.

usaban el compas solar para orientarse en la mar, sino que complementaban sus observaciones con una piedra 'mágica' que tenía la capacidad de permitir saber donde se encontraba el sol, a pesar de la adversa climatología. La piedra solar o *Solarstein*. Es un elemento que genera mucha controversia, debido a que no se conoce exactamente cómo se empleaba, ni siquiera si tenían acceso a ella. En los últimos años se han realizado investigaciones al respecto, el artículo más importante en este sentido es el titulado "A depolarizer as a possible precise sunstone for Viking navigation by polarized skylight" (Ropars, 2011).

En este capítulo se tratará el principio de funcionamiento de ambos instrumentos: la piedra solar y el compás solar. En el capítulo 5, se mostrará cómo se ha construido un compás solar, así como las pruebas realizadas en la mar tanto con este compás como con la piedra solar.

4.1 ORIENTARSE EN LA MAR

La navegación práctica plantea dos preguntas que se alternan constantemente: ¿dónde estoy? y ¿qué rumbo debo seguir para llegar a mi destino de manera segura?

Cuanto más a menudo y cuanto más exactamente se respondan a estas dos preguntas, mejor y más segura será la navegación.

Cientos de experimentos prácticos han probado que un navegante de la edad vikinga era capaz de determinar su rumbo de manera segura, usando un compás solar. Manteniendo una orientación constante al viento, guiándose por las nubes, o usando la sombra del gnomon era capaz de mantener su rumbo un largo periodo de tiempo. Tantas veces como fuese posible, el rumbo se comprobaba y, de ser necesario, se corregía. En las noches oscuras, podía guiarse usando las estrellas, algo con lo que estaba bastante familiarizado. Cuando el cielo estaba totalmente cubierto (niebla, nieve, lluvia...) el navegante se veía forzado a usar la piedra solar y, en el caso de no contar con una, intentaría mantener su posición hasta poder volver a orientarse.

El navegante de la Época Vikinga desconocía su longitud geográfica, un problema que se solucionó a finales del siglo XVIII.

Pero el navegante nórdico, sabía que la altura de la estrella polar sobre el horizonte (y su latitud) aumentaba al ir hacia el norte y disminuía al ir hacia el sur. Que era para entonces, como para los marinos en otros mares, una guía infalible para la dirección en condiciones claras y oscuras de la noche. Sin embargo, en estas altas latitudes, a mediados del verano, la temporada de navegación más favorecida, el cielo nocturno es demasiado claro para que se observen las estrellas, por lo que la sombra del sol durante el día debe haber sido su principal ayuda astronómica.

Desde luego, también sabían que el sol está más alto al mediodía y que la altura aumenta a medida que se avanzaba hacia el sur y disminuía hacia el norte. Es posible que, con dificultades, pudiesen medir la altura del sol, pero era peligroso, ya que podía cegarse mirando directamente al astro. Por lo tanto, parece más probable que observara la longitud de la sombra del sol desde la barandilla, lanzada hacia el interior o lanzada por un gnomon, sobre una tabla horizontal, como ya se dedujo del artefacto de media luna.

4.2 EL SOLARSTEIN, LA PIEDRA SOLAR

4.2.1 ¿QUÉ ES EL SOLARSTEIN?

El Solarstein o espato de Islandia es un mineral que posee una propiedad física muy particular, llamada birrefringencia. Gracias a esta propiedad, que describiremos a continuación, un navegante vikingo ganaba la capacidad de hallar el sol en condiciones de climatología adversa, como podía ser la niebla, nubosidad variable, etc., luego, tenían la capacidad de corregir su rumbo conociendo donde se encontraba el sol.

4.2.2 BIRREFRINGENCIA

Es una propiedad óptica que genera una doble refracción. Cuando un rayo de luz incide sobre el mineral con dicha propiedad (espato de Islandia), éste se separa en dos: uno de los rayos sigue las leyes normales de la refracción y se llama rayo ordinario, el otro rayo, en cambio, tiene un índice de refracción variable y se llama rayo extraordinario. De manera gráfica, esto se traduce en que cualquier imagen que sea vista a través de un mineral que posea esta propiedad, se convierte en dos imágenes.

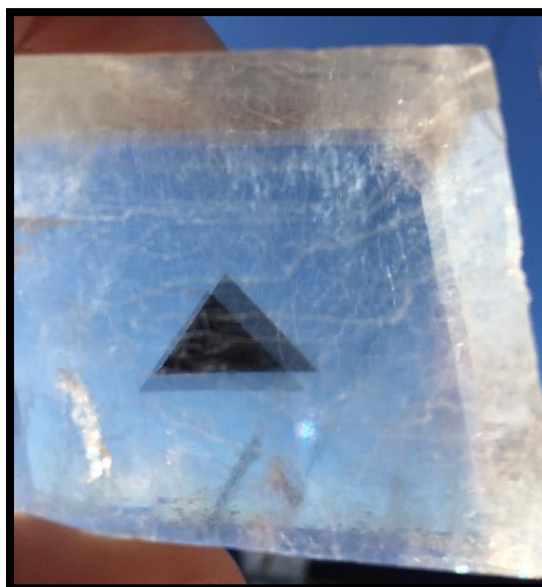


Figura 4.2: Espato de islandia. Dos imágenes son generadas, gracias a la birrefringencia.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 COMO USAR DE MANERA SENCILLA UNA PIEDRA SOLAR

Si el trozo de mineral presenta lados planos, podremos usarlo para determinar la posición del sol.

Primero colocaremos una pegatina en uno de los lados del mineral, la forma es importante. Nosotros hemos elegido colocar un triángulo.



Figura 4.3: Realizando las pruebas de mar con el espato de Islandia. Fuente: Elaboración propia.

Una vez colocada la pegatina, realizaremos una prueba en un día despejado. En esta prueba, colocaremos el lado de la pegatina en el lado opuesto desde el que miraremos las dos imágenes generadas. Para no quedar cegados mirando hacia el sol, podemos usar un folio con un pequeño agujero desde el que mirar al mineral (v. Figura 4.3). Comprobamos que cuando los rayos no inciden directamente sobre el mineral se ven con claridad dos imágenes (v. Figura 4.2).

Ahora iremos orientando el espato hasta que las dos imágenes generadas se solapen y se genere una única imagen oscura (por eso consideramos la forma de la pegatina importante). Si en el momento en el que solo vemos una imagen (punto de isotropía. v. Figura 4.3) estamos apuntando directamente al sol, significa que la forma del mineral es correcta y funciona perfectamente.



Figura 4.4: Espato de Islandia generando una única imagen, al dirigirlo directamente al sol. Fuente: Elaboración propia.

Ahora toca realizar la misma prueba en un día nublado. Pero en este caso no buscaremos una sola imagen para hallar el sol. Esta vez, debemos hacer que se oscurezcan lo más posible las dos imágenes y que se junten al máximo. Cuando determinemos este punto, descubriremos que estamos apuntando directamente al sol.

Las pruebas se han realizado con nubosidad variable, pero sin ser nubes densas de tormenta.

En consecuencia, lo más probable es que la piedra solar vikinga fuese espato de Islandia, y que se usase para determinar la posición del sol, en navegación de altura, donde no se tenían referencias de tierra.

4.2.4 LOS VIKINGOS Y LA PIEDRA SOLAR

La cuestión de cómo los vikingos utilizaban la piedra solar durante la navegación ha sido objeto de gran controversia. Se ha citado desde principios del siglo VIII. Una de las referencias más claras al Solarstein, la encontramos en la *Saga Hrafns Sveinbjarnarsonar*, que narra la historia del rey Olaf el Santo. La parte en la que se hace referencia a este objeto, en resumen, es el siguiente:

Una vez, el rey visitó la granja de *Rodulf*, que tenía dos hijos, *Dag* y *Sigurd*. Se organizó una reunión, y durante la noche los hombres reunidos comenzaron a jactarse de sus habilidades. *Sigurd* afirmó que, entre muchas otras cosas, siempre sabía dónde estaban situados los cuerpos celestes, incluso si estaban ocultos por la niebla, la nieve, la lluvia o similares.

A la mañana siguiente, el rey quería que *Sigurd* demostrara su habilidad. El día era el adecuado para ello. Estaba nevando, y el cielo no estaba a la

vista. El rey le pidió a *Sigurd* que apuntase en dirección al sol. Sigurd hizo lo que le dijeron, acto seguido el rey tomó la piedra solar, la sostuvo en la dirección que Sigurd había señalado, y vio cómo el sol brillaba en la piedra. (Thirlund, 2007)

4.2.5 EL PECIO ISABELINO DE ALDERNEY



Figura 4.5: Inmersión en los restos del barco de la época Isabelina I, en Alderney. Fuente: BBC, 2017.

Descubierto en el Canal de la Mancha en 1977. En 1992 se concluyó, después de una ardua investigación, que era un buque de guerra del siglo XVI y que se hundió en el año 1592.

A lo largo de los años se han realizado varias inmersiones con fines arqueológicos, recuperando muchas piezas del navío (cañones, madera, armas, cerámica...). Hasta que, en 2013, un equipo francés de la universidad de Rennes, descubrió un cristal, junto con instrumentos de navegación, lo que hizo pensar que posiblemente la usaban para orientarse cuando navegaban. Un análisis químico demostró que la piedra era un tipo de calcita, el espató de Islandia.

A pesar de se cree que la piedra solar fue usada por los vikingos, el equipo francés sostiene que pudo haberse usado hasta el siglo XIII, como respaldo a los, a menudo, poco fiables compases magnéticos, que fueron introducidos en Europa en el siglo VIII (Rennes, 2013.)

4.2.6 LA CIENCIA Y LA PIEDRA SOLAR

El solarstein era espató de Islandia, un cristal de carbonato cálcico transparente y romboédrico, y su magia un fenómeno al que hoy llamamos birrefringencia. Cuando se sostiene en una orientación apropiada un cristal birrefringente tiene la capacidad de localizar la fuente de luz (en este caso el sol) incluso con cielos cubiertos o niebla

espesa. Cómo se hacía esto exactamente no ha estado muy claro hasta el trabajo de Ropars et al. (2011).

En el trabajo "A depolarizer as a possible sunstone for Viking navigation by polarized skylight", publicado en 2011 en *Proceedings of the Royal Society*, Ropars demuestra teóricamente y experimentalmente que al usar el espato de Islandia como despolarizador², los vikingos podrían haber realizado una navegación precisa en diferentes condiciones. De hecho, cuando simplemente se gira, dicho cristal birrefringente puede despolarizar completamente, en el llamado punto de isotropía, cualquier estado de luz parcialmente polarizado, lo que nos permite adivinar la dirección del Sol. Al igualar las intensidades de los rayos ordinarios y extraordinarios en el punto de isotropía (v. apartado 4.2.3), demostramos que la dirección del Sol se puede determinar fácilmente, gracias a una observación diferencial simple sensible de dos imágenes. Se podría alcanzar una precisión de unos pocos grados incluso bajo condiciones crepusculares oscuras. Tal como se ha mencionado anteriormente (v. apartado 4.1.5), el descubrimiento de un espato de Islandia en el barco isabelino de Alderney que se hundió dos siglos antes de la introducción de la polarización de la luz en la óptica, puede respaldar el uso del cristal de calcita para fines de navegación.

El estudio científico de la 'magia' del espato de Islandia comenzó siglos después de que fuese olvidada por los marinos del norte. Curiosamente, fue un descendiente de vikingos el primero en describir el fenómeno. El médico danés Rasmus Bartholin se sorprendió al darse cuenta de que cuando miraba a través de un cristal de espato de Islandia se veía una imagen doble. Publicó sus hallazgos en un libro, *Experiment acrySTALLI islandici disdiacastici quibus mira et insolita refractio detegitur* (1669), en el que intentó sin mucho éxito explicar el fenómeno, que describía con extremo detalle, usando la teoría óptica de Descartes.

No sería hasta 1801, en el que la naturaleza ondulatoria de la luz fue confirmada por el experimento de la doble rendija de Thomas Young, que se estuvo en disposición de dar una explicación del fenómeno. Esa explicación la daría en una conferencia el 24 de noviembre de 1803 en la Royal Society de Londres, que se publicaría al año siguiente en las *Philosophical Transactions* con el título "Experiments and Calculations Relative to Physical Optics". La birrefringencia se debía a que el espato de Islandia dividía la luz incidente en dos planos de haces polarizados³.

En 2007, en una cooperación entre el *Viking Ship Museum*, el *Danish Maritime Museum* y el *Geological Museum en Copenhagen*, se realizaron

² Un despolarizador o despolarizador es un dispositivo óptico utilizado para mezclar la polarización de la luz. Un despolarizador ideal emitiría luz polarizada aleatoriamente independientemente de su entrada.

³ Las ondas luminosas no suelen estar polarizadas, de forma que la vibración electromagnética se produce en todos los planos. La luz que vibra en un solo plano se llama luz polarizada.

muchos experimentos. Los minerales probados fueron cordierita, espato de Islandia, andalucita y turmalina. Todas estas piedras se pueden encontrar en Escandinavia y en Islandia (en el caso del espato, solamente en Islandia), y, operadas de la manera descrita, se puede encontrar una dirección aproximada al sol, como se mencionó anteriormente; pero, con el cielo totalmente cubierto, ningún mineral dio una ligera indicación de la dirección al sol. Sin embargo, no debe olvidarse que, si esta observación orientara al sol, el navegante también tendría que saber el tiempo, la hora aproximada, para encontrar el rumbo, y esto era lo que el navegante a lo largo de los siglos estaba buscando para guiarlo.

4.3 EL COMPÁS SOLAR⁴

4.3.1 ¿QUÉ ES UN COMPÁS SOLAR?

El compás solar es un instrumento de navegación que, una vez calibrado, sirve para conocer los rumbos verdaderos dentro de un corto periodo de tiempo (unos 6 días) y en una misma latitud. Consiste, básicamente, en un gnomon (v. apartado 4.3.1.1) que proyecta una sombra, generada por el sol, sobre una superficie plana. El extremo de la sombra genera una curva (curva gnómica) sobre el disco gracias al arco que describe el sol sobre el horizonte, durante un día. Los vikingos sabían que si se dirigían hacia el sur la altura del sol aumentaba y que si lo hacían hacia el norte disminuía, luego era muy sencillo mantener un rumbo este-oeste; si la sombra del gnomon al mediodía era más larga que la línea dibujada, se dirigían al norte y viceversa.

4.3.2 BASE TEÓRICA

En astronomía de posición, no interesa tanto la distancia a la que se encuentran los distintos cuerpos celestes, sino la dirección en que aparecen a la vista del observador, por ello, suelen considerarse proyectados sobre una esfera gigantesca, de radio arbitrario, denominada esfera celeste. Cuando su centro coincide con el de la esfera terrestre, se denomina esfera celeste geocéntrica (v. Figura 4.5). El observador de la superficie terrestre está representado por su zenit (Z) en la esfera celeste, y tiene asociado un horizonte (Hv-Hv').

⁴ En el capítulo nº 5 explicaremos paso a paso la construcción y uso del mismo.

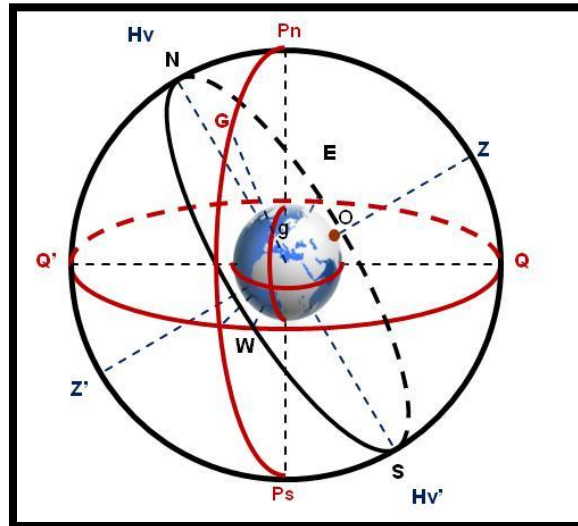


Figura 4.6: Elementos de la esfera celeste geocéntrica en la que se observa la formación de las líneas N-S y E-W. Fuente: Ibáñez, 2016, pág. 14.

Los compases indican las direcciones sobre la rosa de los vientos, que no es otra cosa que una representación del horizonte del observador, con los puntos cardinales norte (N), sur (S), este (E) y oeste (W). Los puntos cardinales norte y sur son los extremos de la denominada línea N-S, que es la intersección del horizonte verdadero (Hv-Hv') con el meridiano de lugar (Pn-Z-Ps-Z'-Pn). La línea E-W, cuyos extremos son los puntos cardinales del mismo nombre, se forma por la intersección del horizonte verdadero con el ecuador (Q-Q').

Actualmente, la rosa de los vientos se gradúa de 000° (N) a 360° (N), por el este (v. Figura 4.6). Por ello, para la orientación sobre la superficie terrestre, es muy importante saber dónde se encuentra el punto cardinal N. En el hemisferio norte, por ejemplo, durante la noche, se ha usado tradicionalmente la estrella polar para estos efectos.

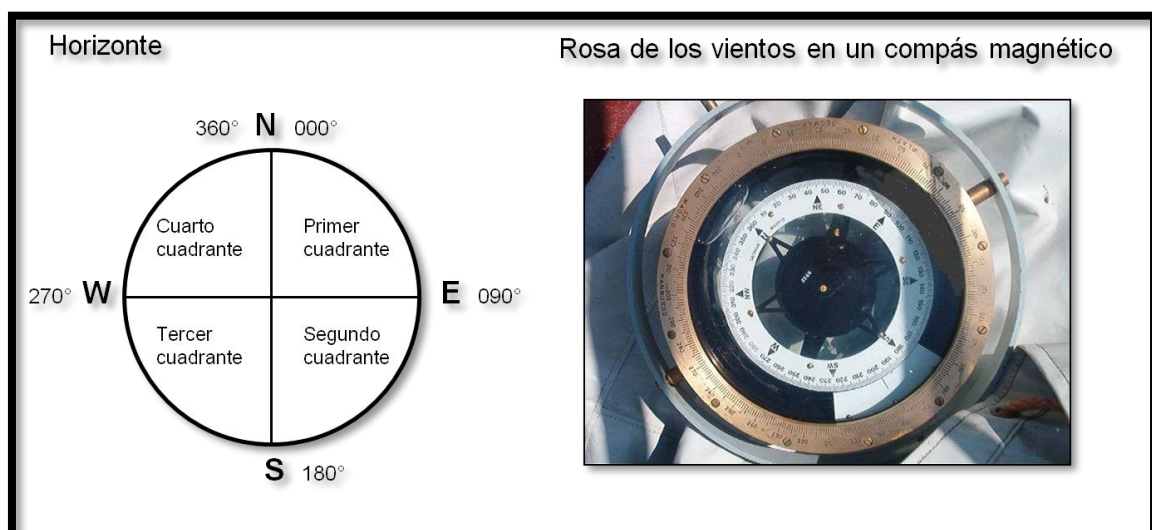


Figura 4.7: Horizonte y rosa de los vientos. Fuente: Ibáñez, 2016, pág. 14.

Cuando en su movimiento diurno aparente un astro pasa por el meridiano de un lugar, la dirección en que aparecerá será siempre norte o sur.

En latitudes altas, el sol, a su paso por meridiano, se observa siempre cara al sur y estará en el punto más alto de su trayectoria diaria. Este momento se conoce como mediodía verdadero.

Si utilizamos un gnomon colocado en el centro de un disco y marcamos sobre este, por ejemplo, cada hora, la sombra que proyecta el sol a lo largo del día, conseguiremos una curva gnómica, cuyo punto más próximo al gnomon representa la posición más alta del sol, es decir, el momento de su paso por el meridiano de lugar. En esa dirección estará el norte.

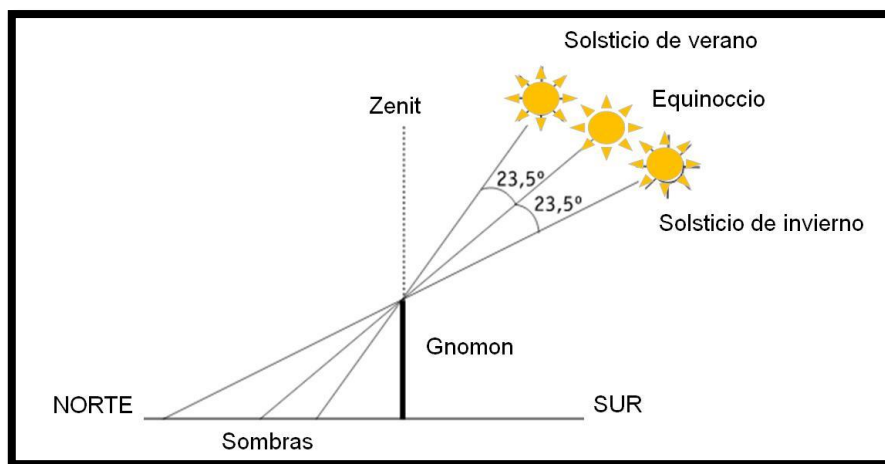


Figura 4.8: Longitud de la sombra proyectada por el gnomon al paso del sol por el meridiano de lugar, en tres momentos diferentes del año. Fuente: elaboración propia.

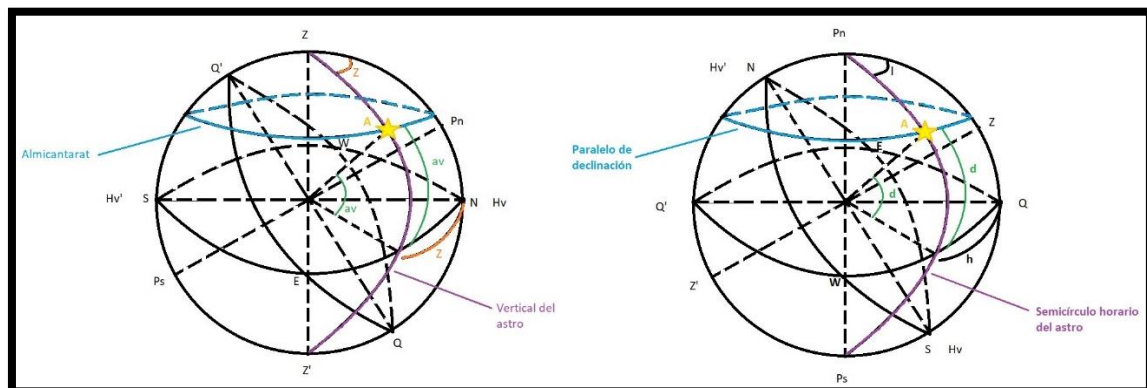


Figura 4.9: Coordenadas celestes de los astros. Izquierda: Coordenadas horizontales o acimutales. Derecha: Coordenadas horarias. Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.1 Movimiento aparente del sol

En el tiempo que la tierra tarda en dar una vuelta completa en su movimiento de rotación, el sol⁵ describe un círculo menor, paralelo al ecuador celeste, es decir, un paralelo de declinación (v. Figura 4.8). Este movimiento diario aparente de rotación alrededor de la línea de los polos celestes, de oriente a occidente es producido por el movimiento real de rotación de la tierra. Es responsable de la alternancia día-noche y el movimiento del sol respecto al observador sobre la superficie terrestre hace que este, vea como el sol aparece por el este y describe un arco sobre el horizonte, hasta que desaparece por el oeste. Este movimiento del sol es el que hace que las líneas gnómicas sean curvas.

4.3.2.2 Paso por el meridiano superior de lugar

El momento clave para poder formar una rosa de los vientos con la sombra del gnomon, es el mediodía verdadero, que es cuando el sol se encuentra en el meridiano superior de lugar. Si nos colocamos en latitudes donde navegaban los vikingos, veremos que en este momento la sombra del gnomon está apuntando al norte verdadero. A partir de aquí, podemos construir una rosa de los vientos, que junto a la línea gnómica nos permitiría poder orientarnos en la mar.

La observación de los astros en su paso por meridiano superior de lugar tiene un interés especial para la navegación, pues al coincidir sobre el mismo círculo máximo, el polo elevado, el zenit y el astro, se puede obtener una latitud observada de forma muy sencilla.

l	=	d	-	z
N+		N+	+	si ★ cara al norte
S-		S-	-	si ★ cara al sur

Donde: d= declinación del sol; z= distancia cenital (90°-a)

4.3.2.3 Variación de la altura de los astros

Los astros en su movimiento diario aparente describen un paralelo de declinación, variando su altura del horizonte.

Si un astro describe ortos y ocasos (como el sol), un observador sobre la superficie terrestre ve como aparece por el este, luego describe un arco sobre el horizonte, hasta que desaparece por el oeste.

⁵ En realidad el sol es un astro errante y la curva descrita no coincide exactamente con un paralelo. Debido a que el movimiento en declinación es lento y su trayectoria diaria se aparta poco del paralelo, se considera un astro fijo.

Mientras el astro está bajo el horizonte, su altura es negativa. Al producirse su orto, esta sobre el horizonte y su altura es cero. Después, comienza a describir su arco diurno y su altura va aumentando. Al llegar al meridiano superior de lugar alcanza la altura su valor máximo. Luego, comienza a disminuir hasta que se produce el ocaso del astro, momento en que su altura vuelve a ser cero por encontrarse en el horizonte.

Debido a este cambio en la altura del sol la sombra del gnomon describe una curva, que varía según la latitud y la estación del año.

4.3.2.4 Gnomon

El gnomon es un apéndice de forma cónica, colocada perpendicular al horizonte, que proyecta una sombra sobre una superficie plana (el disco⁶).

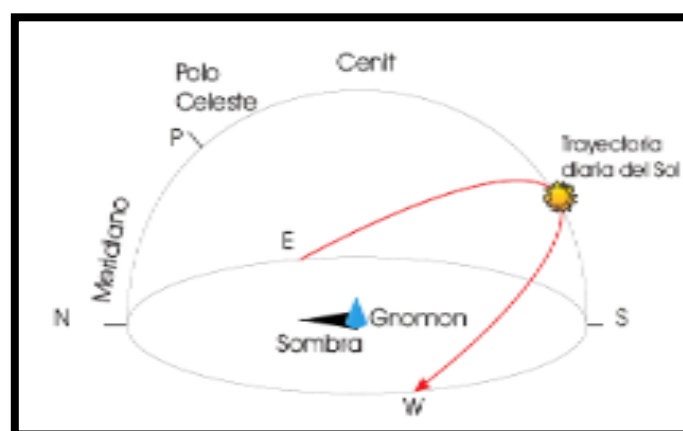


Figura 4.10: Gnomon y trayectoria diaria del sol. Fuente: Diaz, 2007.

A consecuencia del movimiento diurno del sol (mientras recorre este arco, esta sobre el horizonte y es de día), la sombra del gnomon se desplaza en el plano horizontal y cruza la línea norte-sur cuando el Sol pasa por el meridiano superior de lugar. Esto ocurre al mediodía, cuando el movimiento del sol alcanza su culminación superior.

Si realizamos una observación, partiendo del orto, veremos cómo la sombra va decreciendo hasta que alcanza su mínima longitud, momento en el que podremos afirmar que el Sol se halla en su punto más alto. Cuando la sombra sea mínima, el Sol está orientado exactamente al Sur, luego, la dirección de la sombra nos indica el Norte.

4.3.2.5 Declinación del Sol

Midiendo la longitud de la sombra podemos saber en cada instante el ángulo que nos da el sol con respecto al horizonte.

$$\text{tg}(\alpha) = \text{longitud gnomon} / \text{longitud sombra}$$

⁶ Hablaremos de él en el capítulo nº5.

$$d=1-(90-av)$$

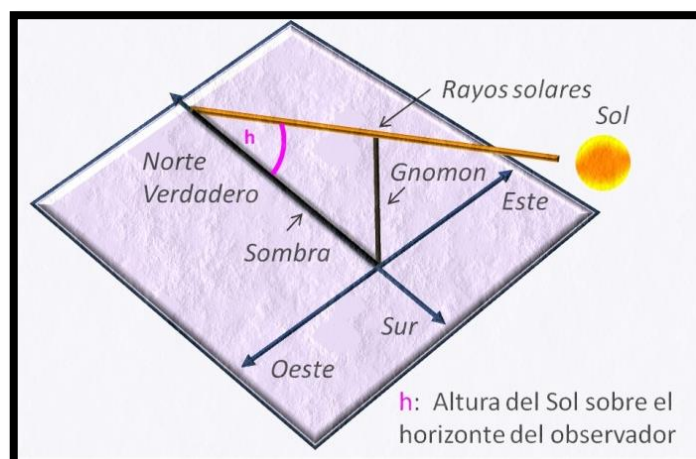


Figura 4.11: Av del sol mediante altura del gnomon y longitud sombra. Fuente: Morales, 2001.

4.3.2.6 Equinoccios y solsticios

La rotación de la tierra es responsable de la alternancia día-noche. El resultado fundamental de la traslación, es la sucesión de estaciones.

La curva que parece describir el sol a lo largo de un año resulta ser una circunferencia máxima de la esfera celeste, denominada eclíptica.

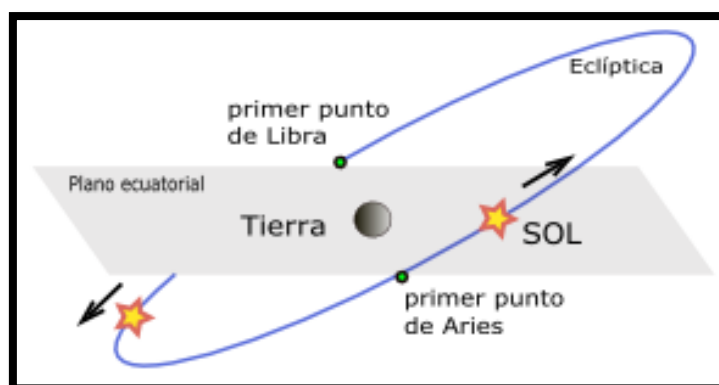


Figura 4.12: Equinoccios, solsticios y eclíptica. Fuente: Blanco, 2006.

La intersección del plano de la eclíptica y el ecuador celeste da lugar a la línea de los equinoccios, cuyos extremos son los puntos equinociales de otoño y de primavera. En estos puntos, el sol se encuentra sobre el ecuador y la duración del día es igual a la de la noche. ¿Cómo se traduce este fenómeno en el compás solar? Muy fácil, la línea que describe la sombra del gnomon es prácticamente recta en ambos casos ya que la declinación es cero.

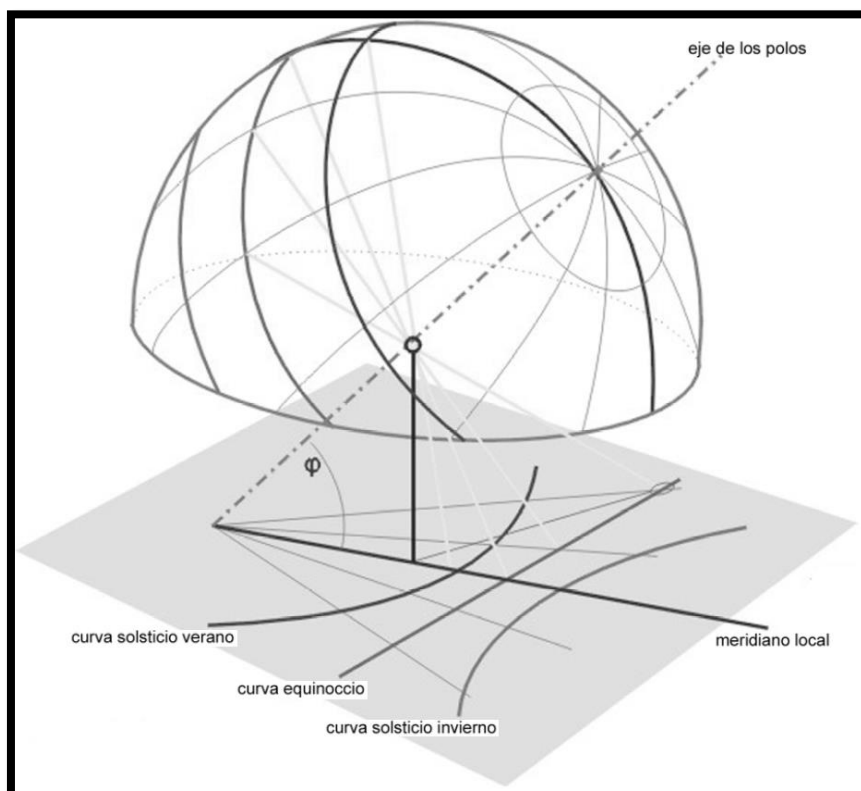


Figura 4.13: Líneas Gnómicas⁷. Fuente: Reymond, 2002.

Los puntos de la eclíptica que distan 90° de los puntos equinocciales, son los solsticios. En este caso, el sol alcanza su máxima declinación; $d=23^\circ 27' N$, en verano y $d=23^\circ 27' S$ en invierno. En ambos casos (invierno y verano) la sombra del gnomon describe una hipérbola inclinada.

4.3.3 MODO DE EMPLEO

Se debe disponer de un compás solar graduado, con líneas gnómicas grabadas en días previos al momento en que se va a utilizar.

Para usar el compás solar debemos colocarnos mirando al sol y sostener el compás frente a nosotros, nivelado. Después, lo giramos hasta que el extremo de la sombra que proyecta el gnomon toque la línea gnómica. El norte estará en la dirección del punto de la línea gnómica que queda más próximo al gnomon. Por la mañana, según pase el tiempo, la sombra se desplazará desde el lado occidental de izquierda a derecha, haciéndose más y más pequeña hasta el mediodía, donde llegará a su mínima longitud y donde apuntará hacia el norte. Por la tarde, la sombra continuará su camino pasando al lado oriental y haciéndose cada vez más larga, de izquierda a derecha.

⁷ Se recuerda que las líneas gnómicas son aquellas que describe la sombra del gnomon en el disco, a lo largo del día. En el capítulo nº5 se describe cómo se trazan estas líneas.

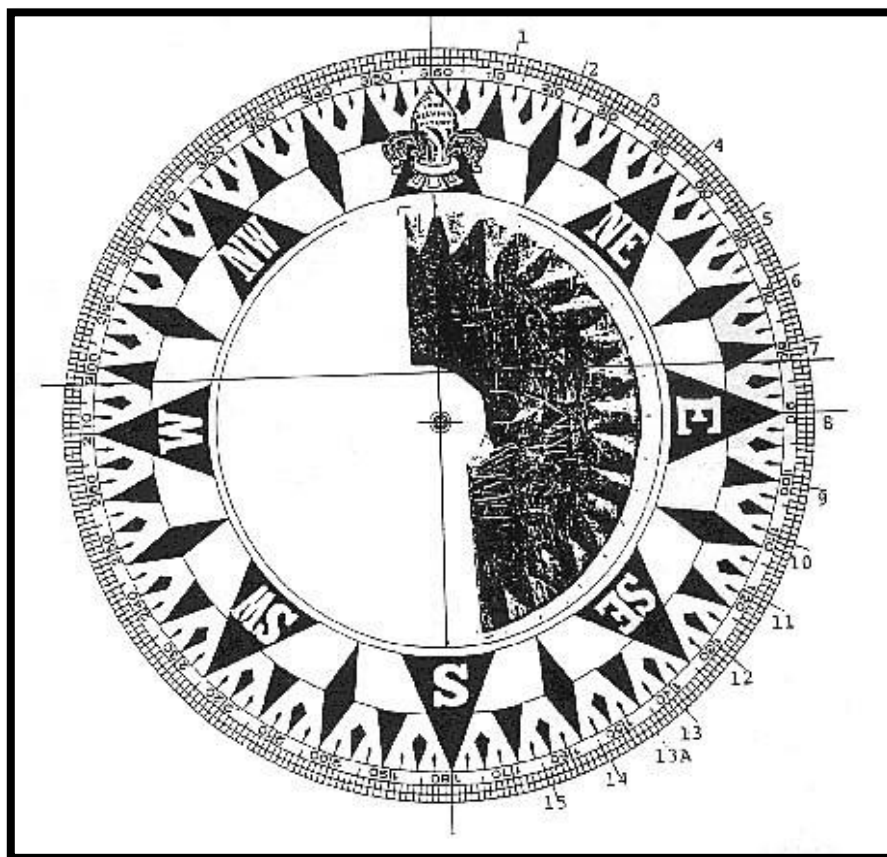


Figura 4.14: Compás solar de Uunartoq sobre una rosa de los vientos moderna. La línea que pasa por 082° y 278° es la línea que sigue el sol en los equinoccios. Se demuestra que la división compás solar tiene un error de 5 grados. Fuente: Thirslund, 2007.

El uso del compás solar, es sencillo y precisa muy poca instrucción. En experimentos prácticos, a lo largo del Atlántico norte, se ha demostrado que es fácil de manejar y muy preciso.

Cualquier navegante nórdico podría haber construido con facilidad un compas solar de madera con líneas gnómicas grabadas en él. También podría haber indicado los rumbos, realizando incisiones que se extienden desde el lado norte del gnomon hasta el número apropiado de treinta y dos muescas alrededor del perímetro del compas solar.

Las líneas gnómicas dependen de tres variables: la latitud, la altura del gnomon y la declinación del sol.

Durante una travesía surcando el Atlántico norte, parece que el navegante nórdico hubiera necesitado tener varias curvas gnómicas grabadas para permitir cualquier cambio de latitud en el rumbo seguido y para el cambio diario en la declinación del sol. Pero es interesante observar que, en la práctica, al utilizar una curva gnómica inadecuada para la declinación de un día en particular, en la mañana nos desviaríamos unos cuantos grados del rumbo deseado, pero por la tarde volveríamos a desviarnos la misma cantidad de grados en dirección opuesta. La distancia perdida a lo largo del día es despreciable.

De forma similar, un mayor cambio en la latitud causado por el clima extremo (tormentas, fuerte oleaje, viento...), podría corregirse cuando el sol brillara nuevamente observando al mediodía en qué lado de la línea gnómica caía la sombra del astro, ya sea por debajo o por encima. Se corrige el rumbo para llevar la sombra de nuevo a la curva. Hacia el norte si la sombra se quedó corta y hacia el sur si esta sobre la curva.

4.3.4 EL DESCUBRIMIENTO ARQUEOLÓGICO DE UUNARTOQ, GROENLANDIA

Como se ha señalado anteriormente, el artefacto que finalmente dio una respuesta creíble al misterio de la navegación vikinga, fue hallado por el arqueólogo e historiador danés C.L. Vebaek. En 1948, se encontraba excavando las ruinas de un convento Benedictino noruego, situado cerca del fiordo de Uunartoq, al sur de Groenlandia. Cuando llegaron al nivel del suelo, se dieron cuenta que el convento se había construido sobre otro edificio anterior datado en el año 1000. Las excavaciones continuaron y salieron a la luz varios objetos. Ninguno de los excavadores supo determinar el uso que se les dio a dichos objetos.

Cinco años más tarde, en 1953 Vebaek publicó un artículo sobre los hallazgos en *The Illustrated London News*, describiendo los objetos. La única reacción al artículo vino de parte del Capitán Carl V. Solver, entonces Director de la compañía de suministros náuticos I.C. Weilbach. Al ver la foto de la publicación, tuvo la idea de que el disco con forma de media luna pudo haber sido una rosa de los vientos y que estaba rota, también determinó que las muescas que recorrían el perímetro del disco dividían la circunferencia en 32 puntos.

En 1978, un astrónomo interesado en el uso práctico de la astronomía en la antigüedad, el Dr. Curt Roslund, desarrolló una nueva teoría sobre el artefacto de Uunartoq. Observó que había una línea recta y otra curva grabadas en la superficie del disco de madera y que estas líneas parecían ser líneas gnómicas. Fue al museo nacional de Dinamarca, pidiendo permiso para estudiar el disco más de cerca. Como resultado, determinó que esas dos líneas habían sido grabadas varias veces con un propósito. En su opinión, lo que tenía entre manos era un compás solar. Las líneas gnómicas, se correspondían a la declinación del sol en los equinoccios y al solsticio de verano, cerca de la latitud 61° norte.

4.4 RUTAS MARÍTIMAS

En las sagas islandesas, transmitidas de boca en boca desde el siglo XIX, podemos leer sobre la vida cotidiana en la Época Vikinga y en la temprana edad medieval. Entre otros relatos, tenemos información sobre la navegación vikinga.

Está bien establecido que, desde el siglo IX, los vikingos viajaron por las costas y remontaron los ríos de Europa occidental, y desde allí al

Mediterráneo; pero, lo más notable de todas sus hazañas fue sus viajes regulares durante más de 400 años entre el oeste de Noruega y Groenlandia y, más allá, hasta América del norte. En las sagas, encontramos siete direcciones de navegación (v. Figura 4.7), que cubren todo el atlántico norte, incluida la ruta hacia América del norte. También hay referencias a los días de navegación e incluso algunos rumbos son mencionados.

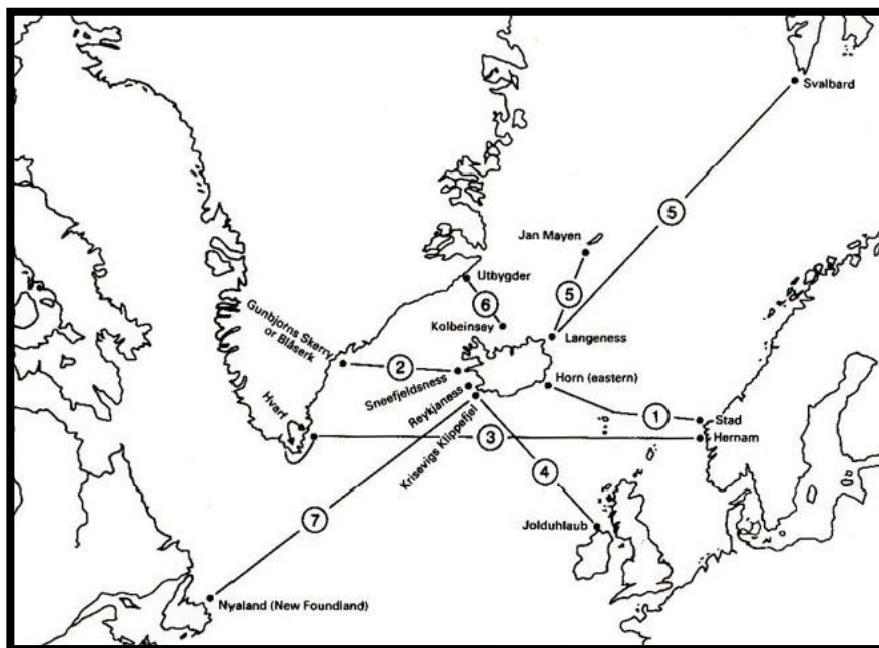


Figura 4.15: Las siete rutas de navegación de la Época Vikinga. Fuente: Thirlund, 1997, pág.56.

Hoy en día, para poder realizar estas travesías el marino necesita numerosos instrumentos, cartas náuticas, rumbos, información sobre el hielo...; pero, en estas cuestiones las sagas nos dan pocas respuestas: no se mencionan ayudas instrumentales.

Encontrar direcciones mediante la observación de astros era una práctica común para la población en la Época Vikinga. De hecho, era una necesidad, ya que existían pocos caminos y la nieve en los inviernos dificultaba encontrar puntos de referencia.

A lo largo de más de cuarenta años, después de infinidad de estudios, discusiones y experimentos prácticos, se llegó a la conclusión de que los navegantes vikingos usaron la imagen de la sombra del sol para guiarse durante el día.

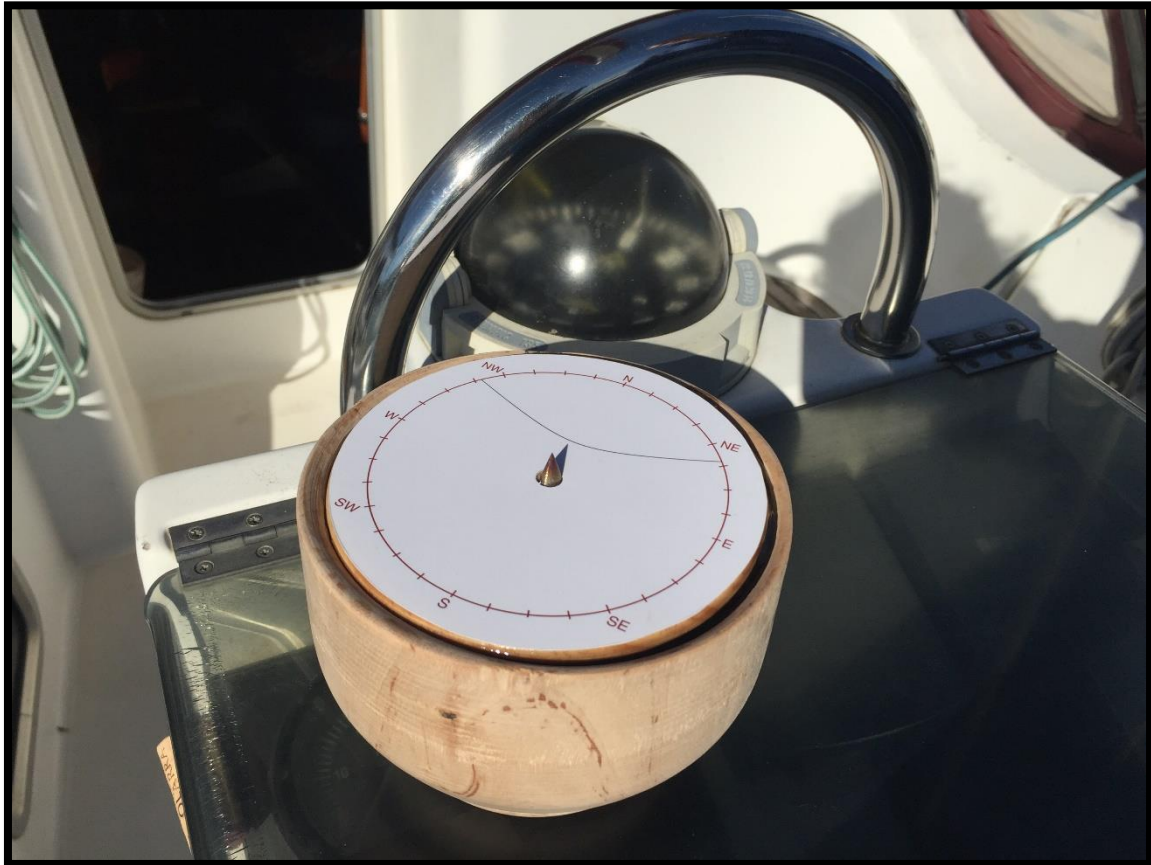


Figura 4.16: Prototipo de compás solar, con línea Gnómica del 04/02/2019, sobre disco de 120mm de diámetro, para latitud 43° y altura del gnomon de 10mm. Fuente: elaboración propia.

PROTOTIPO
COMPÁS
SOLAR

**Capítulo
dedicado a la
construcción y
pruebas del
compás solar
vikingo**

Capítulo nº5

5 PROTOTIPO COMPÁS SOLAR

En este capítulo se describe el principio de funcionamiento del compás solar utilizado por los vikingos, así como el proceso seguido en su fabricación. Y las pruebas realizadas con el mismo.

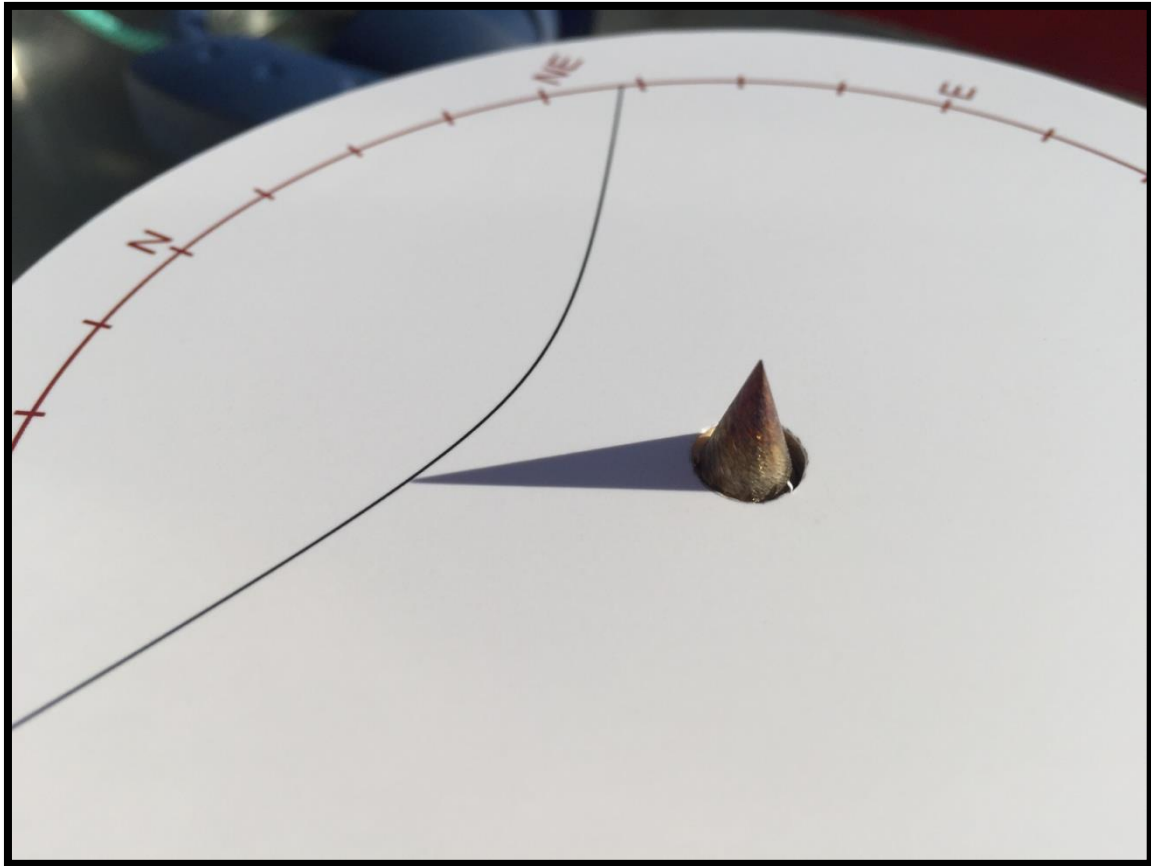


Figura 5.1: Prototipo compas solar. Día de la prueba, con la sombra tangenteando perfectamente la curva Gnómica. Fuente: Elaboración propia.

5.1. EL COMPÁS SOLAR

Tal como se ha indicado en el capítulo 4, el principal instrumento de navegación empleado por los vikingos fue el compás solar.

5.1.1 CONSTRUCCIÓN Y LÍNEAS GNÓMICAS

Primero, debemos construir un disco de madera de unos 120 milímetros de diámetro exterior, donde el sol pueda incidir con su luz a lo largo un día completo.

En el centro del disco, tenemos que colocar el gnomon de entre 10 y 16 milímetros de altura. Puede usarse un clavo, pero es preferible un cono. El gnomon debe generar una sombra en el disco horizontal a lo largo del día, describiendo una curva (curva gnómica).

Por la mañana, el sol comienza a crear una sombra en el disco, marcaremos el extremo de la sombra de forma triangular (en el caso de usar un gnomon cónico) de manera continuada y a intervalos regulares durante el día. Si las marcas se hacen cada una hora completa, tendremos un reloj solar, revelando la hora local para esa estación del año en la que nos encontramos. En el atardecer, dibujaremos una curva pasando por las marcas anteriormente realizadas, de esta forma tenemos la curva gnómica para ese día en particular, pero en la práctica, también para unos días en adelante, dependiendo del momento del año. Gracias a las pruebas realizadas (06/02/2019, por el autor) se ha comprobado que esta curva gnómica, mantiene su precisión hasta 3 días después.

Donde la curva es más cercana al centro, la sombra es más corta, y el sol se encuentra en su máxima altitud. En este momento la sombra está apuntando al norte o al sur, dependiendo de nuestra posición geográfica en cuanto a la latitud y de la estación del año. Desde esta línea Norte-Sur, podemos dividir nuestra carta-compas en puntos o grados, y ahora tenemos un verdadero compas solar.

Para usar el compás, nos colocaremos mirando al sol y sujetaremos el compás nivelado. Ahora lo iremos girando hasta que la sombra tangente a la curva gnómica, por la mañana en la mitad occidental y por la tarde en la mitad oriental. En ese momento el compás está mostrando los rumbos verdaderos.

En las pruebas realizadas hemos usado un cuenco, pero, ¿Por qué usar un cuenco?

El objetivo del cuenco, es el de mantener la horizontalidad del disco; el cuenco se rellena de agua y se deja el compás flotando. De esta forma siempre estaría horizontal y la sombra que proyecta el gnomon no se vería afectada por elementos externos (orientación del brazo, altura cambiante, escora...).

5.1.2 PLANTILLAS CON LÍNEAS GNÓMICAS Y ROSA DE LOS VIENTOS

Para realizar las pruebas y tener la capacidad de poder usar el compás cualquier día en el que la climatología fuese propicia, se utilizó un programa desarrollado por el Museo del Barco Vikingo de Dinamarca (Roskilde), impulsado por Java. Gracias a este programa es posible realizar las líneas Gnómicas de forma automática introduciendo en el programa la latitud, radio del disco, altura del gnomon y fecha. De esta forma se generaron plantillas que después colocamos sobre el disco.

Una vez introducidos los datos el programa genera un pdf a escala para poder imprimir las plantillas.

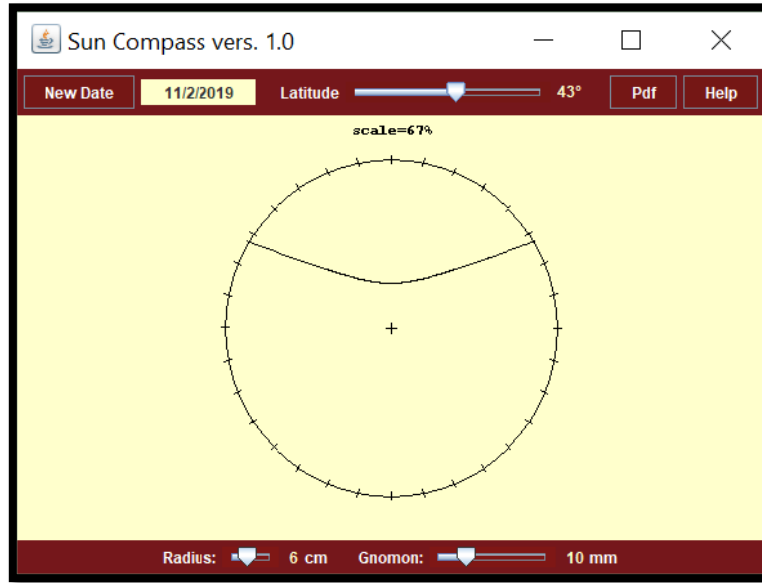


Figura 5.2: Imagen del programa Sun Compass 1.0. Fuente: elaboración propia.

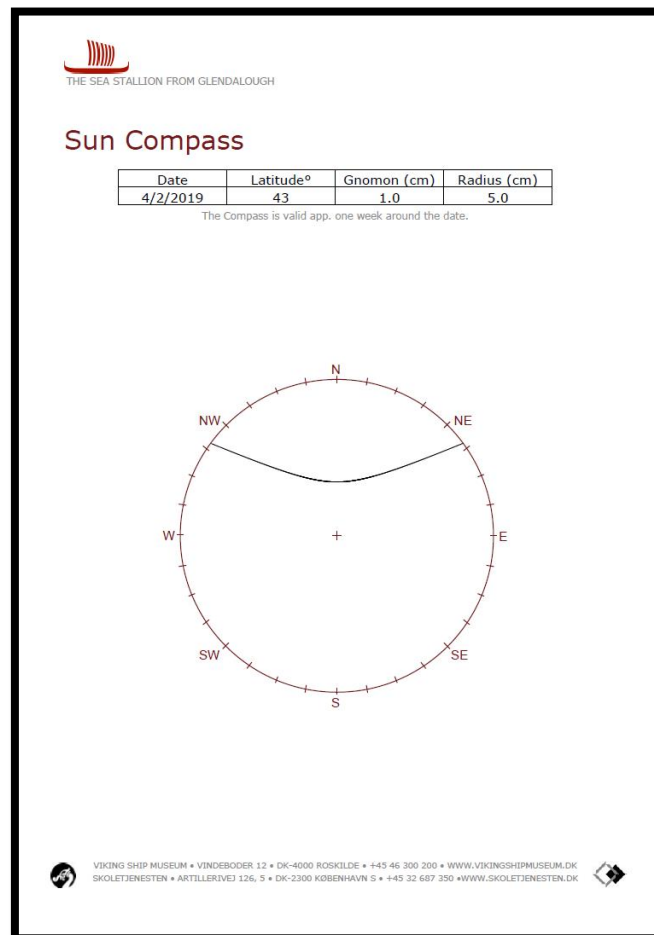


Figura 5.3: Plantilla en pdf. Fuente: Elaboración propia.

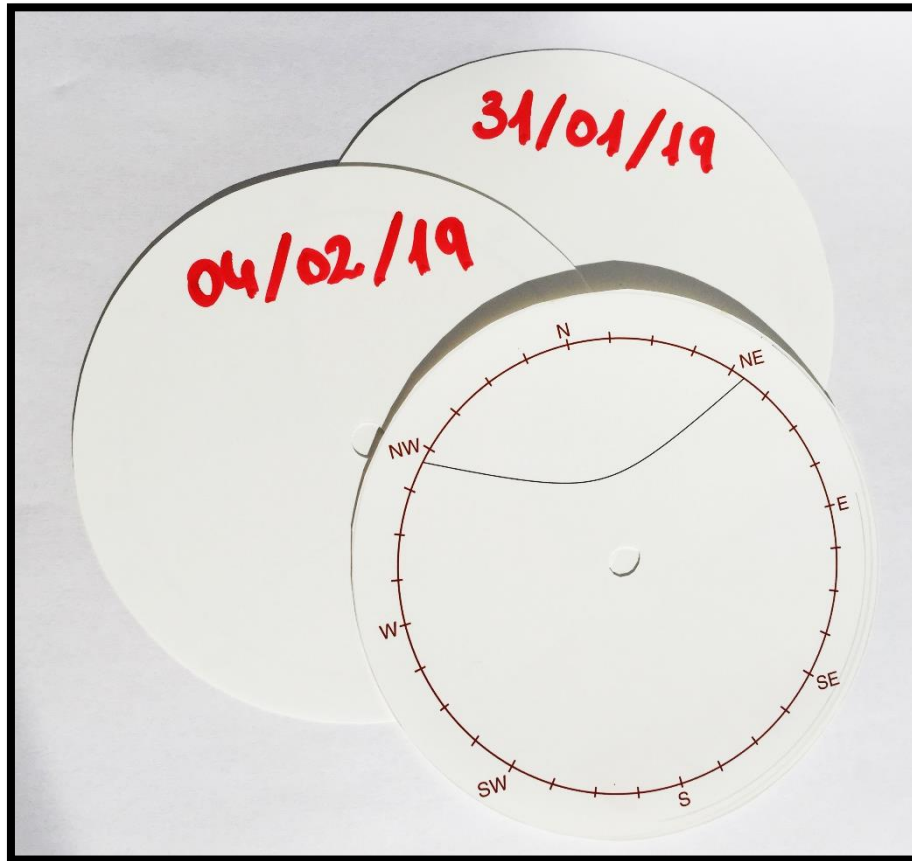


Figura 5.4: Varias plantillas realizadas para las pruebas. Material: Synap, Poliéster 320gr.
Fuente: Elaboración propia.

5.2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y HERRAMIENTAS EMPLEADAS

Para fabricar el compás solar se han empleado los siguientes materiales:

1. Varilla, de acero inoxidable, roscada de métrica 8mm.
2. Plato de madera (no identificada) para servir pulpo.
3. Cuenco-recipiente + mortero.

Estos materiales fueron adquiridos en diversas tiendas cercanas a mi localidad.

Además, en el proceso de construcción se han utilizado:

1. Un banco de trabajo.
2. Una escofina.
3. Diversas lijas de diferente grano.
4. Taladro.
5. Tornillos y arandelas.
6. Un tornillo de banco.



Figura 5.5: Varilla (después, gnomon y eje sobre el que se colocan las tuercas que actuarán de contrapeso), Plato de pulpo (después, Disco), Cuenco-recipiente (después, modificado para adaptarse a las medidas exigidas). Fuente: Elaboración propia.

5.3 PARTES DEL COMPÁS, DISEÑO Y MEDIDAS

5.3.1 PARTES

- 1. Gnomon:** 10mm de altura (para las pruebas) y de forma cónica. Gracias al diseño realizado para el gnomon, con una varilla roscada, se puede ajustar la altura del mismo a placer. La altura optima es de, entre 10mm y 16mm.
- 2. Disco:** 12mm de diámetro. Plano en la parte superior y elíptico en la parte inferior.
- 3. Contrapeso.** Tres tornillos, con un peso total de 13,8 gr.
- 4. Recipiente (v. Figura 5.3).**

5.3.2 DISEÑO Y MEDIDAS

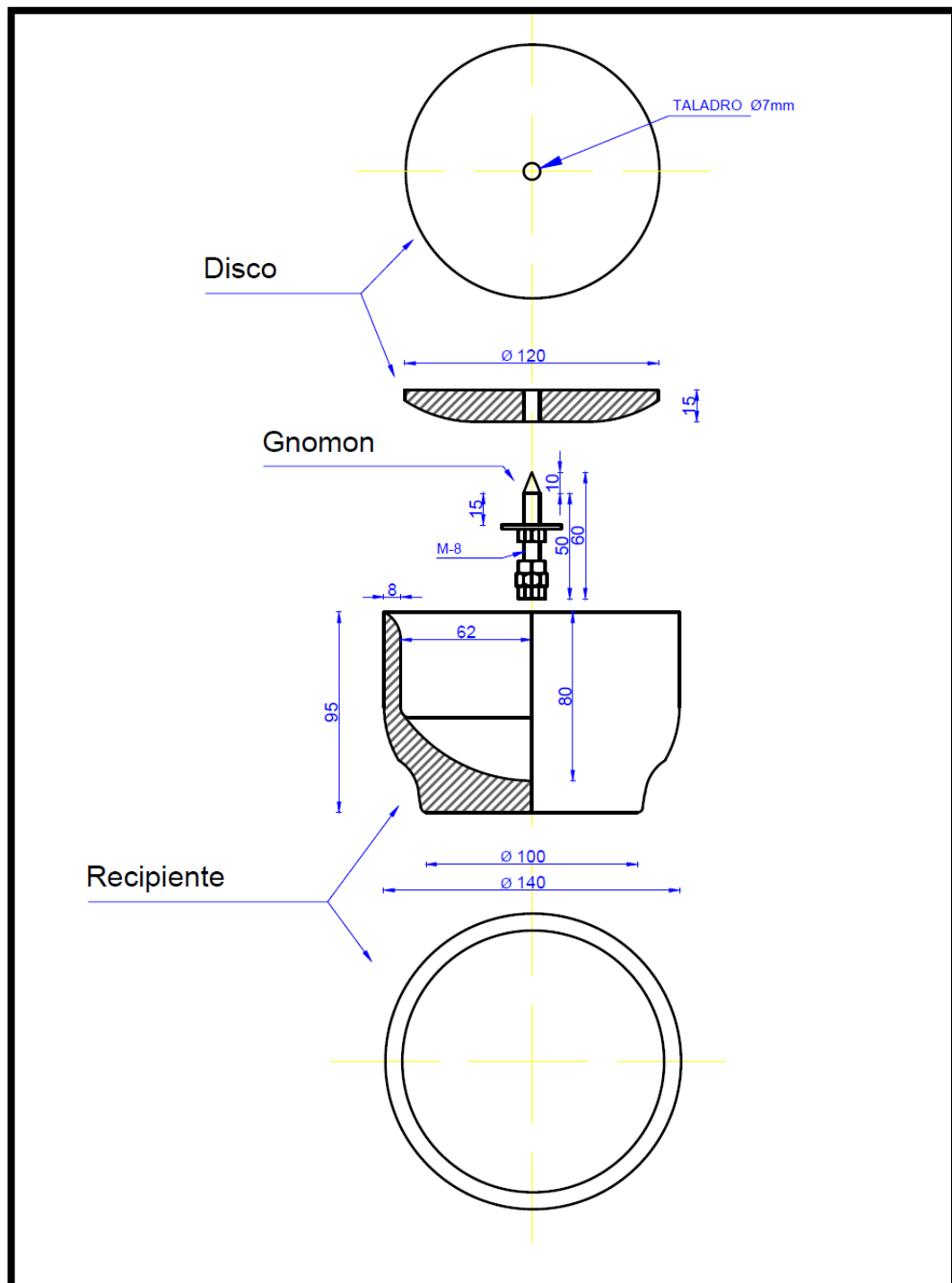


Figura 5.6: Planos prototipo compás solar, desarrollado mediante AutoCAD. Fuente: Elaboración propia.

5.4 METODOLOGÍA

5.4.1 GNOMON

En primer lugar, se trabajó en el elemento clave del compás, el gnomon. Se cortó la varilla roscada y se afiló la punta usando una sierra radial, hasta que cumplió con los requisitos que se habían establecido antes del comienzo de la construcción. Estas medidas son tomadas del libro *Viking Navigation* de Shoren Thirslund (2007).



Figura 5.7: Proceso en el que se corta la varilla y se afila. Fuente: Elaboración propia.

5.4.2 DISCO

A continuación, se taladró el centro del que iba a convertirse en el disco del compás solar. Este agujero se realizó con una broca para madera de métrica inferior a la varilla, para después realizar la rosca interior. De esta forma, se podría aumentar o disminuir la altura del gnomon. Gracias a este sistema, se pueden realizar pruebas para adecuar la altura del gnomon sin tener que rediseñar la pieza una y otra vez.

Conseguido el roscado de la pieza, se procede a montar un torno primitivo con las herramientas a nuestra disposición. Utilizando la varilla roscada, se introduce en el taladro un extremo y se afianza con dos tornillos y una arandela a cada lado del disco. El taladro, a su vez, es fijado al tornillo de banco. Y así se consigue un torno; al accionar el taladro el disco gira sobre su eje y se puede desbastar para darle la forma inicial, para luego, lijarlo y ajustar la pieza a las medidas exigidas.



Figura 5.8: Trabajando en el disco. Fuente: Elaboración propia.

5.4.3 CUENCO



Figura 5.9: Desbastando el cuenco-recipiente

En la elaboración del cuenco, se empleó el mismo método que en la del disco: el acabado deseado se consiguió en el torno. Pero, debido a su masa, hubo mayores dificultades a la hora de darle forma (vibraciones).



Figura 5.10: Resultado final. Fuente: Elaboración propia.

5.5 PRUEBAS DEL PROTOTIPO DE COMPÁS SOLAR

Se instaló en gnomon y una vez tuvo la altura deseada de 10mm, se colocó una arandela y un tornillo en la parte inferior del disco. El método empleado en la fabricación permite modificar la altura del gnomon.

Las pruebas se desarrollaron en el puerto deportivo de Getxo, el día 6 de febrero de 2019, con cielo despejado. Las plantillas que se utilizaron en las pruebas tenían curvas gnómicas grabadas para los días 31/01/2019, 04/02/2019 y 07/02/2019.

Primeramente, y para facilitar la lectura evitando movimientos, se creó una superficie nivelada en la bitácora del barco (velero de 10m de eslora. Modelo: Oceanis 311. Astillero: Beneteau. Nombre: *Narval II*). Se usó un nivel para dicho propósito. La electrónica está protegida por una tapa de metacrilato, que resultó ser una superficie perfecta para el experimento. Usando dos corchos de botella se fijó su posición y se ajustó con un nivel. Una vez nivelada la superficie, se aseguró usando cinta americana.

Con la superficie nivelada se colocó el compás solar fuera del recipiente y se instaló, primero, la plantilla diseñada para el día 04 de febrero de 2019. Después de una comprobación de la altura del gnomon, se giró el disco hasta que la sombra tangenteó la curva gnómica. Los resultados fueron de una precisión extrema. El compas estaba perfectamente orientado, y su rosa de los vientos marcaba rumbos verdaderos, tal y como puede verse en la siguiente imagen, donde se han dibujado dos líneas comparando el norte del compás magnético de la bitácora y el señalado por el prototipo (v. Figura 5.8).

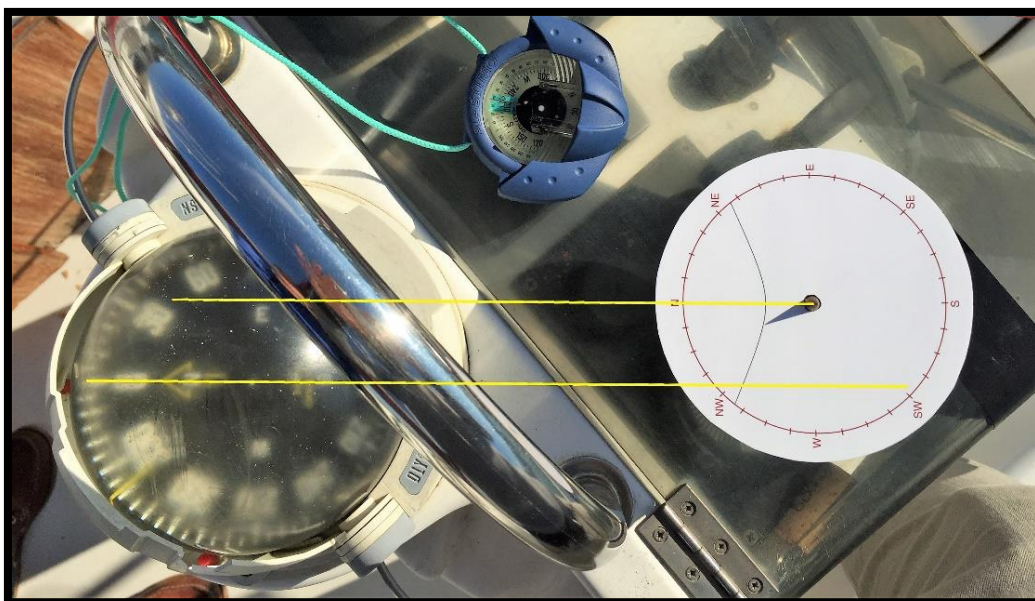


Figura 5.11: Durante la sesión de pruebas, compás perfectamente orientado. Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que la superficie de trabajo estaba nivelada la escora del barco, aunque pequeña, hacía errar al compás. En la Figura 5.9, se puede apreciar que una mínima inclinación hace fallar al instrumento (de ahí la importancia del recipiente). Es fácil entender que el barco tenía una ligera escora hacia babor, por lo que, si se adrizase, la sombra quedaría corta y no tangente a la curva gnómica. Se debería orientar nuevamente la rosa, girando el disco hacia el oeste y entonces tendríamos dos rumbos perfectamente paralelos (Figura 5.10).

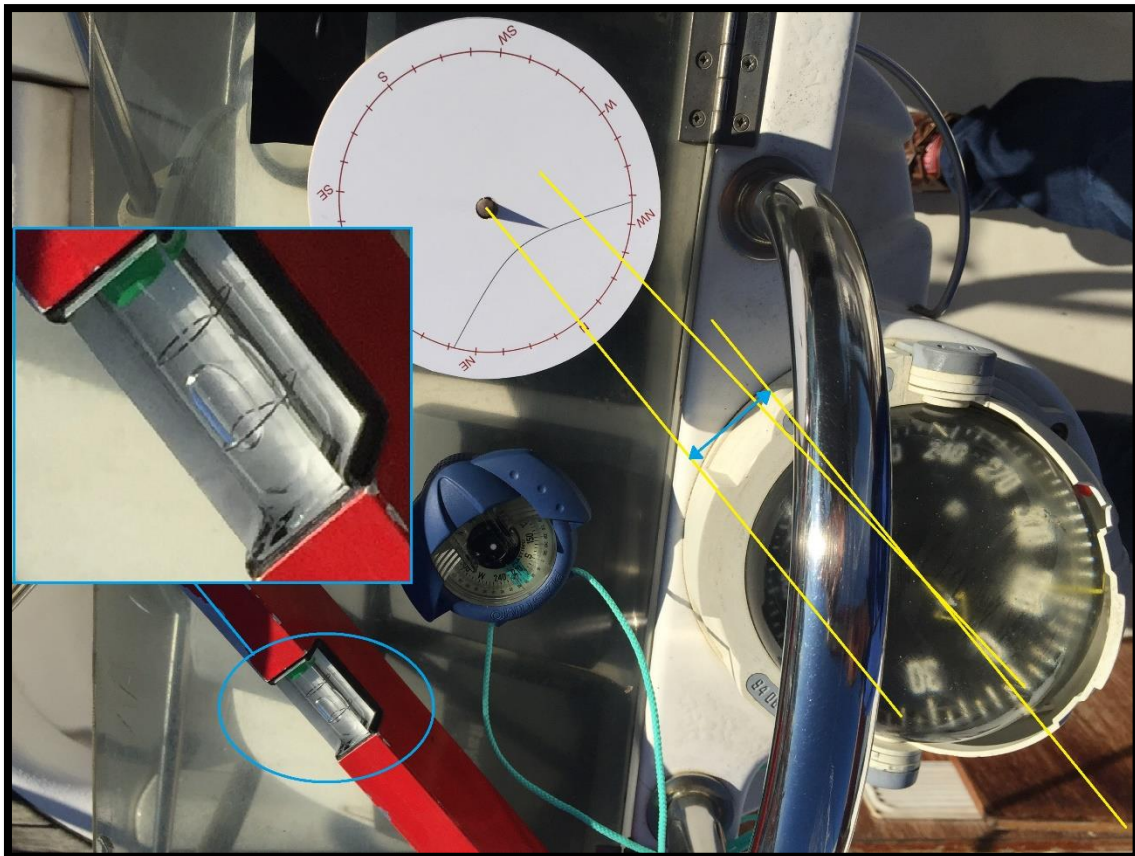


Figura 5.12: Foto explicativa donde se comprueba que debido a la escora el compás no está bien orientado. Fuente: Elaboración propia.

Una vez establecido que, claramente, el compás funcionaba a la perfección con la plantilla correspondiente al 04/02/2019, se utilizaron las otras dos con los resultados esperados. La plantilla 31/01/2019 daba lugar a un fallo claro en la orientación (v. Figura 5.10), mientras que la plantilla 07/02/2019 marcaba perfectamente los rumbos al igual que lo hiciera la plantilla 04/02/2019. Luego, se dedujo que para esta época del año y latitud una plantilla podía ser usada durante, al menos, 3 días. Aunque el programa, anteriormente mencionado, promete que las plantillas pueden ser precisas hasta 6 días después de haber grabado la línea gnómica del día completo.

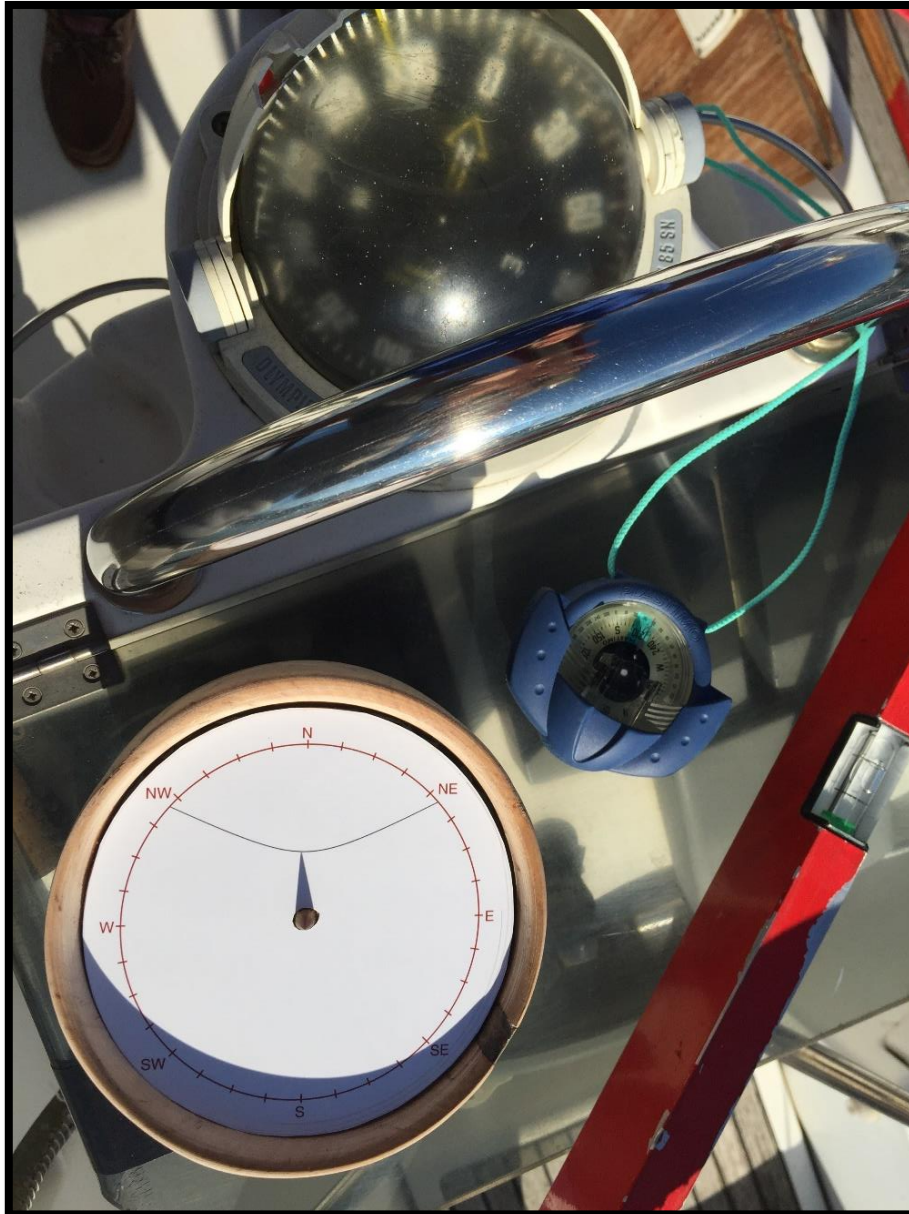


Figura 5.13: Durante la sesión de pruebas, plantilla 31/01/2019. Claramente mal orientada. En este momento, se está utilizando el recipiente para asegurar la horizontalidad del compás. Fuente: Elaboración propia.

La última comprobación se realizó al mediodía verdadero, para verificar que, según la teoría, la sombra debía señalar al norte (v. Figura 5.11).

Al mismo tiempo, y mientras se realizaban las pruebas, se utilizó el recipiente para mantener el disco horizontal. Para el contrapeso se usaron tres tornillos; primero sin ninguno, después con uno, dos y finalmente con tres. Su mejor comportamiento se dio con tres tornillos. Con estos tres tornillos actuando de contrapeso, el disco actuaba como un péndulo y ayudaba a mantener la horizontalidad.

En cuanto al uso de las plantillas, surgió un problema. En las primeras ocasiones en las que se usó el recipiente todo salió bien, hasta que,

durante su manipulación, se coló agua entre en disco y la plantilla (v. Figura 5.12). Aunque era una fina capa de agua, las lecturas no eran tan exactas como anteriormente. La solución para este problema sería, pegar las plantillas al disco para evitar que el agua se cuele. El pegamento también generaría una alteración en la lectura, ya que la plantilla estaría más alta, pero gracias al diseño del gnomon, se podría modificar la altura para ajustarlo.

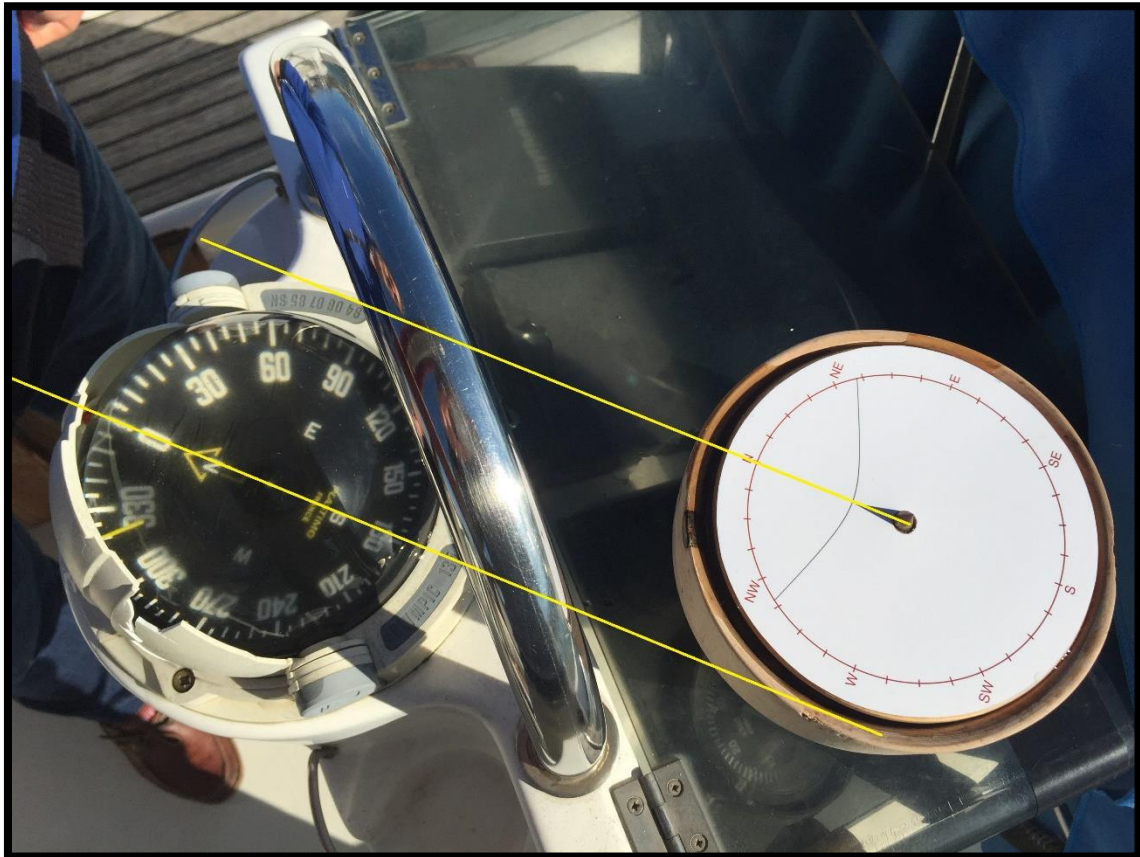


Figura 5.14: Sombra señalando al norte al mediodía verdadero. Fuente: Elaboración propia.

La sombra puede hacerse coincidir con la curva gnómica, pero al hacer esto, el compás no señalaba los rumbos verdaderos. La plantilla que dio fallos estaba diseñada para el día 31 de enero de 2019.

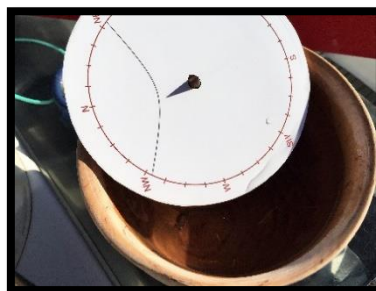


Figura 5.15: Agua entre disco y plantilla. Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Capítulo dedicado a las conclusiones derivadas de las pruebas y trabajo

Capítulo nº6

6. CONCLUSIONES

La navegación vikinga comienza a desarrollarse en el siglo VII, con la aparición de los primeros *drakar*. Barcos que en un principio tenían como medio de propulsión los remos y, posteriormente, la vela cuadrada. Con estos barcos comienzan las primeras rutas de navegación en Escandinavia. Debido a la orografía de la península sus técnicas de navegación eran básicas, orientándose mediante los accidentes geográficos (cordilleras, islas cercanas a la costa, fiordos...), continuando la costa, sin alejarse demasiado. Y, por supuesto, la navegación fluvial es uno de los factores por los que comienza a existir una tendencia hacia el comercio entre diferentes comunidades.

A lo largo de los años, las técnicas de construcción y de navegación se desarrollan hasta que, a principios del siglo IX, la navegación oceánica se convierte en una realidad. Para conseguir una navegación segura atravesando mares y alejándose de las referencias y la seguridad de la costa, los vikingos inventan el primer compás solar que se conoce. En sus latitudes y sobre todo en verano (periodo que consideraban más propicio para zarpar), la navegación mediante las estrellas es complicada, debido a que las noches son demasiado claras para hacer observaciones de astros. A pesar de ello, sí que utilizaban constelaciones conocidas para guiarse. Pero su herramienta fundamental, y sin la cual habría sido imposible realizar los viajes que hicieron, era el compás solar. De una manera muy ingeniosa y usando dicho compás para orientarse, realizaban una navegación por círculos menores, esto es, navegando por un paralelo de latitud. Esto era debido a que el propio compás, al calibrarlo, solo proporcionaba rumbos fiables a una misma latitud y en una misma época del año. Gracias al sol y a su ingenio, los vikingos viajaron a través del mundo. Sus técnicas han sido puestas a prueba en varias ocasiones a lo largo de la historia. Las pruebas demuestran que las técnicas empleadas por los vikingos eran fiables y precisas.

6.1 COMPÁS SOLAR

El compás solar es un instrumento de navegación sencillo de fabricar y que no requiere grandes conocimientos teóricos para su empleo ni para su calibración. El único inconveniente sería el realizar las curvas gnómicas a mano. Durante la investigación, gracias al museo del barco vikingo de Roskilde (Dinamarca), encontramos un programa informático que genera curvas gnómicas tal y como se explica en el trabajo. Esto es una clara ventaja a la hora de realizar pruebas y comprobaciones, además de evitar un madrugón y muchas horas de espera y paciencia. Una ventaja que no dudé en aprovechar, e introducir algo del siglo XXI en un objeto que se usó hace siglos, me pareció algo más que interesante.

Queda demostrado mediante las pruebas y la investigación realizada que es una herramienta precisa y muy fácil de usar. Si se realizan las curvas

gnómicas con precisión, el compás no tiene margen de error. Según la experiencia recogida de las sesiones de prueba, incluso aun no teniendo bien orientado el compás, el error es mínimo y entendemos que el instrumento se usó tal y como se describe en el trabajo. En definitiva, su simplicidad es uno de los argumentos de peso para pensar que los navegantes vikingos utilizaron esta herramienta para conocer los rumbos, a una misma latitud y época del año, realizando lo que se conoce como navegación por círculos menores. Sus rumbos de navegación principales, y quitando aquellos orientados por islas que determinaban el cambio de rumbo, eran Oeste u Este.

También queda demostrado que, a pesar de perder precisión al cabo de unos días, es posible seguir usando el instrumento y navegar hacia un rumbo, de manera más o menos precisa, durante un periodo de tiempo más extenso. Ya que el desvío que tengamos a lo largo de la mañana lo tendremos a la contra durante la tarde.

6.2 RECIPIENTE

El recipiente, que es un añadido personal, es muy eficiente a la hora de mantener la horizontalidad del disco. De todas formas, con grandes escoras no es efectivo debido a su diseño. A partir de los 20° de inclinación el recipiente comienza a perder líquido y el contrapeso choca con las paredes del mismo. Aun así, y habiendo modificado el diseño inicial debido a estos problemas, el procedimiento no puede realizarse de manera muy diferente. Si usásemos un recipiente más profundo y el nivel del agua estuviese más bajo respecto al borde, la sombra generada por el propio recipiente taparía el disco.

Un aspecto que puede tener relevancia, en cuanto al uso del recipiente, es el de cambiar el fluido con el que se llena. En las pruebas se ha empleado agua, pero es posible que el aceite dé mejores resultados debido a su viscosidad. Con un fluido más viscoso las vibraciones y movimientos del mismo son menos violentos y se atenúa mucho el movimiento. A pesar de ello, el agua cumple perfectamente la función.

6.3 PLANTILLAS

Otro problema que surge al utilizar varias plantillas combinadas con el recipiente, y que quedó constatado en las pruebas que alteraba las lecturas, es la introducción de agua entre el disco y la plantilla. ¿Por qué el compás perdía la precisión? El agua genera una capa entre el disco y la plantilla, con lo que la altura del gnomon respecto a la plantilla cambia. Ajustar la altura del gnomon para corregir la altura no es una opción, ya que la capa de agua además de ser irregular, no es constante (si se saca el disco y se vuelve a introducir o si se cambia de plantilla). Lógicamente, los vikingos no usaban plantillas, sino que marcaban en el propio disco de madera las líneas gnómicas. Es un problema que tiene fácil solución,

usando pegamento y, después, ajustando la altura del gnomon. Podría, también, usarse algún tipo de silicona que no sea permanente, por ejemplo. Otra opción que puede ser viable es la de practicar un vaciado en el disco, empuqueñecer las plantillas e introducirlas en el disco, de esta forma escapamos de la opción del pegamento y creamos un pequeño muro que evita que la plantilla se moje.

6.4 PIEDRA SOLAR

En relación a la piedra solar, a pesar de que hemos demostrado que este mineral (espato de Islandia) pudo ser utilizado para encontrar el sol, no está claro cómo lo utilizaban los navegantes vikingos, en combinación con el compás solar. En efecto, si bien el espato de Islandia permite saber dónde está el sol cuando el cielo está cubierto, no podría utilizarse el compás porque el sol no generaría sombra suficiente. Se ha sugerido que se colocaba una antorcha para representar el sol y que con la sombra del fuego el compás funcionaba. Es una teoría algo absurda, ya que la llama no es contante y, por tanto, la sombra cambia de forma e intensidad. Otra cosa sería que lo usasen a mediodía verdadero, en ese caso parece más probable, ya que como hemos descrito y explicado en el trabajo, el sol a su paso por el meridiano de lugar se coloca en la línea norte-sur y en el caso de los vikingos lo tendrían al sur. Por lo tanto, a pesar de que la sombra no fuese precisa, al menos les podría dar una idea de a dónde estaban apuntando. Desde luego, sin ninguna precisión.

BIBLIOGRAFÍA

Capítulo dedicado a las fuentes bibliográficas

Capítulo n°7

Bibliografía

Albaola (s.f.). Disponible en: <http://www.albaola.com/es>. Consultado el 03/01/2019.

Anónimo (2013 a). ¿Hallada la legendaria 'piedra solar' de los vikingos? ABC. 06/03/2013. Disponible en: <https://www.abc.es/ciencia/20130306/abci-hallan-legendaria-piedra-solar-201303061325.html>. Consultado el 10/11/2018.

Anónimo (2013 b). 'Viking sunstone' found in shipwreck. BBC. 06/03/2013. Disponible en: <https://www.bbc.com/news/world-europe-21693140>. Consultado el 20/01/2019.

Anónimo (2015). Types of Viking Ships. Disponible en: <https://www.danishnet.com/vikings/types-viking-ships/>. Consultado el 09/10/2018

Anónimo (2017 a). El caballo de Guerra de los Vikingos; El Barco. Disponible en: <https://historiaconimagenesblog.wordpress.com/2017/08/04/el-caballo-de-guerra-de-los-vikingos-el-barco/>. Consultado el 09/12/2018

Anónimo (2017 b). Divers to explore Alderney's Elizabethan wreck. BBC. 18/08/ 2017. Disponible en: <https://www.bbc.com/news/uk-england-devon-40925533>. Consultado el 19/01/2019.

Antonsusi (2013). Bayeux tapestry. Disponible en: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Teppich_von_Bayeux.jpg. Consultado el 11/01/2019.

Archaeology Newsroom. (2014). Disponible en: <https://www.archaeology.wiki/blog/2014/03/27/a-viking-twilight-compass/>. Consultado el 06/11/2018.

Astrotalleres (s.f.). Disponible en: <https://astrotalleres.wordpress.com/2014/04/09/la-brujula-solar-vikinga/>. Consultado el 06/12/2018.

Atkinson, I. (1990). *Los barcos vikingos*, Madrid: Akal. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=n3FlakarKnYC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>. Consultado el 05/01/2019

Bernández, E. (s.f.). *Las sagas nórdicas*. Disponible en: https://www.uv.es/capelo/Las_sagas.html. Consultado el 01/11/2018

Bernáth, B. et al. (2013 a). An alternative interpretation of the Viking sundial artefact: an instrument to determine latitude and local noon. *Proceedings of the Royal Society A* 469: 20130021. Disponible en: <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rspa.2013.0021>. Consultado el 06/12/2018.

Bernáth, B. et al. (2013 b). Orientation with a Viking sun-compass, a shadow-stick, and two calcite sunstones under various weather conditions. *Applied Optics*. Disponible en: http://real.mtak.hu/9248/1/BernathB_et al_KiskaGy_AO_kezirat.pdf. Consultado el 06/12/2018.

Bernáth, B. et al. (2014). How could the Viking Sun compass be used with sunstones before and after sunset? Twilight board as a new interpretation of the Uunartoq artefact fragment. *Proceedings of the Royal Society*, 18. Disponible en: <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rspa.2013.0787>. Consultado el 01/11/2018

Blanco González, F. J. (2006) *Equinoccio vernal*. Disponible en: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equinoccio_vernal.png. Consultado el 18/01/2019.

Boyer, R. (2000). *La Vida Cotidiana De Los Vikingos (800-1050)*. París: Medievalia.

Bruun, P. (1997). The Viking Ship. *Journal of Coastal Research*. 13(4),1282-1289.

Christensen, A. E. (2001). *Los Vikingos*. Aurora Boreal. Disponible en: <https://www.uv.es/capelo/vikingos.html>. Consultado el 18/01/2019.

Díaz, V. (2007) Disponible en: http://www.elcielodelmes.com/Curso_iniciacion/curso_1.php. Consultado el 03/02/2019.

Erkoreka, A. (2004). *Los vikingos en Vasconia*. Disponible en: <https://www.ehu.eus/documents/1970815/2421082/2004+Erkoreka%2C%20A.+Los+vikingos+en+Vasconia/9d9df5b6-1d04-4b78-9def-f21ec18d99ca>.

Fernández Perals, A. (2015). *La recepción del mundo vikingo: una aproximación sociocultural*. Almería: Universidad de Almería. Disponible en: <http://repositorio.ual.es/handle/10835/3506>. Consultado el 03/02/2019.

Fernández Porredón, F. (2007). *Calculo línea Norte-Sur a partir de observaciones solares*. Islas Canarias: Instituto Astrofisica Canarias. Disponible en: <http://www.iac.es/adjuntos/www/actividad-norte-sur.pdf>. Consultado el 01/02/2019

Gandul Rubianes, M. Á. (2011). *Vikingos, Normandos y Varegos*. Disponible en: <http://historiaantiquae.blogspot.com/2011/07/vikingos-normandos-y-varegos.html>. Consultado el 16/10/2018

Gareth Williams, P. P. (2014). *Vikings Life and Legends*. Londres: The British Museum.

Goldvin, J.C. (2018). *Los vikingos.* Disponible en: <http://jeanclaudegolvin.com/en/project/france/vikings-village-de-vorbasse-jc-golvin-2/>. Consultado el 15/11/2018.

Gro Steinsland, J. V. (Ed.). (2011). *Ideology and Power in the Viking and Middle Age* (Vol. 29). Leiden, Boston: Brill.

Gustin, I. (s.f.). *Trade and trust in the Baltic sea area during the viking age.* Disponible en: https://www.academia.edu/35273278/TRADE_AND_TRUST_IN_THE_BALTIC_SEA_AREA_DURING_THE_VIKING_AGE. Consultado el 12/2018.

Hazhk, (2011). *Map of Scandinavia.* Disponible en: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Map_of_Scandinavia.png. Consultado el 15/10/2018.

Ibáñez, I. (2016). *Navegación Astronómica, Compendio y Cálculos.* Bilbao: Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea.

Jaramillo, J. (2012). *Sistema de tingladillo.* Disponible en: <http://historia-maritima.blogspot.com/2012/02/la-perfeccion-del-sistema-en.html>. Consultado el 20/01/2019.

Konstam, A. (2002). *Historical Atlas of the Viking World.* Nueva York: Mercury Books.

López, J. (2009) *Tingladillo.* Disponible en: <http://bertan.gipuzkoakultura.net/23/caste/11.php>. Consultado el 06/01/2019.

MacAmhlaish, B. (2015) *Viking Age trade routes in north-west Europe.* Disponible en: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Viking_Age_trade_routes_in_north-west_Europe.png. Consultado el 21/10/2018.

Malatrasi, J. B. (s.f.). *Partes de un drakkar vikingo.* Disponible en: <https://filanaval.blogspot.com/2015/11/partes-de-un-drakkar-vikingo.html>. Consultado el 17/11/2018.

McLeod, S. (2014). *The Beginning of Scandinavian Settlement in England.* Turnhout, Bélgica: Brepols.

Morales, C. (2001) *Sombras y latitudes.* Disponible en: <https://cesarmoralesescritor.com/2016/09/27/sombras-y-latitudes/>. Consultado el 04/02/2019.

Museo del Barco vikingo de Roskilde (Dinamarca). Disponible en <https://www.vikingskibsmuseet.dk/en/professions/boatyard/building-projects/the-gokstad-boat/>. Consultado el 20/01/2019.

National Geographic. (s.f.). Viking Sun Stone - Documental. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=JLCw4MNRBzY>. Consultado el 27/10/2018

National Geographic (2015) La edad de oro de los vikingos (16/03/2015). Disponible en: https://www.nationalgeographic.com.es/historia/grandes-reportajes/la-edad-de-oro-de-los-vikingos_8863/1. Consultado el 26/11/2018.

Naylor, M. (2007). *Viking Expansion*. Disponible en: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Viking_Expansion.svg. Consultado el 20/10/2018.

Poppick, L. (2014) Vikings sun compass after sunset. Disponible en: <https://www.livescience.com/44366-vikings-sun-compass-after-sunset.html>. Consultado el 18/12/2018.

Reymond, P. A. (2002). *Curvas Gnómicas*. Disponible en <http://www.navigare-nesesse-est.ch/files/1431345824-09-brujula-vikinga-e-245.pdf>. Consultado el 06/01/2019.

Ropars, G. (2012). A depolarizer as a possible precise sunstone for Viking navigation by polarized skylight. *Proceedings of the Royal Society A*, 468, 671–684. doi: 10.1098/rspa.2011.0369.

Ropars, G. (2014). The sunstone and polarised skylight: ancient Viking navigation tools? *Contemporary Physics*, 55(4). DOI: 10.1080/00107514.2014.929797

Sahw, D. W. (2016). Secrets of the Viking Ships. American-scandinavian Foundation. Disponible en: http://www.amscan.org/app/uploads/2016/11/SR_Autumn16_Viking_Ships_article.pdf.

Schmitt, H. U. (2016). The swords in rock in Stavanger, Norway. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Sverd_i_fjell#/media/File:Schwerter_im_Felsen_02.jpg. Consultado el 04/10/2018.

Short, W. R. (2019). Viking Age History. Disponible en: <http://www.hurstwic.org/history/text/history.htm#Manufacturing>. Consultado el 16/01/2019

Taylor E. G. (Print publication January 1954, Published online 18 January 2010). A Norse Bearing-Dial? *Cambridge University Press, The Journal of Navigation*. London, England. Disponible en: https://www.cambridge.org/core/search?q=norse+bearing&_csrf=U2Elxc7C-TOHzMZWhFjewNDjofzkPJ4iyIRM.

Teague, G. (2015). Early Norse Navigation Tools. (05/09/2015) Clemson University. Disponible en:

https://tigerprints.clemson.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1045&context=lib_pres.

Consultado el 16/01/2019

Terra Incógnita. (2018) *The Sunstone: Secret of Viking Navigation*.

Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=eq9NE2qQzTo>.

Consultado el 05/02/2019.

Thirslund, S. (1997). *Sailing Directions of the North Atlantic Viking Age (from about the year 860 to 1400)*. *Journal of Navigation*, 50 (1), 55-64.

Thirslund, S. (2007). *Viking Navigation*. Roskilde: Viking Ship Museum.

Ulriksen, J. (s.f.). *Viking-Age sailing routes of the western Baltic Sea*.

Disponible en: https://www.academia.edu/737843/Viking-Age_sailing_routes_of_the_Western_Baltic_Sea_-_a_matter_of_safety.

Consultado el 01/2019

Wood, R. (2011) *Building the most iconic viking ship*. Disponible en:

<http://traditionalcraftsblog.blogspot.com/2011/11/building-worlds-most-iconic-viking-ship.html>. Consultado el 21/01/2019.