

## LOS INSTRUMENTOS DE REFLEXIÓN EN ALGUNOS TRATADOS DE NÁUTICA ESPAÑOLES DEL SIGLO XIX

**Itsaso Ibáñez**

Departamento de Ciencias y Técnicas de la Navegación, Máquinas y Construcciones Navales. Universidad del País Vasco

Palabras clave: instrumentos de navegación, sextante, siglo XIX.

Reflecting instruments in some Spanish navigation treatises of the nineteenth century

Summary: *In this paper, the treatment given to reflecting instruments in seven nineteenth-century Spanish navigation textbooks, is analysed.*

Key words: *navigational instruments, sextant, nineteenth century.*

### 1. Introducción

La aplicación del método de las distancias lunares para la determinación de la longitud y, por tanto, de la posición geográfica de la nave<sup>1</sup>, fue propiciada por la concurrencia de diversos factores<sup>2</sup>, entre los que se incluye la invención de los instrumentos de reflexión. Basados en los principios ópticos de la reflexión de la luz en los espejos planos, estos instrumentos proporcionaron la precisión necesaria para la medida de la altura de los cuerpos celestes sobre el horizonte, así como de la distancia angular entre astros.

Con los nuevos instrumentos, se conseguía reunir horizonte y astro en una misma visual, observando uno directamente y el otro reflejado en un espejo, lo que supuso un notable progreso respecto de sus predecesores. Como indica M. Sellés, el sector de reflexión suponía un avance notable sobre el cuadrante de Davis «*no sólo en rapidez y comodidad de manejo, sino*

<sup>1</sup> En el siglo XVIII, sólo restaba resolver el problema del cálculo de la longitud en la mar. La latitud se obtenía por medios astronómicos, con suficiente precisión, desde hacía varios siglos.

<sup>2</sup> El método de las distancias lunares, basado en las tablas elaboradas por Tobías Mayer (1723-1762), constituía el primer procedimiento astronómico que proporcionaba una longitud precisa en la mar. Pudieron los marinos utilizar el método al ser publicadas estas tablas en el Nautical Almanac de 1767. Para obtener una longitud fiable, el método requería, además de la obtención de la altura de los astros sobre el horizonte, la observación de la distancia angular a que se encontraba la Luna de ciertas estrellas, con una precisión dentro del minuto de arco (Chapman (1995), 130).

*también en precisión, al abandonar en él el tradicional sistema de pinulas»* (Sellés, 1994: 120).

La mayor precisión conseguida con los instrumentos de reflexión llevó a un rápido abandono de los anteriores. Así lo demuestra, por ejemplo, que José Mendoza (1763-1816) en su *Tratado de Navegación* de 1787 describiera únicamente los de reflexión, por aceptar «*que por ningún motivo deben emplearse otros para las observaciones de la Astronomía Náutica*» (Mendoza, 1787: II, 189).

Al parecer, se debe a Robert Hooke (1635-1703) la construcción, en 1666, del primer instrumento de reflexión para medir ángulos (García Franco, 1947: I, 249). Isaac Newton (1642-1727) también construyó un sector de reflexión, posiblemente en 1677 (Williams, 1994: 97), que presentó a la *Royal Society* londinense en 1699 (García Franco, 1947: 250). Sin embargo, estos instrumentos fueron olvidados, sin que se les encontrara ninguna aplicación práctica. Quizá por ello, la invención de los instrumentos de reflexión fue inicialmente atribuida a John Hadley (1682-1744) quien, siendo vicepresidente de la *Royal Society* londinense, presentó, en sesiones celebradas en la misma los días 6 y 13 de agosto de 1731, dos modelos de instrumentos de reflexión. Se trataba de dos variantes de «octante», denominación derivada de la forma de la base del instrumento: un sector de un octavo de círculo, sobre el que iban instalados los demás elementos.

Además de los precedentes de Hooke y Newton, la primacía de Hadley se puso en duda por aparecer, casi simultáneamente, inventos similares, desarrollados independientemente, en distintos lugares<sup>3</sup>. Entre ellos destaca el de Thomas Godfrey (1704-1749), un vidriero de Filadelfia, quien, en noviembre de 1732, presentó a la *Royal Society* otro instrumento de reflexión, que había sido construido hacia 1730 y probado en la mar.

Sin embargo, el segundo modelo de Hadley, resultó ser el preferido por los marinos, ya que la colocación de espejos y antejo facilitaba su manejo, además de resultar más sencilla la operación de hacer coincidir las imágenes —directa del horizonte y doblemente reflejada del astro—.

No obstante, la falta inicial de precisión en la división de limbos circulares de tamaño relativamente pequeño, como los de los instrumentos de navegación, unida a la exactitud requerida por el método de las distancias lunares, propiciaron que surgiera, a mediados del siglo XVIII, el círculo de reflexión, cuyo diseño se debe a Tobías Mayer (1713-1762). Utilizando el círculo, que empleaba el mismo principio óptico que el cuadrante de Hadley, se disponía de dos lecturas para cada observación. Promediando ambas, se conseguía mayor exactitud en el ángulo medido, pues se reducían o anulaban los errores provenientes de la imperfecta división del limbo de los octantes náuticos. Por ello, en principio, parecía ser el círculo el más idóneo para las obtención de las distancias lunares.

A pesar de que el círculo de reflexión fue perfeccionado, finalmente, el instrumento de Hadley, adecuadamente modificado<sup>4</sup>, demostró ser superior, constituyendo el embrión del actual sextante marino.

<sup>3</sup> Además del modelo de Godfrey, que se cita a continuación, pueden incluirse en este grupo: el de J. P. Grandjean de Fouchy (1707-1788), Secretario de la Academia de Ciencias de París, quien, en 1732, inventó un instrumento similar al de Hooke, que posteriormente perfeccionó; así como el que Caleb Smith diseñó hacia 1734. Una completa descripción de todos ellos puede encontrarse en: Cotter (1983) 122-130.

<sup>4</sup> Entre los cambios o perfeccionamientos producidos, sobresalen: 1) la extensión del sector de 45 a 60 ,

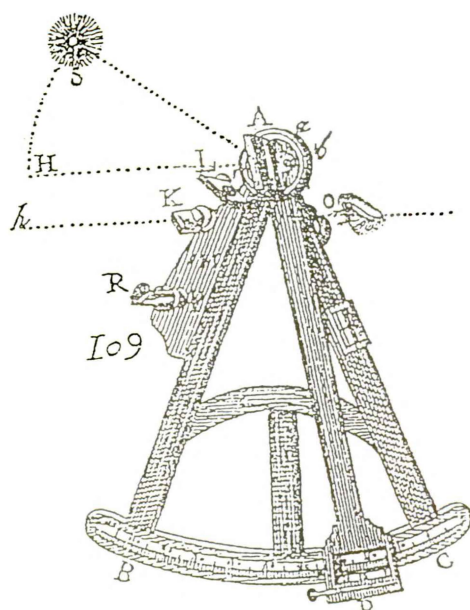


Figura 1. Octante (Macarte, 1801: lám. 11)

En la comunicación que se presenta, se analizará el tratamiento que los instrumentos de reflexión tuvieron en algunos tratados de náutica españoles, publicados a lo largo del siglo XIX.

## 2. Análisis de los textos

Para la realización de este trabajo, hemos seleccionado siete obras que tienen como factor común el haber sido bien utilizadas como libros de texto en las Escuelas de Náutica o bien escritas por profesores de las mismas. Obras que se relacionan, por orden cronológico, al final de este trabajo.

Debido a la brevedad exigida, hemos elaborado una tabla resumen en la que se expone la forma en la que los textos analizados cubren los temas más relevantes abarcados en el estudio de los instrumentos de reflexión.

Apoyándonos en esta tabla, del análisis efectuado, daremos noticia tan solo de algunos aspectos de especial interés.

que convirtió el «octante» en «sextante», producida en 1757 y debida al capitán británico J. Campbell (1720-1790) (Stimson, 1985: 95); y 2) la exactitud en la graduación de los limbos circulares de estos instrumentos, conseguida a partir de 1767, fecha en que J. Ramsden (1735-1800) completó la primera máquina divisoria (Chapman (1995), 129-133), permitiendo así la generalización de los instrumentos que podían ser construidos de forma rápida y a precio asequible.

*Macarte (1801)*

En cuanto a las *Lecciones de Navegación* (1801) de Macarte, debemos comenzar mencionando que se trata de una obra adaptada al Plan Winthuysen, el primer intento de regulación de las enseñanzas náuticas, que había sido aprobado en 1790 sin que existiera un texto ajustado al nuevo programa establecido. Sin embargo, la obra de Macarte, calificada por H. Capel (1982: 209) como «*de transición*», no obtuvo el reconocimiento de la Armada, por lo que, finalmente, se encargó a Gabriel Ciscar (1760-1829) la elaboración de un tratado que sirviera de libro de texto en todos los centros de enseñanza. No obstante, la obra de Macarte fue reimpressa en Palma de Mallorca en 1813.

Comienza Macarte con la forma en que se construye y usa el Cuadrante de Davis –algo que Mendoza había evitado ya, hacía 14 años–, para continuar tratando el octante de reflexión. Todas las explicaciones se refieren únicamente a éste, a pesar de que menciona la existencia de sextantes y círculos (véase la figura 1).

Aunque organizado en apartados y tratando casi todos los temas, la información aparece dispersa y no siempre explicada con claridad, además de resultar insuficientes las ilustraciones que emplea.

| INSTRUMENTOS<br>REFLEXIÓN       | MACARTE<br>(1801) | CISCAR<br>(1803) | CANELL.<br>(1817) | FONTE.<br>(1864) | TERRY<br>(1873)    | FONTE<br>(1875)   | ESTRADA<br>(1885) |
|---------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Páginar (P)                     | 15                | 24               | 10                | 6                | 6                  | 45                | 38                |
| Ratio (S):                      |                   |                  |                   |                  |                    |                   |                   |
| 100 P/Pág. totales              | 2,65              | 7,67             | 1,41              | 5,83             | 2,20               | 6,69              | 4,95              |
| Descripción                     | Octante           | Octant<br>Sextan | No                | No               | Octante<br>Sextant | Octante<br>Sextan | Octante<br>Sextan |
| Principio/Teoría                | Si                | Si               | No                | No               | No                 | Si                | Si                |
| Examen                          | No                | Si               | No                | No               | No                 | Si                | Si                |
| Verificación y<br>rectificación | Si                | Si               | No                | No               | Si                 | Si                | Si                |
| Lectura                         | No                | No               | No                | No               | No                 | Si                | Si                |
| Modo de observar                | Si                | Si               | No                | No               | Si                 | Si                | Si                |
| Error de índice                 | Si                | Si               | No                | No               | Si                 | Si                | Si                |
| Horiz. artificial               | Si                | No               | Si                | Si               | No                 | Si                | Si                |

Tabla 1. Instrumentos de reflexión: cobertura temática de los textos analizados<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> CÁLCULO DEL RATIO: para uniformar criterios, dado que en algunos casos se recoge en un solo volumen la cosmografía y el pilotaje y en otros no, en el cómputo del total de páginas se han considerado los dos volúmenes de las obras de Canellas (1816-17) y de Fernández Fontecha (1875). En el caso de la obra de Ciscar (1803) se han sumado las páginas del Tomo III que contiene la Cosmografía y del Tomo IV que contiene el Pilotaje.

*Ciscar (1803)*

Ciscar escribió de encargo, publicando en 1803, en 4 volúmenes, su *Curso de estudios elementales de marina*. Esta obra, que, como afirma Fernández de Navarrete (1846: 419-420), reúne todos los adelantos del pilotaje «*tratando la materia con elegancia, maestría y claridad*», tuvo gran difusión a lo largo del siglo XIX. Prueba de ello es que fue declarada obra de texto en las listas oficiales hasta 1867, última publicada antes de que se decretara la libertad de enseñanza en 1868. Otra prueba es el gran número de ediciones que se hicieron: del pilotaje, en concreto conocemos 13 ediciones.

Con lenguaje sencillo y claridad en la exposición trata Ciscar los instrumentos de reflexión, incluyendo un número adecuado de figuras y notas aclaratorias. El texto, dividido en párrafos, combina letra mayor y menuda, resultando, en general, imprescindible lo que hay de letra mayor. Asimismo, incluye al final del Pilotaje una *adición*, aconsejando la forma en que los maestros de náutica deben utilizar su texto. En cuanto al contenido, llama la atención la ausencia de referencia alguna al horizonte artificial.

*Canellas (1817)*

Fray Agustín Canellas (1765-1818) fue, durante años, director de la Escuela de Náutica de Barcelona, publicando en 1816 la primera parte de unos *Elementos de astronomía*

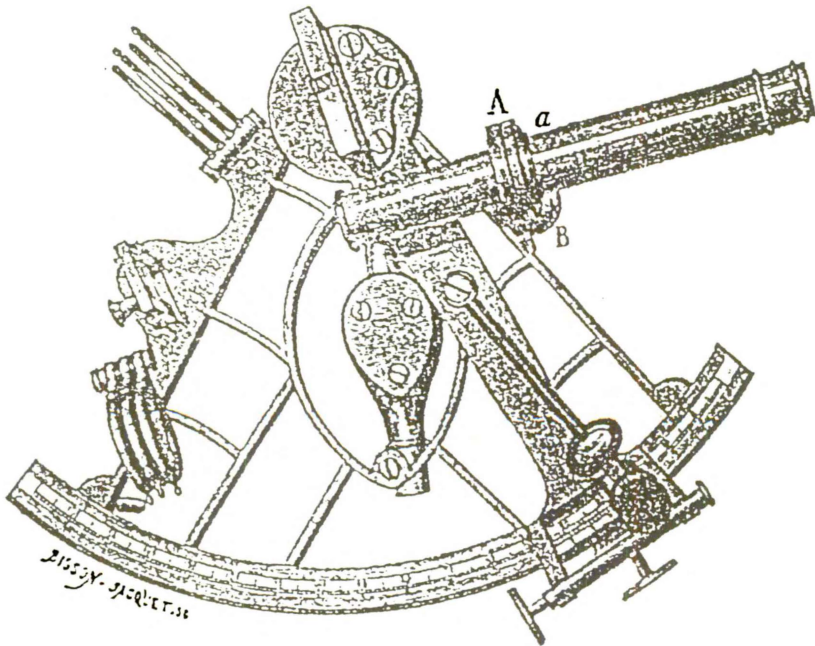


Figura 2. Sextante (Fernández Fontecha, 1875: 180)

náutica, que completó, en 1817, con un segundo volumen. En la dedicatoria de la obra, queda clara la intención didáctica de Canellas: «*facilitar la instrucción científica a los que se dedican a la carrera de pilotage ... Con la inteligencia de estos Elementos ..., y la del excelente Tratado de Pilotage del sabio Don Gabriel Ciscar, que se enseña en nuestra escuela, podrán los pilotos desempeñar su deber en la mar*» (Canellas, 1816-17: I, dedicatoria). Esta intención de complementar el Tratado de Ciscar queda clara en el tema que nos ocupa, pues solo hace referencia a las observaciones con horizonte artificial. (Figura 2)

Desconocemos si esta obra, de la que existe una 2ª edición (Palau, Ponce de León, 1943:28) llegó a ser utilizada como texto, aunque sí parece que sirvió como obra de consulta en centros de enseñanza náutica.

### *Fontecha (1864)*

Transcurrió largo tiempo antes de que el *Curso de estudios elementales de marina* de Ciscar fuera superado. Su tratado de pilotaje fue adicionado en 1864 por Francisco Fernández Fontecha, profesor desde 1862 en la Escuela de Náutica de Cádiz. Reconociendo la maestría de Ciscar, la intención de Fontecha era completar su *Pilotaje*, incluyendo los nuevos adelantos, para evitar que sus alumnos perdieran tiempo o cometieran equivocaciones al tomar apuntes en clase. Esta adición, que sobre los instrumentos de reflexión solo añade la teoría y la práctica de las observaciones con horizonte artificial, fue declarada de texto, junto con el pilotaje de Ciscar, desde 1864 a 1868 (Reales Ordenes de 05.11.1864 y 22.12.1867).

### *Terry (1873)*

En 1873, Antonio Terry, con el objeto de «*reunir en un volumen reducido toda la parte útil de la ciencia ó sea la aplicación práctica*» (Terry, 1873: II) publicó su *Manual del Navegante*. Se trata de una obra dirigida a profesionales, que también fue utilizada como texto en algunas Escuelas de Náutica, de la que se hicieron, al menos, tres ediciones más.

De forma concisa, en cinco páginas, con dos notas aclaratorias, pero sin profusión de figuras, Terry evita la teoría, dedicando atención, sobre todo, a los aspectos prácticos del correcto uso del sextante.

### *Fontecha (1875)*

La buena acogida dispensada a su primer trabajo, animó a Fernández Fontecha a elaborar un tratado más completo, de forma que su *Curso de astronomía náutica y navegación* vio la luz en 1875. Esta obra, de la que hubo cinco ediciones, fue utilizada como texto en las Escuelas de náutica, constituyendo el primero utilizado en sustitución de la obra de Ciscar. El autor, que tiene una elevada opinión de Ciscar, procura imitar su estilo «*claro y castizo*», objetivo que, en nuestra opinión, consigue. Trata con mucha amplitud los instrumentos de reflexión, que ilustra adecuadamente con grabados intercalados en el texto. Destaca de esta

obra la modernidad, no solo de formato, sino también de los instrumentos descritos. Notamos, sin embargo, falta de equilibrio en la amplitud con que desarrolla las materias que trata, algo que sucede también en otras partes de la obra. Sirva de ejemplo que de los dos capítulos que dedica a estos instrumentos uno entero está dedicado al horizonte artificial.

*Estrada (1885).*

Para finalizar, en 1885, Ramón Estrada publica sus *Lecciones de navegación*, siendo ese mismo año declarada obra de texto. No conocemos ediciones posteriores, que posiblemente no existan, debido a que en fecha próxima, 1901, Estrada publicó con E. Agacino un *Tratado de Navegación* en 2 tomos, que fue declarado de utilidad para la marina y recomendado a los tribunales de exámenes para capitanes y pilotos de la marina mercante.

Dedica Estrada cuatro capítulos a los instrumentos de reflexión, ilustrando el texto con grabados similares a los utilizados por Fontecha, aunque se trata de una edición menos lujosa que no cuenta con fotografías. Nos parece una obra más equilibrada que la de Fontecha: la materia tratada y la forma en que están distribuidas las lecciones, lo hacen, en nuestra opinión, más apropiado como texto a ser impartido en las Escuelas. (Figura 3)

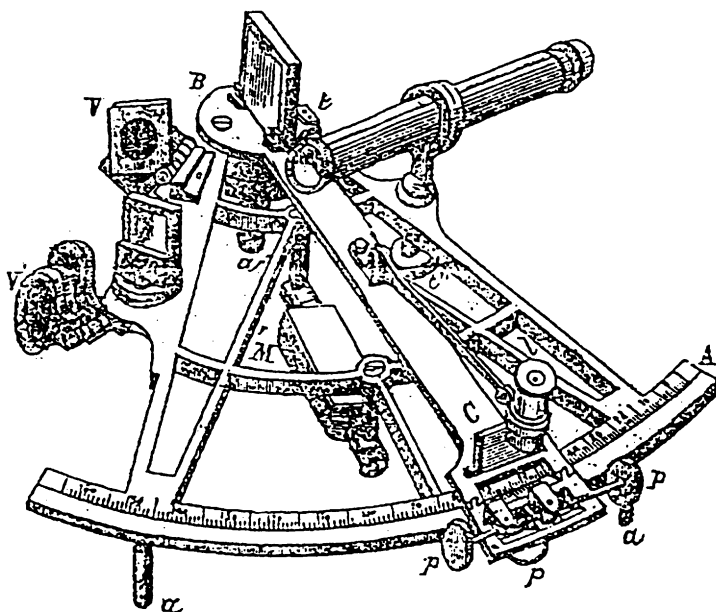


Figura 3. Sextante (Estrada, 1885: 467)

### 3. Conclusiones

El método de las distancias lunares fue el primer procedimiento astronómico en proporcionar una longitud de confianza en la mar. Puesto al alcance de los marinos por Nevil Maskelyne (1732-1811), con la publicación de Tablas de distancias lunares en el *Nautical Almanac* de 1767, el método requería, además, la obtención de la altura de los astros sobre el horizonte y la observación de la distancia angular a que se encontraba la Luna de ciertas estrellas, con una precisión dentro del minuto de arco.

Los únicos instrumentos capaces de proporcionar la requerida exactitud fueron los de reflexión, que tras ser dados a conocer por Hadley en 1731, fueron perfeccionados. El octante inicial se convirtió en sextante, sin que se alterara el instrumento en lo fundamental.

A partir de 1767, gracias a la contribución de J. Ramsden (1735-1800), estos instrumentos se construyeron de forma rápida, barata y exacta, lo que permitió la generalización de los métodos para calcular la longitud en la mar. En efecto, una vez se tuvo el cronómetro marino y se fue abandonando el método de las distancias lunares, el sextante se convirtió definitivamente en el instrumento de reflexión de los marinos.

La teoría de estos instrumentos ya había sido recogida en los tratados de náutica españoles del siglo XVIII y, como afirma C. Fernández Duro (1878: 551), fue magistralmente tratada en 1787 por Mendoza. En el siglo XIX, destaca el tratado de Ciscar, utilizado en la enseñanza del pilotaje durante setenta años.

En las obras analizadas encontramos, fundamentalmente, diferencias en la organización del contenido y en el estilo y lenguaje utilizados. En esencia, la teoría de los instrumentos permanece invariable, pero los textos, al tiempo que van modernizando su formato, van incorporando las últimas novedades o perfeccionamientos de detalle. Lo que se refleja, por ejemplo, en los instrumentos que ilustran los textos.

Podría esta observación –sobre la invariabilidad de los principios– hacerse extensiva a los textos de nuestro siglo, e incluso, en la actualidad, lo esencial de la teoría del sextante podría explicarse siguiendo uno de estos textos centenarios.

### Bibliografía

#### Fuentes primarias

MACARTE Y DÍEZ, D. (1801), *Lecciones de navegación o principios necesarios a la ciencia del piloto*, Madrid, Imprenta de Sancha.

CISCAR Y CISCAR, G. (1803), *Curso de estudios elementales de marina*, Madrid, Imprenta Real, 4 Vol..

CANELLAS, A. (1816-1817), *Elementos de Astronomía Náutica escritos para utilidad de los que se dedican al estudio de la navegación científica*, Barcelona, Imprenta de Agustín Roca, 2 Vol.

FERNÁNDEZ FONTECHA, F. (1864), *Adición al tratado elemental de pilotaje escrito de orden de SM por D. Gabriel Ciscar. Obra redactada con presencia de los mejores autores modernos, tales como Humboldt, Arago, Francoeur, Dubois, Caillet, Raper, Bowditch, Maury, Kaemtz, etc. etc.. Por D. ... catedrático de número por oposición de cosmografía, na-*



vegación y maniobra en la Escuela Profesional de Náutica de Cádiz, Cádiz, Imprenta y Litografía de la Revista Médica.

TERRY Y RIVAS, A. (1873), *Manual del navegante. Redactado con presencia de los mejores autores modernos*, Barcelona, Imp. Tip. de C. Verdaguer.

FERNÁNDEZ FONTECHA, F. (1875), *Curso de astronomía náutica y navegación, acompañado de unos elementos de trigonometría, de una colección de Tablas para abreviar los cálculos de importante y frecuente uso y de algunas nociones y Tablas de meteorología*, Cádiz, Imp. de la Revista Médica, 2 Vol.

ESTRADA CATOIRA, R. (1885), *Lecciones de navegación precedidas de unas ligeras nociones de astronomía y seguidas de unas Tablas para facilitar los cálculos matemáticos*, Madrid, Sucesores de Rivadeneyra.

### General

BAUER, B. (1995), *The sextant handbook: adjustment, repair, use and history*, 2nd. ed., Camden (Maine), International Marine-McGraw-Hill.

BOWDITCH, N. (1984), *American practical navigator.*, 1984 ed., Pub. n° 9, E.E.U.U., Defense Mapping Agency Hydrographic-Topographic Center.

CAPEL, H. (1982), *Geografía y matemáticas en la España del siglo XVIII*, Barcelona, Oikos-Tau.

CHAPMAN, A. (1995), *Dividing the circle. The development of critical angular measurement in astronomy 1500-1850*, 2nd. ed., Chichester, Wiley-Praxis.

COTTER, Ch.H. (1983), *A history of the navigator's sextant*, Glasgow, Brown, son & Ferguson Ltd..

FERNÁNDEZ DURO, C. (1878), «Instrumentos náuticos que se guardan en el Museo Naval ...», *Museo Español de Antigüedades*, IX, 541-559.

FERNÁNDEZ DE NAVARRETE, M. (1846), *Disertación sobre la Historia de la Náutica*, Madrid, Imprenta de la Viuda de Calero.

GARCÍA FRANCO, S. (1947), *Historia del arte y ciencia de navegar ...*, Madrid, Instituto Histórico de Marina, 2 Vol.

GELCICH, E. (1889), *Estudios sobre el desenvolvimiento histórico de la navegación ...*, Valencia, Pascual Aguilar.

MENDOZA Y RÍOS, J. (1787), *Tratado de navegación*, Madrid, Imprenta Real, 2 Vol.

PALAU CLAVERAS, A.; PONCE DE LEÓN, E. (1943), *Ensayo de bibliografía marítima Española*, Exposición Nacional del Libro Español, Barcelona.

SELLÉS, M. (1994), *Instrumentos de navegación. Del Mediterráneo al Pacífico*, Barcelona, Lunweg.

STIMSON, A.N. (1985), «Some Board of Longitude instruments in the nineteenth century», En: CLERCQ, P.R. de (ed.), *Nineteenth-century instruments and their makers, papers presented at the Fourth Scientific Instrument Symposium, Amsterdam 23-26 October 1984*, Amsterdam, Rodopi, 93-115.

WILLIAMS, J. E. D. (1994), *From sails to satellites. The origin and development of navigational science*, Oxford, Oxford University Press.