
La colección de instrumentos antiguos del Real Instituto y Observatorio de la Armada

Francisco José González González

Arbor CLXIV, 647-648 (Noviembre-Diciembre 1999), 329-361 pp.

El Real Instituto y Observatorio de la Armada de San Fernando, fundado en Cádiz en 1753, es una institución científica que, a lo largo de más de dos siglos, ha reunido un importante patrimonio cultural e histórico, del que forma parte la colección de instrumentos científicos a la que se refiere este artículo. Tras un capítulo introductorio sobre el origen y las misiones de la institución, se estudia la evolución histórica de la adquisición de los principales instrumentos del Observatorio durante los siglos XVIII, XIX y XX. Por último, se describen las características y organización de la exposición de instrumentos instalada en el edificio principal del Real Observatorio de la Armada, y se incluye un apéndice con la relación de instrumentos expuestos ordenados alfabéticamente.

1. El Real Instituto y Observatorio de la armada

1.1. Antecedentes históricos

El Real Instituto y Observatorio de la Armada, ubicado actualmente en la ciudad de San Fernando, es el observatorio astronómico más antiguo de España. Sus orígenes están directamente relacionados con la

política de reactivación de la Marina y de la Ciencia impulsada por los gobiernos ilustrados del siglo XVIII. El marino y científico Jorge Juan, tras su participación en la expedición geodésica al Ecuador, organizada por la Academia Real de Ciencias de París para determinar la figura de la Tierra, propuso al Marqués de la Ensenada la instalación de un observatorio en una de las torres del Castillo de la Villa de Cádiz, sede de la Academia de Guardias Marinas. Con esta propuesta, realizada en 1749, pretendía promover entre los futuros oficiales de la Armada el aprendizaje y la práctica de la astronomía, una ciencia cuyo dominio se hacía cada vez más necesario para la aplicación de los nuevos métodos de navegación astronómica desarrollados en el siglo XVIII ¹.

Aunque la llegada e instalación de los primeros instrumentos al entonces llamado Real Observatorio de Cádiz se produjo en 1753, tendrían que pasar todavía algunos años hasta que los trabajos astronómicos del Observatorio alcanzasen alguna notoriedad científica. De todas formas, algunos contactos con astrónomos e instituciones científicas europeas impulsaron sus actividades y contribuyeron a la difusión del conocimiento de su existencia en los ambientes científicos europeos, sobre todo a raíz de la colaboración del Observatorio en la campaña organizada en 1769 para la observación del paso de Venus por el disco solar ².

Tras el nombramiento de Vicente Tofiño como director de la Academia de Guardias Marinas, se llevaría a cabo entre 1773 y 1776 el primer plan sistemático de observaciones astronómicas. Poco después, coincidiendo con el impulso gubernamental a las actividades científicas, característico del reinado de Carlos III, el observatorio gaditano se convertiría en una verdadera escuela práctica de astronomía para una nueva generación de marinos científicos, que recibiría en Cádiz la preparación científica necesaria para participar en la organización y realización de las expediciones marítimas ilustradas, llevadas a cabo por la Marina en la última parte del siglo XVIII ³.

Por otro lado, factores como la reactivación de la Marina y la mejora de la formación de los oficiales hicieron aparecer la necesidad de publicar unas efemérides astronómicas, necesarias para la aplicación práctica de los nuevos métodos astronómicos desarrollados para la navegación transoceánica. Como consecuencia, el Gobierno ordenó la preparación y publicación de un almanaque náutico español. El Real Observatorio de Cádiz apareció entonces, ante los responsables de la Marina, como la institución más apropiada para crear una oficina para el cálculo y publicación de efemérides astronómicas. Así pues, en los últimos meses de 1790, los oficiales destinados en el observatorio gaditano recibieron el encargo de elaborar unas efemérides que permitiesen la publicación de un almana-

que náutico con una tirada suficiente para hacer posible la entrega de un ejemplar a cada oficial de la Armada ⁴.

En 1798 se llevó a cabo el traslado del Observatorio desde su ubicación original en el Castillo de la Villa a un nuevo edificio construido en el cerro de Torrealta de la Isla de León. De esta forma, el que hasta entonces había sido Real Observatorio de Cádiz pasó a convertirse en Real Observatorio de la Isla de León (San Fernando desde 1814). El Observatorio comenzaría, pues, el siglo XIX con unas instalaciones recién inauguradas y con el nombramiento del primer director numerario de la institución, con lo que se consagraba la independencia orgánica respecto a la Academia de Guardias Marinas ⁵.

No obstante, la institución se vería afectada por la crisis general en la que quedó sumida España durante el primer tercio del siglo XIX. Durante los primeros años del siglo XIX, los trabajos del Observatorio de la Marina estuvieron marcados por las tareas rutinarias derivadas del encargo oficial de la elaboración del Almanaque Náutico y por una continua falta de personal. Una vez superada esta etapa de crisis, el Observatorio iría añadiendo a lo largo de todo el siglo XIX nuevas tareas a las misiones astronómicas fundacionales y al cálculo del Almanaque Náutico. Por un lado, se emprendieron trabajos científicos de interés general, como la organización, realización y publicación de las observaciones meteorológicas, magnéticas y sísmicas o como la participación en el proyecto internacional de la Carta Fotográfica del Cielo. A ello habría que añadir nuevas tareas derivadas de la adscripción del Observatorio a la Armada, como el Depósito de Instrumentos y Cronómetros, el Curso de Estudios Superiores, el Centro de Agujas Magnéticas y el Servicio de Meteorología Costera.

1.2. Actividad científica y docente actual

En la actualidad, el trabajo tradicional en el campo de la astrometría está a cargo de la Sección de Astronomía, que tiene como misión fundamental la determinación de la posición de los astros. El Real Instituto y Observatorio de la Armada participa, junto a los observatorios de Greenwich y Copenhague, en los trabajos de observación e investigación desarrollados en la isla de La Palma con el círculo meridiano automático Carlsberg. Además, cuenta con un instrumento astrométrico propio, el círculo meridiano Grubb-Parsons, que, tras ser convenientemente modificado y automatizado, fue instalado en 1996 en la Estación de Altura Carlos Ulrrico Cesco, perteneciente a la Universidad de San Juan (Argentina). De esta forma, el Real Instituto y Observatorio de la Armada

tiene acceso directo a unas observaciones astrométricas que dan cobertura a la totalidad de la esfera celeste.

La otra sección directamente relacionada con la astronomía es la Sección de Efemérides, que tiene como principal objetivo el cálculo de las efemérides astronómicas, trabajo ya iniciado en 1791 en el Real Observatorio de Cádiz, y su publicación en la forma más adecuada para las necesidades de navegantes, astrónomos y geodestas. Además, esta sección tiene entre sus misiones los estudios teóricos relacionados con la mecánica celeste y la difusión de datos sobre diversos fenómenos astronómicos, como ortos y ocasos de Sol y de Luna, fases de la Luna o eclipses.

La geofísica y la geodesia son objeto de trabajo en la Sección de Geofísica, cuyos orígenes se remontan a la segunda mitad del siglo XIX. Fue entonces cuando el Observatorio de San Fernando aumentó su participación directa en el apoyo técnico e instrumental a las comisiones hidrográficas de la Armada, además de organizar nuevos servicios como el Centro de Agujas Magnéticas y el Servicio Meteorológico Costero. En esta Sección, en la que radica el Observatorio Geofísico de la Armada, se llevan a cabo y se publican con periodicidad anual las observaciones meteorológicas, geomagnéticas y sísmicas. Además, esta sección tiene a su cargo una estación laser de tercera generación para seguimiento de satélites artificiales (SRL) y una estación permanente de observación GPS.

La Sección de Hora, creada en 1971 a partir del Servicio de Hora dependiente hasta entonces de la Sección de Astronomía, tiene como principal cometido la conservación de las escalas de tiempo en uso con la máxima precisión y exactitud, y la difusión de las mismas en la forma más conveniente para las necesidades de los navegantes, de la comunidad científica y de la industria nacional. Mediante un equipo de relojes atómicos de haz de cesio se mantiene en ella la escala de Tiempo Universal Coordinado UTC (ROA), en la que radica actualmente la Hora Oficial Española. A esta sección están asignados, además, el Servicio de Cronometría Naval y el Laboratorio de Calibración para patrones de tiempo y frecuencia.

Por otro lado, el Real Instituto y Observatorio de la Armada desarrolla una actividad docente que tiene sus orígenes en los llamados cursos de estudios mayores, impartidos en el siglo XVIII para mejorar la preparación científica de los marinos ilustrados. La ampliación de estudios científicos de los oficiales de la Armada quedó institucionalizada en 1856 con la instauración del Curso de Estudios Superiores en el Observatorio. En la actualidad, esa acción docente es continuada por la Escuela de Estudios Superiores en Ciencias Físico-Matemáticas, donde se lleva a cabo la formación del profesorado cualificado en estas materias para las escuelas superiores de la Armada. Sus enseñanzas están organizadas en

dos ciclos, uno básico y otro de especialización en astronomía y geofísica. El ciclo básico, de tres años de duración, está planificado para elevar el nivel de la preparación científica de los oficiales seleccionados para una posterior especialización en escuelas técnicas superiores, facultades y otros centros de investigación. El ciclo de especialización en astronomía y geofísica, de dos años, está dirigido a la preparación del personal científico de la propia institución ⁶.

1.3. La Biblioteca, el Archivo Histórico y la Colección de Instrumentos

La actividad desarrollada a lo largo de casi doscientos cincuenta años en esta institución necesitó desde un primer momento apoyo bibliográfico. Con el paso del tiempo se ha ido formando una importante Biblioteca, con más de 30.000 volúmenes, inseparable del quehacer científico del Observatorio y de las tareas docentes de la Escuela de Estudios Superiores.

El fondo bibliográfico del Real Instituto y Observatorio de la Armada está compuesto por una interesante colección de libros y publicaciones periódicas de carácter científico. Dentro de esta colección puede hacerse una clara distinción entre el fondo antiguo, utilizado principalmente por investigadores externos para la elaboración de tesis doctorales y artículos especializados, y el fondo actual, formado por los libros y publicaciones periódicas destinados a dar soporte bibliográfico a los trabajos de investigación del Observatorio y a las tareas docentes de la Escuela de Estudios Superiores ⁷.

Además, la Biblioteca custodia una importante colección de material cartográfico, compuesta por más de tres mil cartas náuticas, publicadas en los siglos XVII, XVIII, XIX y XX. Por otro lado, el funcionamiento de las secciones científicas y administrativas del centro ha producido un interesante Archivo Histórico, cuya documentación es complementaria de la que forma la serie «Real Observatorio», conservada en el Archivo General de la Marina (Viso del Marqués, Ciudad Real) ⁸.

El patrimonio histórico acumulado por la institución al cabo de los años se completa con el instrumental científico y técnico utilizado en sus trabajos y observaciones. Como ya hemos dicho, el Observatorio de San Fernando es el más antiguo de España. A lo largo de sus casi doscientos cincuenta años de funcionamiento fueron adquiridos instrumentos de observación astronómica, muchas veces únicos en nuestro país, pues no podemos olvidar que el Observatorio Astronómico de Madrid, aunque fundado en 1790, no comenzó a funcionar hasta después de 1850, es decir, casi cien años después que el Observatorio de la Marina. Por otro lado, durante ese mismo período, este Observatorio fue la institución encarga-

da de la adquisición y distribución de los instrumentos científicos y de los cronómetros asignados a los buques y dependencias de la Armada ⁹. Con el paso del tiempo, ello ha dado lugar a la formación de una importante colección de instrumentos científicos, compuesta por 163 aparatos, que actualmente están expuestos en las salas de la Biblioteca y en los vestíbulos y salones del edificio principal. Del origen y características de esta colección nos ocuparemos en las páginas siguientes.

2. Los instrumentos en la historia del observatorio

El estudio de los instrumentos científicos tiene una doble relación con la historia del Real Observatorio de la Armada. Por un lado, las necesidades funcionales de la institución han dado lugar siempre a la adquisición de los aparatos necesarios para llevar a cabo las observaciones. Sin embargo, estos no fueron los únicos instrumentos que pasaron por el Observatorio, pues no debemos olvidar que entre sus numerosas misiones estaba el depósito de instrumentos y cronómetros para la Armada. De estas dos vertientes trataremos con detalle a continuación.

2.1. Instrumentos científicos adquiridos para la Marina

2.1.1. Los instrumentos de las expediciones ilustradas

Durante la segunda mitad del siglo XVIII, el Observatorio fundado en Cádiz por Jorge Juan se convirtió en una verdadera escuela práctica de astronomía para una nueva generación de marinos científicos salida de los nuevos planes de estudios de la Academia de Guardias Marinas. Estos oficiales, gracias al definitivo perfeccionamiento de los métodos para determinar la longitud en alta mar, adquirieron en Cádiz la preparación científica necesaria para enfrentarse a la organización y realización de las expediciones impulsadas por los gobiernos ilustrados.

Los objetivos de estos viajes fueron muy diversos. Una gran parte de ellos buscaba la exploración de las zonas marginales o fronterizas de los territorios ultramarinos. Por otro lado, no hay que olvidar la preocupación por mejorar las comunicaciones marítimas entre puntos distantes de las posesiones españolas, que iba acompañada por la necesidad de mejorar el conocimiento de la realidad geográfica. En todas ellas, ya fuesen geoestratégicas, comerciales o científicas, los marinos formados en Cádiz llevaron a cabo interesantes trabajos astronómicos e hidrográficos.

El observatorio gaditano apareció desde un primer momento como el lugar ideal para depositar los instrumentos usados en las expediciones y

como taller de mantenimiento de los cronómetros marinos. En 1789 se redactó el primer inventario general de instrumentos, coincidiendo con la salida de la expedición Malaspina. Con ello se pretendía dejar constancia escrita de todos los instrumentos existentes en aquel momento, y anotar, a continuación, aquellos aparatos que habían sido adquiridos expresamente para ser embarcados en las corbetas Descubierta y Atrevida. Se iniciaba así una tradición que se mantendría vigente durante todo el siglo XIX ¹⁰.

2.1.2. Cronómetros marinos e instrumentos meteorológicos para los buques.

La introducción de los métodos científicos de navegación en la segunda mitad del siglo XVIII, hizo surgir entre los oficiales de la Marina la necesidad de contar con buenos cronómetros marinos. Hasta bien entrado el siglo XIX, la adquisición y uso de este instrumental quedó a cargo de los comandantes de los buques, pues la Armada sólo adquiriría los instrumentos necesarios para la ejecución de los trabajos encomendados a las comisiones hidrográficas, que eran anotados, como ya hemos visto, en el inventario del Observatorio antes de pasar a su destino.

En 1830, ante las deficiencias detectadas en la dotación instrumental de los buques de la Armada, se estableció la obligatoriedad de que todos los comandantes de buques de guerra con más de doce cañones tuviesen a su cargo una colección de instrumentos, formada por un quintante, un antejo acromático, un cronómetro, un termómetro y un barómetro, de cuya adquisición y distribución estaría encargado el Observatorio de San Fernando.

En 1844, una Real Orden de 19 de noviembre dispuso oficialmente la creación de un depósito de instrumentos en el Observatorio de San Fernando. Como consecuencia, a partir de entonces, el centro tendría asignado un fondo económico especial para la adquisición de instrumentos destinados a cubrir las necesidades de los oficiales de la Armada ¹¹.

La utilización del Observatorio como depósito de cronómetros e instrumentos se consolidaría definitivamente en el reglamento de 1859, que recogió de forma explícita esta misión, creando una sección dedicada especialmente a la custodia conservación y arreglo de los instrumentos y cronómetros al servicio de la Armada. A partir de entonces y, según lo estipulado en una Real Orden de 27 de diciembre de 1859, todos los instrumentos y cronómetros de la Marina tendrían que ser adquiridos por el Observatorio de San Fernando.

2.1.3. Los instrumentos de las comisiones hidrográficas

Por otro lado, la reactivación de los trabajos hidrográficos llevada a cabo a mediados del siglo XIX, convirtió al Observatorio de San Fernando en el centro encargado de la formación de los oficiales hidrógrafos, del estudio y corrección de los datos obtenidos por las comisiones hidrográficas y, además, de la adquisición, arreglo y custodia de los instrumentos empleados en los trabajos hidrográficos.

Como consecuencia, en 1859 se ordenó la adquisición de varias colecciones de instrumentos geodésicos destinados a los trabajos de levantamientos cartográficos. Se adquirió entonces una colección, denominada magistral, destinada al propio Observatorio y compuesta por un aparato de medir bases geodésicas, un teodolito de primer orden, un examinador de niveles y una pantómetra. Además, la casa Brunner de París recibió el encargo de construir una serie de instrumentos geodésicos destinados a formar dos colecciones idénticas, una para la Comisión Hidrográfica de las Antillas y otra para la Comisión Hidrográfica de la Península, formadas por un aparato secundario de medir bases, un teodolito, un nivel, una pantómetra, un antejo, una mira, una plancheta, un teodolito astronómico Repsold, dos círculos de prisma Pistor y dos sextantes Troughton. Todos estos instrumentos, y aquellos que fueron adquiridos con posterioridad para uso de las distintas comisiones hidrográficas, fueron registrados en los inventarios del Observatorio ¹².

2.2. Instrumentos adquiridos para uso del Observatorio

2.2.1. Los grandes instrumentos astrométricos

Una de las principales consecuencias de las aportaciones de Newton fue la división de los astrónomos entre observadores y teóricos. Los astrónomos prácticos se dedicaron principalmente a profundizar en el programa básico de la astronomía del XVIII, es decir la astrometría o determinación de la posición de los astros mediante el establecimiento del valor de sus coordenadas ecuatoriales (declinación y ascensión recta). Mientras tanto, los teóricos dedicaron sus esfuerzos al desarrollo de la mecánica celeste, procurando integrar los fenómenos detectados por los observadores en el cuerpo doctrinal de la mecánica newtoniana.

Como consecuencia, la astrometría alcanzaría un importante desarrollo durante el siglo XVIII, gracias al progreso de las técnicas instrumentales. Para la determinación de las coordenadas celestes, astrónomos y constructores de instrumentos idearon y perfeccionaron diversos aparatos.

tos. Por un lado, fue desarrollado el cuarto de círculo mural, instrumento consistente en un anteojo adosado a un cuarto de círculo graduado y colocado en el plano del meridiano, que permitía medir la altura angular de los astros sobre el horizonte a su paso por el meridiano del lugar de observación, facilitando así la determinación de la declinación. Por otro lado, la determinación de la ascensión recta fue solucionada mediante el perfeccionamiento del anteojo de pasos, un instrumento formado por un anteojo fijado perpendicularmente a un eje que permitía su movimiento en el plano del meridiano.

El principal instrumento astrométrico instalado en España durante el siglo XVIII fue el cuarto de círculo mural del Real Observatorio de Cádiz, que había sido construido en Londres por John Bird. Con este aparato, adquirido en Londres por Jorge Juan, se realizaron la mayor parte de las observaciones astronómicas del observatorio gaditano, especialmente las emprendidas por Vicente Tofiño y José Varela dentro del primer programa sistemático de observaciones llevado a cabo entre 1773 y 1776¹³.

Durante el siglo XIX, la determinación de posiciones estelares y, por lo tanto, la elaboración de catálogos de estrellas, continuó siendo uno de los principales objetivos de los astrónomos, que pudieron contar con sustanciales mejoras tanto en los llamados instrumentos magistrales (círculo mural, círculo meridiano, astrógrafo) como en sus accesorios para mejorar la observación (micrómetro impersonal, cronógrafos).

A principios del siglo XIX, la dirección del Observatorio promovió la adquisición de los instrumentos que en aquel momento eran considerados indispensables para la astrometría: un círculo mural, un anteojo de pasos y un reloj de péndulo de precisión, con la intención de dotar a la institución de un instrumental que permitiese la realización de unas observaciones astronómicas meridianas con un nivel de calidad y precisión similar a las realizadas en el Observatorio de Greenwich. La propuesta fue formulada en 1818, aunque diversos retrasos y complicaciones administrativas no hicieron efectivo el encargo hasta 1827.

Los instrumentos fueron construidos en Londres por Thomas Jones, que tras entregar en 1829 el anteojo de pasos y el péndulo de precisión, no terminaría de cumplir sus compromisos con el Observatorio hasta 1834, fecha de la llegada a San Fernando del círculo mural. Las observaciones realizadas con estos instrumentos, observaciones de pasos meridianos y ocultaciones de estrellas por la Luna, serían el principal objetivo astronómico del centro hasta 1859¹⁴.

A mediados del siglo XIX, fue perfeccionado el círculo meridiano, un instrumento que apareció como síntesis de los dos aparatos usados hasta entonces en las observaciones astrométricas (el círculo mural y el anteojo

de pasos). Su diseño permitió llevar a cabo, con el mismo instrumento, la determinación de las dos coordenadas celestes propias de la astronomía de posición, lo que explica que desplazase rápidamente a la primera generación de instrumentos meridianos. Desde entonces, el círculo meridiano se convertiría en el instrumento esencial de la astrometría, privilegio que aún conserva hoy día, a pesar del paso de los años.

En 1856, la dirección del Observatorio encargó la construcción del que sería el primer círculo meridiano de San Fernando a la casa británica Troughton and Simms, que se comprometió a entregar un aparato de similares características a los que ya estaban instalados en los observatorios de Greenwich y Ciudad de El Cabo. El nuevo instrumento fue terminado en 1859 pero, a causa de las obras de remodelación del edificio principal del Observatorio y de la construcción de nuevos salones para observaciones meridianas, no estuvo operativo hasta 1869. A partir de entonces, el círculo meridiano Troughton and Simms de San Fernando, que desgraciadamente no ha llegado hasta nuestros días, permitió un largo periodo de observaciones que se extendió hasta 1945, fecha en la que fue desmontado a causa de la amenaza de ruina en el salón de observaciones donde estaba instalado. Como hemos visto al principio, las observaciones astrométricas se continúan hoy día con el círculo meridiano Grubb-Parsons instalado en Argentina.

2.2.2. Los péndulos astronómicos

La práctica de la astrometría, basada en observaciones astronómicas dirigidas a establecer de la manera más exacta posible el momento del paso de los astros por el meridiano del lugar de observación, convirtió al reloj de péndulo de precisión en complemento imprescindible de cualquier instrumento de observación, dada su capacidad para medir con exactitud intervalos muy cortos de tiempo.

El reloj regulado mediante un péndulo fue desarrollado en la práctica por el holandés Christian Huygens que, tras formular la teoría del péndulo (1693), y como consecuencia de sus aplicaciones prácticas, revolucionaría la técnica relojera. Los primeros péndulos de precisión utilizados en el Real Observatorio de Cádiz fueron adquiridos en Londres al famoso relojero inglés John Ellicott. El primero de ellos llegó para ser utilizado en las observaciones del cuarto de círculo de John Bird que, como ya vimos, se instaló en Cádiz en 1753. Actualmente, en San Fernando están expuestos dos péndulos astronómicos construidos por Ellicott que llegaron a Cádiz antes de 1789, fecha en la que aparecen anotados en el primer inventario general de instrumentos.

A lo largo de todo el siglo XIX, y durante una buena parte del XX, el Observatorio de San Fernando adquirió diversos péndulos astronómicos destinados a la determinación y control de la hora y a su utilización en las observaciones astronómicas. Hoy día permanecen expuestos en diversos salones del Observatorio péndulos construidos por Eardley Norton, Ferdinand Berthoud, Louis Berthoud, Dent, José Rodríguez Losada o Gustavo Jensen. En cada momento, uno de ellos, el más regular, fue considerado como péndulo magistral del Observatorio.

Durante los primeros años del siglo XX se generalizaría en los observatorios astronómicos el uso de péndulos eléctricos caracterizados por funcionar en un ambiente a presión constante, conseguido mediante un cilindro de fundición, donde se producía la oscilación del péndulo, y una campana neumática de vidrio, en la que iban alojadas la maquinaria y la esfera. El siguiente paso en el avance de la técnica relojera se produjo con la introducción de los relojes de péndulo libre, ideados a fines del siglo XIX y perfeccionados en 1924 por el relojero inglés William Shortt. De este tipo de aparatos, que funcionaban a presión y temperatura constante, se conservan en el Observatorio de San Fernando los péndulos libres de Shortt números 52 y 80, adquiridos en Inglaterra en 1933 y 1957 ¹⁵.

2.2.3. Los grandes anteojos ecuatoriales

En octubre de 1835, una vez colocado el círculo mural construido por Thomas Jones, el director del Observatorio José Sánchez Cerquero solicitó autorización a sus superiores para adquirir un nuevo instrumento de observación. Según el proyecto de reactivación de las actividades del Observatorio, propuesto por su antecesor en el cargo y aprobado por el gobierno en 1818, la dotación instrumental necesaria para colocar al Observatorio de San Fernando al nivel de otras instituciones astronómicas debía estar formada por un anteojo de pasos, un círculo mural, un péndulo de precisión, un sector cenital y un anteojo ecuatorial. Los responsables del Observatorio habían conseguido instalar ya los tres primeros. Sin embargo, el sector cenital ya no se consideraba imprescindible en 1835, de ahí que Sánchez Cerquero iniciara las gestiones para adquirir sólo un anteojo ecuatorial.

Como los anteriores, este instrumento fue encargado al artista inglés Thomas Jones, que se comprometió a construir un anteojo con cinco pies de distancia focal y ocular con micrómetro doble, dotado de movimiento ecuatorial y máquina de relojería, círculo de declinación de tres pies de diámetro y círculo horario de dos pies de diámetro. El aparato llegó a San Fernando a fines de 1839 y, tras ser instalado en la torre construida a tal efecto, quedó dispuesto para ser utilizado en junio de 1841 ¹⁶.

Unos años más tarde, la misma Real Orden de 6 de septiembre de 1856 que había autorizado la compra de un círculo meridiano para las observaciones astrométricas, permitiría el encargo de un nuevo antejo ecuatorial destinado a sustituir en las tareas observacionales al construido por Thomas Jones en 1839. El pedido, realizado a la casa Brunner de París, se formalizó en 1864. La colocación de este aparato, un gran antejo de cinco metros de distancia focal y 28 cm. de abertura, con montura ecuatorial basada sobre un sólido pie de hierro, provocó importantes obras de infraestructura como consecuencia de su colocación en la cúpula del edificio principal.

Sin embargo, este instrumento no destacó precisamente por su aprovechamiento y utilidad. Frente a la continuidad de las observaciones llevadas a cabo con el círculo meridiano Troughton and Simms, los borradores de observaciones que se conservan en la actualidad en el Archivo Histórico del Real Instituto y Observatorio de la Armada reflejan una escasa utilización del aparato construido por Brunner ¹⁷. Posiblemente, la principal causa de esta infrautilización habría que buscarla en la orientación astrométrica de los trabajos del Observatorio, que dejó a los instrumentos ecuatoriales para una serie de observaciones extraordinarias (eclipses, ocultaciones), que fueron consideradas secundarias en los objetivos de la institución.

2.2.4. Instrumentos astronómicos portátiles

Como ya sabemos, el progreso industrial registrado a partir de los últimos años del siglo XVIII, incidió directamente en la mejora de las técnicas de construcción de instrumentos. Los avances tecnológicos y el desarrollo de la física instrumental permitieron el diseño de nuevos aparatos, que habrían de añadirse a los tradicionales instrumentos de observación visual, cuya potencia también aumentó considerablemente. La estructuración en talleres artesanales especializados, característica del siglo XVIII, fue abandonada paulatinamente para dar paso a las fábricas de tipo moderno. Nuevos materiales, nuevas aleaciones y nueva maquinaria, primero de vapor y después eléctrica, revolucionaron el trabajo de los antiguos talleres.

Como consecuencia, los instrumentos de astronomía, geodesia y navegación registraron, a partir del siglo XVIII, un notable avance en lo que se refiere a precisión y exactitud. Sus constructores, convertidos en una élite de la tecnología de precisión, contribuyeron directamente a la conclusión de los ambiciosos programas observacionales propuestos por los astrónomos.

Durante la segunda mitad del siglo XIX sería habitual la participación del Observatorio en la observación de fenómenos astronómicos extraordinarios. Como consecuencia, surgió la necesidad de dotar a la institución de instrumentos astronómicos portátiles que, además de conseguir unos resultados precisos y fiables en las observaciones, permitiesen un fácil traslado en las campañas organizadas para la observación fuera del Observatorio.

Con motivo de la observación del eclipse total de Sol de 1860 el Observatorio adquirió, entre otros, un anteojo altacimutal Troughton and Simms y un teodolito astronómico Repsold. Poco después, para la observación del eclipse de Sol de diciembre de 1870 se encargaría la construcción de un telescopio fotográfico Brunner y un anteojo ecuatorial Secretan.

En 1881, para completar la instrumentación necesaria en las observaciones previstas para el paso de Venus por el disco solar de 1882, fueron adquiridos dos anteojos ecuatoriales, fabricados respectivamente por Cooke y por Grubb. Unos años después, con motivo de la observación de los eclipses de Sol de 1900 y 1905, se compraron un anteojo fotográfico Steinheil, un siderostato, un espectroscopio y diversos accesorios fotográficos ¹⁸.

2.2.5. Instrumentos fotográficos

Hasta ahora hemos hablado de las mejoras técnicas aplicadas a los instrumentos astronómicos tradicionales de observación visual, pero algo habría que decir sobre los aparatos usados en las nuevas vertientes de la astronomía que se desarrollan en la segunda mitad del siglo XIX. La posibilidad de analizar la radiación emitida por los astros trajo consigo un rápido desarrollo de la espectroscopía y la espectrometría astronómicas. El desarrollo de estas técnicas estuvo directamente relacionado con el nacimiento de la astrofísica, que abrió a los astrónomos un nuevo y prometedor campo de investigación, el dedicado al estudio de los aspectos físicos de los cuerpos celestes.

Por otro lado, los registros físicos, especialmente la fotografía, fueron sustituyendo de forma paulatina a la observación visual y directa. La aplicación de las técnicas fotográficas a la astronomía afectó directamente a campos de investigación muy diversos. El estudio físico de los astros se benefició del uso de aparatos como el espectrógrafo que redujo a la duración de una exposición fotográfica el tiempo necesario para el análisis espectral. En el campo de la astrometría se pudieron emprender trabajos de una magnitud inimaginable con los métodos convencionales de obser-

vación directa, gracias a la capacidad de la placa fotográfica para registrar una imagen fiel y duradera, susceptible de mediciones de precisión.

Muestra de estos avances sería el proyecto internacional de la Carta Fotográfica del Cielo en el que, gracias a la iniciativa del Observatorio de París, participarían dieciocho observatorios de todo el mundo, entre ellos el de San Fernando, con el objetivo de elaborar un mapa fotográfico completo del cielo. El trabajo, dirigido a la catalogación de los astros de la bóveda celeste, fijando la posición de las estrellas, fue propuesto a la comunidad científica en el Congreso Astrofotográfico Internacional de 1887 (Conferencia de Astrónomos de París).

En este congreso se acordaría que todos los observatorios participantes en el proyecto debían usar anteojos refractores fotográficos de similares características técnicas, para conseguir que un minuto de arco en el cielo se correspondiese con un milímetro en las placas fotográficas. El astrógrafo adquirido para el Observatorio de San Fernando fue construido en París por la casa Gautier e instalado en 1889¹⁹.

2.2.6. Instrumentos para la observación geofísica

Las observaciones meteorológicas siempre fueron complementarias de las astronómicas, dada la necesidad de establecer las condiciones atmosféricas previas a cualquier observación astronómica. A partir de 1789 se realizaron con cierta regularidad en el Real Observatorio de Cádiz observaciones de temperatura, presión atmosférica, viento y calidad del tiempo. Años más tarde, la realización de estas observaciones quedó establecida como una de las misiones de la institución en el reglamento de 1859. A partir de 1870 se inició un proceso de sustitución de los instrumentos meteorológicos existentes por nuevos aparatos registradores, que liberaron a los observadores de la rutinaria y agotadora toma de medidas con los instrumentos tradicionales. El sistema entonces introducido, que estaría vigente hasta bien entrado el siglo XX, utilizaba un equipo de barómetros, termómetros, psicrómetros, anemómetros, heliógrafos y pluviómetros, de los que se obtenían los datos sobre presión atmosférica, temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, horas de Sol y precipitaciones.

Los primeros instrumentos para la observación del magnetismo terrestre llegaron a San Fernando en 1841. Se trataba de un equipo de aparatos compuesto por un declinómetro, un magnetómetro bifilar, un magnetómetro de fuerza vertical y una aguja de inclinación, encargados a Thomas Jones y construidos en Inglaterra por la casa Grubb. No obstante, en 1869, el director del Observatorio informaría a sus superiores sobre la inutilidad de

los tres magnetómetros de Grubb, que, al parecer, nunca habían sido empleados. Como consecuencia, y tomando como modelo los aparatos registradores del Observatorio de Kew, el Observatorio encargó la construcción de tres registradores fotográficos magnéticos. Estos aparatos formaban la llamada estación magnética Adie, que llegó a San Fernando en 1876 y fue instalada en el sótano de la llamada caseta magnética, edificación libre de hierro construida al efecto. Desde 1891, gracias a la publicación anual de las observaciones magnéticas, podemos seguir la sucesión de instrumentos utilizados en el estudio del geomagnetismo, tanto para los registros fotográficos de las variaciones magnéticas como en las determinaciones absolutas.

Las observaciones sísmológicas serían las últimas en añadirse a los trabajos observacionales de geofísica desarrollados en el Observatorio de San Fernando durante el siglo XIX. En 1887 la casa británica Negretti & Zambra recibió el encargo de construir para San Fernando un equipo de sismógrafos tipo Ewing, compuesto por un sismógrafo de movimiento horizontal y otro de movimiento vertical. Diez años después, el Observatorio entró a formar parte de una red sísmica formada por cuarenta estaciones de todo el mundo, dotadas de un péndulo microsísmico fotográfico ideado por J. Milne. Se iniciaba entonces el registro continuo de observaciones sísmológicas en nuestro país. A partir de 1898 estas observaciones se publicaron con regularidad anual, lo que nos permite manejar una valiosa información sobre los equipos instrumentales utilizados hasta la actualidad. En 1909 fue adquirido un nuevo sismógrafo Milne y en 1912 se instalaron dos sismógrafos tipo Mainka (péndulos horizontales bifilares) diseñados y contruidos por Francisco Graiño, subdirector del Observatorio, en los talleres del centro. Más adelante, hacia 1922, fueron instalados otro nuevos sismógrafos diseñados por este mismo autor ²⁰.

3. La colección de instrumentos antiguos del observatorio

3.1. Características de la colección

Como se puede deducir de todo lo expuesto al principio de este artículo, el Real Instituto y Observatorio de la Armada es una institución científica activa y no un museo. Sin embargo, después de casi doscientos cincuenta años de funcionamiento, la conservación de su patrimonio instrumental ha dado lugar a la organización de una colección formada por 163 instrumentos que, en el ámbito de la instrumentación de la astronomía y sus ciencias afines, posiblemente sea única en España.

El interés por conservar y exponer algunos instrumentos no es nuevo. Hace ya algunos años, hacia 1970, se elaboró un inventario del material

científico del Observatorio que, además de los capítulos dedicados a describir los aparatos que estaban a cargo de las secciones de Astronomía y Geofísica, incluyó un tercer apartado en el que se anotaron algunos instrumentos ya considerados históricos. Según este inventario, estos aparatos, ya en desuso, estaban expuestos en el despacho del Director, en las salas de la Biblioteca y en la Escuela de Estudios Superiores.

Entre 1987 y 1990 se llevó a cabo una remodelación de la planta baja del edificio principal. Las antiguas oficinas de las secciones de Astronomía y Efemérides fueron sustituidas entonces por nuevas salas para la Biblioteca. Actualmente, como consecuencia de estas obras, sólo la Dirección y la Biblioteca ocupan el edificio principal del Observatorio. Tanto en los vestíbulos como en las nuevas salas destinadas a Biblioteca se prepararon varios expositores, aprovechando huecos de armarios y vanos de puertas.

Fue a partir de entonces cuando se organizó la exposición de la colección de instrumentos antiguos tal como la conocemos hoy día. A los instrumentos ya expuestos con anterioridad, se añadió una gran cantidad de aparatos que hasta entonces habían permanecido guardados en almacenes o instalados en distintas dependencias del Observatorio, donde ya no eran usados.

La necesidad de inventariar y catalogar todo este material dió lugar a un proyecto de investigación cuya realización fue patrocinada por el Instituto de Historia y Cultura Naval de Madrid. Como consecuencia, durante los años 1992 y 1993 se desarrolló un ingente trabajo de investigación cuyos resultados, publicados en 1995, se pueden agrupar en tres vertientes ²¹. En primer lugar, el estudio histórico sobre el proceso de adquisición, instalación y uso del instrumental científico del Observatorio, durante los siglos XVIII, XIX y XX, y del papel de la institución respecto a la dotación instrumental de los buques y otras dependencias de la Armada, a lo largo del mismo periodo. En segundo lugar, el catálogo comentado de los 116 instrumentos expuestos en aquel momento. Y por último, un extracto de los inventarios en los que fueron anotados los instrumentos para uso de la institución y los destinados a los buques y dependencias de la Marina.

En 1998, con motivo de la celebración del doscientos aniversario del traslado del Observatorio a su actual ubicación en San Fernando, se procedió a la recuperación de la mayor parte de los instrumentos que todavía permanecían desmontados y guardados. Durante varios meses se trabajó en la recuperación de material en los almacenes, en su identificación en los inventarios, y en la limpieza y restauración del material recuperado en el taller mecánico del Observatorio. Como consecuencia, se

añadieron a la colección 47 nuevas piezas, que fueron convenientemente descritas utilizando las fichas de catalogación que habían sido diseñadas unos años atrás durante el desarrollo del proyecto de investigación sobre la historia de los instrumentos del Observatorio, del que ya hemos hablado anteriormente, y anotadas en el Inventario de Instrumentos Antiguos.

3.2. Conservación y uso de la colección

La colección de instrumentos del Real Instituto y Observatorio de la Armada está íntimamente ligada a la historia de la propia institución. No podemos olvidar que, junto a las personas que los utilizan, los instrumentos forman la base sobre la que descansa la mayor parte de los trabajos de una institución científica. Una gran parte del instrumental usado a lo largo de los más de dos siglos de vida de la institución se ha perdido, unas veces por descuido y otras por la propia evolución tecnológica, que en muchas ocasiones deja obsoletos rápidamente a determinados aparatos. No obstante, lo que ha quedado es fundamental para el estudio de la historia de la astronomía española, de las personas que a ella se dedicaron y de los resultados obtenidos en sus observaciones.

La exposición de estos aparatos, muchos de ellos únicos en la historia de la ciencia española, puede ser visitada, como el resto de las instalaciones del Observatorio, por grupos organizados.

Por otro lado, parte de la colección de instrumentos se encuentra representada en el Museo Hispano de Ciencia y Tecnología, un proyecto pionero en la museología internacional, dirigido desde el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología. Mediante una galería virtual en internet y un cd-rom, los organizadores de este proyecto pretenden divulgar los fondos relacionados con la instrumentación científica de carácter histórico depositados en diversas instituciones oficiales españolas.

Como conclusión, podríamos afirmar que el Real Instituto y Observatorio de la Armada es una institución científica que custodia y expone una parte de su patrimonio cultural e histórico. Tanto su Biblioteca como su Archivo Histórico están abiertos a la consulta de los investigadores. Sin embargo, no es un museo. En este sentido, la Colección de Instrumentos Antiguos que hemos descrito puede ser considerada como otra vertiente más del patrimonio acumulado por la institución a lo largo de su historia.

Por lo tanto, habría que insistir en que el Observatorio no tiene una organización museística propiamente dicha y no posee, además, medios técnicos y especializados suficientes para un correcto mantenimiento de la colección, sobre todo en lo que se refiere a la conservación y la restauración de las piezas expuestas. En el taller de la institución se ha traba-

jado, y se trabaja, con minuciosidad y con la máxima prudencia en la limpieza y restauración de algunas piezas, pero siempre como taller de instrumentos de un observatorio, no desde el punto de vista de un laboratorio de restauración dedicado al cuidado de unas piezas de museo con unas características muy específicas.

La mejora de esta situación dependerá, en gran medida, de los posibles acuerdos de cooperación que en el futuro se establezcan con museos dedicados a la exposición de objetos de características similares y con instituciones oficiales de conservación y restauración de patrimonio histórico.

Apéndices. Relación alfabética de instrumentos expuestos

Aguja de bitácora (Gebbie, Greenock, fines s.XIX)	(Inv.: 111)
Aguja de bitácora (Kelvin & Hughes, Glasgow, fines s.XIX)	(Inv.: 112)
Aguja de bitácora (Muller, Trieste, fines s.XIX)	(Inv.: 113)
Aguja de bitácora (Kelvin & Withe, Glasgow, fines s. XIX)	(Inv.: 099)
Aguja de bitácora (Cameron & Blakeney, Londres, fines s.XIX)	(Inv.: 090)
Aguja magnética (Baleato?, Ferrol?, fines s.XVIII)	(Inv.: 148)
Amperímetro (Peral, Madrid, fines s.XIX)	(Inv.: 136)
Amperímetro (Peral, Madrid, fines s.XIX)	(Inv.: 139)
Anemómetro de cazoletas (Negretti & Zambra, Londres, fines s.XIX)	(Inv.: 068)
Anemómetro Papillon (J. Richard, París, fines s.XIX)	(Inv.: 159)
Anteojo acromático con montura acimutal (Dollond, Londres, anterior a 1788)	(Inv.: 031)
Anteojo acromático con montura acimutal (Dollond, Londres, anterior a 1789)	(Inv.: 119)
Anteojo acromático con montura ecuatorial (Dollond, Londres, anterior a 1789)	(Inv.: 003)
Anteojo acromático con montura ecuatorial (Dollond, Londres, fines s.XVIII)	(Inv.: 060)
Anteojo acromático con montura ecuatorial (Secretan, París, 1862)	(Inv.: 108)
Anteojo acromático con montura ecuatorial (Brunner, París, 1868)	(Inv.: 009)
Anteojo acromático con montura ecuatorial (Grubb, Dublin, 1882)	(Inv.: 001)
Anteojo acromático con montura ecuatorial (T. Cooke & Sons, York, 1882)	(Inv.: 107)
Anteojo acromático fotográfico (fotoheliógrafo) (Steinheil, Munich, 1900)	(Inv.: 118)

Anteojos acromáticos portátiles con montura ecuatorial (Dollond, Londres, 1789)	(Inv.: 088)
Anteojos acromáticos portátiles con montura ecuatorial (Dollond, Londres, 1789)	(Inv.: 089)
Anteojos acromáticos visual-fotográficos (astrógrafos) (Gautier, París, 1889)	(Inv.: 109)
Anteojos con montura acimutal (Troughton & Simms, Londres, ca. 1860)	(Inv.: 126)
Anteojos con montura altacimutal (Troughton & Simms, Londres, 1860)	(Inv.: 027)
Anteojos con montura ecuatorial (Troughton & Simms, Londres, anterior a 1869)	(Inv.: 005)
Anteojos con montura ecuatorial (Troughton & Simms, Londres, anterior a 1869)	(Inv.: 006)
Anteojos de pasos acodados (A. Repsold & Sohne, Hamburgo, 1879)	(Inv.: 040)
Anteojos de pasos portátiles (Troughton & Simms, Londres, anterior a 1860)	(Inv.: 030)
Anteojos de pasos portátiles (Troughton & Simms, Londres, anterior a 1869)	(Inv.: 021)
Anteojos meridianos (Thomas Jones, Londres, 1829)	(Inv.: 043)
Anteojos meridianos (Secretan, París, 1861)	(Inv.: 039)
Aparatos magistrales para medir bases geodésicas (Brunner, París, 1862)	(Inv.: 153)
Aparatos para medir magnitudes estelares (Otto Toepfer, Potsdam, ca. 1900)	(Inv.: 129)
Aparatos secundarios para medir bases geodésicas (Brunner, París, 1861)	(Inv.: 154)
Astrolabios astronómicos (Museo Naval, Madrid, s. XX) (copia del original, 1563)	(Inv.: 117)
Astrolabios de prisma (Claude et Driencourt, París, anterior a 1922)	(Inv.: 052)
Barógrafos (Richard Frères, París, fines s. XIX)	(Inv.: 158)
Barógrafos (Negretti & Zambra, Londres, fines s. XIX)	(Inv.: 057)
Barómetros aneroides (Recarte, Madrid, fines s. XIX)	(Inv.: 024)
Barómetros de escala compensada (Tonnelot?, París, fines s. XIX)	(Inv.: 050)
Barómetros de montaña (Troughton & Simms, Londres, mediados s. XIX)	(Inv.: 033)
Barómetros de observatorio (Casella, Londres, s. XX)	(Inv.: 017)
Barómetros marinos (Spencer, Browning & Co., Londres, mediados s. XIX)	(Inv.: 063)

Barómetro marino (Torres, H ^o y C ^a , Santander, 1868)	(Inv.: 056)
Barómetro normal (sistema Fortin) (J. F. Newman, Londres, 1860)	(Inv.: 091)
Barómetro normal (sistema Fortin) (Torres, H ^o y C ^a , Cádiz y Madrid, 1871)	(Inv.: 016)
Barómetro normal (sistema Fortin) (Torres, Cádiz, 1873)	(Inv.: 018)
Barómetro normal (sistema Fortin) (Torres, H ^o y C ^a , Madrid, 1881)	(Inv.: 049)
Barómetro normal (sistema Fortin) (Negretti & Zambra, Londres, fines s.XIX)	(Inv.: 019)
Bobinas de Helmholtz (M. Catalán, San Fernando, ca. (1970)	(Inv.: 157)
Caja de herramientas (Martínez, Isla de León, 1803)	(Inv.: 147)
Cámara de seguimiento de satélites (Baker-Nunn, E.U.A., 1957)	(Inv.: 002)
Catetómetro concéntrico (Torres, Santander, 1867)	(Inv.: 151)
Círculo mural (Thomas Jones, Londres, 1834)	(Inv.: 044)
Clinómetro (Negretti & Zambra, Londres, fines s. XIX)	(Inv.: 062)
Compás de elipses (Autor desconocido, fines s. XIX)	(Inv.: 106)
Cronógrafo (Solvi-Paul Ditisheim, La Choux de Fonds, principios s.XX)	(Inv.: 132)
Cronógrafo (Grubb Parsons, Londres, 1952)	(Inv.: 133)
Cronómetro de observatorio (J. R. Losada, Londres, 1859)	(Inv.: 098)
Cronómetro marino (A. Johannsen, Londres, 1863)	(Inv.: 077)
Cronómetro marino (Dent, Londres, 1891)	(Inv.: 079)
Cronómetro marino (Dent, Londres, 1892)	(Inv.: 082)
Cronómetro marino (Hutton, Londres, anterior a 1898)	(Inv.: 074)
Cronómetro marino (Dent, Londres, 1898)	(Inv.: 067)
Cronómetro marino (Dent, Londres, 1898)	(Inv.: 070)
Cronómetro marino (French, Londres, fines s. XIX)	(Inv.: 036)
Cronómetro marino (Parkinson & Frodsham, Londres, fines s XIX)	(Inv.: 037)
Cronómetro marino (Frodsham & Baker, Londres, fines s. XIX)	(Inv.: 042)
Cronómetro marino (W. G. Ehrlich, Bremerhaven, fines s. XIX)	(Inv.: 076)
Cuarto de círculo (J. Ramsden, Londres, 1790)	(Inv.: 084)
Cuarto de círculo (J. Ramsden, Londres, 1790)	(Inv.: 085)
Cuarto de círculo (J. Sisson, Londres, fines s. XVIII)	(Inv.: 023)
Declinómetro (magnetómetro) (Gambey, París, ca. 1830)	(Inv.: 156)
Declinómetro (tipo Kew) (Negretti & Zambra, Londres, anterior a 1912)	(Inv.: 075)

Electrómetro (Autor desconocido, fines s. XIX)	(Inv.: 053)
Espectrógrafo (Steinheil, Munich, ca. 1905)	(Inv.: 128)
Espectroscopio (Browning?, Londres, 1874)	(Inv.: 020)
Espectroscopio (Salleron, París, fines s. XIX)	(Inv.: 022)
Espectroscopio estelar (Brossning, Londres?, fines s. XIX)	(Inv.: 127)
Estación magnética (Adie, Londres, 1876)	(Inv.: 155)
Estación magnética (tipo La Cour) (Anderson & Sorensen, Copenhague, s. XX)	(Inv.: 083)
Examinador de niveles (Brunner, París, 1861)	(Inv.: 149)
Galvanómetro balístico (Precise Instrument Co., Nueva York, 1926)	(Inv.: 073)
Galvanómetro de largo periodo (Lehner-Griffith, Pasadena, ca. 1970)	(Inv.: 065)
Galvanómetros (3) (Kinematics, ca. 1966)	(Inv.: 080)
Globo celeste (Cary, Londres, 1827)	(Inv.: 096)
Globo celeste (Kelvin & Hughes, Londres, s. XX)	(Inv.: 100)
Globo terrestre (Cary, Londres, 1825)	(Inv.: 097)
Heliómetro para anteojos acromáticos (Dollond?, Londres, fines s. XVIII)	(Inv.: 004)
Heliómetro para anteojos acromáticos (Dollond?, Londres, fines s. XVIII)	(Inv.: 032)
Heliómetro para anteojos acromáticos (Dollond?, Londres, fines s. XVIII)	(Inv.: 122)
Heliómetro para anteojos acromáticos (Dollond?, Londres, fines s. XVIII)	(Inv.: 123)
Heliómetro para anteojos acromáticos (Dollond?, Londres, fines s. XVIII)	(Inv.: 124)
Heliómetro (telémetro) (Lorieux?, Francia, fines s. XIX)	(Inv.: 125)
Imán artificial (Autor desconocido, 1804)	(Inv.: 104)
Inductor terrestre (Precise Instrument Co., Nueva York, (1926)	(Inv.: 081)
Integrador mecánico (Amsler, Schaffhausen, 1885)	(Inv.: 035)
Lente objetivo (Autor desconocido, fines s. XIX)	(Inv.: 152)
Magnetómetro de fuerza horizontal (Autor desconocido, mediados s. XIX)	(Inv.: 072)
Magnetómetro de fuerza horizontal (J. Carpentier, París, mediados s. XIX)	(Inv.: 069)
Magnetómetro de fuerza horizontal (Anderson & Sorensen, Copenhague, s. XX)	(Inv.: 064)
Magnetómetro de fuerza horizontal (Anderson & Sorensen, Copenhague, s. XX)	(Inv.: 066)
Máquina de dividir círculos (Troughton & Simms, Londres, 1859)	(Inv.: 114)

Máquina de dividir rectas (Negretti & Zambra, Londres, fines s. XIX)	(Inv.: 010)
Máquina medidora de placas fotográficas (Gautier, París, 1892)	(Inv.: 130)
Máquina medidora de placas fotográficas (Gautier, París, 1906)	(Inv.: 131)
Metro bimetálico (Brunner, París, 1866)	(Inv.: 095)
Octante (Spencer, Browning & Rust, Londres, 1794)	(Inv.: 061)
Palinuro (círculo de marcar) (Náuticos, Arsenal de Cartagena, 1872)	(Inv.: 101)
Palinuro (círculo de marcar) (Heat & Company, Londres, fines s. XIX)	(Inv.: 105)
Pantógrafo (James How, Londres, fines s. XIX)	(Inv.: 142)
Paracyclone F. L. Roux (A. Santi, Marsella, 1886)	(Inv.: 102)
Péndulo sísmico (sensor E-O) (Alfani, Florencia, 1933)	(Inv.: 162)
Péndulo sísmico (sensor N-S) (Alfani, Florencia, 1933)	(Inv.: 163)
Péndulo sísmico vertical (Benioff, E.U.A., ca. 1970)	(Inv.: 161)
Pluviómetro registrador (F. Graiño, San Fernando, 1927)	(Inv.: 160)
Puente de Wheatstone (Woodhouse & Rawson, Londres, fines s. XIX)	(Inv.: 140)
Receptor de radio (Autor desconocido, s.XX)	(Inv.: 138)
Regla de cálculo (Faber, Alemania, s.XX)	(Inv.: 144)
Regla geodésica (metro) (Brunner, París, ca. 1862)	(Inv.: 146)
Reloj de péndulo (Ellicott, Londres, anterior a 1789)	(Inv.: 115)
Reloj de péndulo (Ellicott, Londres, anterior a 1789)	(Inv.: 116)
Reloj de péndulo (Ferdinand Berthoud, París, 1790)	(Inv.: 093)
Reloj de péndulo (Eardley Norton, Londres, fines s.XVIII)	(Inv.: 092)
Reloj de péndulo (Louis Berthoud, París, anterior a 1802)	(Inv.: 014)
Reloj de péndulo (E. Dent, Londres, 1852)	(Inv.: 110)
Reloj de péndulo (J. R. Losada, Londres, 1858)	(Inv.: 011)
Reloj de péndulo (J. R. Losada, Londres, 1859)	(Inv.: 015)
Reloj de péndulo (Dent, Londres, 1881)	(Inv.: 013)
Reloj de péndulo (Gustavo Jensen & Cía, La Habana, fines s.XIX)	(Inv.: 012)
Reloj de péndulo (Leroy & Cie., París, 1928)	(Inv.: 051)
Reloj de péndulo esclavo (Synchronome, Londres, ca. 1933)	(Inv.: 047)
Reloj de péndulo esclavo (Synchronome, Londres, ca. 1957)	(Inv.: 048)
Reloj de péndulo libre (William Shortt, Londres, ca. 1933)	(Inv.: 045)
Reloj de péndulo libre (William Shortt, Londres, ca. 1957)	(Inv.: 046)
Sextante (Stancliffe, Londres, 1790)	(Inv.: 026)
Sextante Villavicencio (T. Cooke & Sons, Londres, 1896)	(Inv.: 034)

Siderostato (Autor desconocido, fines s.XIX)	(Inv.: 025)
Siderostato (Gautier, París, 1902)	(Inv.: 008)
Sistema óptico de lentes (Autor desconocido, San Fernando?, ca. 1902)	(Inv.: 071)
Tabla de cálculo (Blater, París, 1890)	(Inv.: 145)
Telescopio ecuatorial fotográfico (Brunner, París, 1872)	(Inv.: 038)
Teodolito acodado (J. & A. Bosch, Estrasburgo, fines s. XIX)	(Inv.: 120)
Teodolito astronómico acodado (A. & G. Repsold, Hamburgo, 1861)	(Inv.: 058)
Teodolito astronómico acodado (A. & G. Repsold, Hamburgo, 1861)	(Inv.: 059)
Teodolito astronómico acodado (A. & G. Repsold, Hamburgo, 1861)	(Inv.: 086)
Teodolito astronómico acodado (A. & G. Repsold, Hamburgo, 1861)	(Inv.: 087)
Teodolito astronómico acodado (Carl Bamberg, Berlín, fines s.XIX)	(Inv.: 041)
Teodolito con montura acimutal (Ertel & Sohn, Munich, 1880)	(Inv.: 028)
Teodolito con montura acimutal (Ertel & Sohn, Munich, fines s.XIX)	(Inv.: 121)
Teodolito de primer orden (Brunner, París, 1866)	(Inv.: 007)
Termómetro (Megnié, París, 1789)	(Inv.: 094)
Transmisor de señales horarias (Brillié-Leroy, París, 1928)	(Inv.: 134)
Transportador de ángulos (Baleato, Ferrol, fines s. XVIII)	(Inv.: 103)
Transportador de ángulos (Troughton & Simms, Londres, ca. 1860)	(Inv.: 141)
Transportador de ángulos (Troughton & Simms, London, anterior a 1882)	(Inv.: 150)
Voltímetro (Peral-Barraud, Madrid-Londres, fines s. XIX)	(Inv.: 135)
Voltímetro (Autor desconocido, s.XX)	(Inv.: 137)
Weather Glass (Negretti & Zambra, Londres, anterior a 1911)	(Inv.: 054)

Notas

¹ Sobre la fundación del Observatorio de Cádiz, véase A. LAFUENTE y M. SELLÉS (1988), *El Observatorio de Cádiz (1753-1831)*, Madrid, pp. 136-148.

² Véase F.J. GONZÁLEZ (1993), «Una institución ilustrada para las ciudades de la Bahía: Cádiz, la Isla de León y el Observatorio de la Marina», *Cuadernos de Ilustración y Romanticismo*, Cádiz, n° 3, pp. 89-108.

³ A. LAFUENTE y M. SELLÉS (1988), *op cit.*, pp. 163-198.

⁴ Véase F.J. GONZÁLEZ (1992), «El Almanaque Náutico: Doscientos años de cálculo y publicación de efemérides astronómicas (1792-1992)», *Boletín ROA*, San Fernando, n° 1/92, pp. 57-80.

⁵ Sobre la historia del Observatorio en el siglo XIX, véase F.J. GONZÁLEZ (1992), *El Observatorio de San Fernando (1831-1924)*, Madrid.

⁶ Sobre la actual actividad científica y docente del Observatorio, puede consultarse la «Memoria de Actividades del Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando 1997», *Boletín ROA*, San Fernando, n° 3/98.

⁷ Sobre los fondos que integran la Biblioteca del Observatorio, véase F.J. GONZÁLEZ, M.P. GUTIÉRREZ y J.M. MERINO (1993), «Catálogo de la Biblioteca del Real Observatorio de la Armada», *Boletín ROA*, San Fernando, n° 5/93.

⁸ Sobre la cartografía y la documentación histórica conservada en el Real Observatorio de la Armada pueden ser consultados F.J. GONZÁLEZ (1993), «La colección cartográfica del Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando», *Boletín ROA*, San Fernando, n° 13/93, y F.J. GONZÁLEZ, C. GARCÍA POLAVIEJA y J. MERINO, «El Archivo Histórico del Real Instituto y Observatorio de la Armada. Guía e inventario», *Boletín ROA*, San Fernando, n° 2/88.

⁹ La evolución histórica de la adquisición de instrumentos para el Observatorio y para la Marina ha sido estudiada recientemente. Véase F.J. GONZÁLEZ (1995), *Instrumentos científicos del Observatorio de San Fernando (Siglos XVIII, XIX y XX)*, Madrid.

¹⁰ «Inventario General de los Instrumentos pertenecientes al Observatorio Real de Cádiz» Archivo Histórico del Real Instituto y Observatorio de la Armada, *Instrumentos, Inventarios*, Caja n° 096.

¹¹ F.J. GONZÁLEZ (1995), *op. cit.*, pp. 36-39.

¹² Alguno de estos aparatos han llegado hasta nuestros días. Véase F.J. GONZÁLEZ (1995), *op. cit.*, pp. 43-54.

¹³ Véase V. TOFIÑO y J. VARELA (1776-1777), *Observaciones astronómicas hechas en Cádiz, en el Observatorio Real de la Compañía de Cavalleros Guardias-Marinas*, Cádiz, 2 vols.

¹⁴ Hoy día, tanto el antejo de pasos como el círculo mural construidos por Thomas Jones están expuestos en uno de los salones de la planta baja del edificio principal del Observatorio. Sobre las observaciones realizadas con estos instrumentos puede consultarse F.J. GONZÁLEZ (1992), *El Observatorio de San Fernando (1831-1924)*, Madrid, pp. 125-128.

¹⁵ Sobre la historia de los péndulos magistrales del Observatorio, véase F.J. GONZÁLEZ (1998), «Péndulos astronómicos y cronómetros marinos de la Armada: El Observatorio de San Fernando y los antecedentes del Patrón Nacional de Tiempo (1753-1957)», *Asclepio, Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*, Madrid, vol. L, fasc. 1, pp. 175-198.

¹⁶ Este instrumento, que no conservamos, estuvo en funcionamiento durante dieciséis años, hasta que fue desmontado en 1857 con motivo de la demolición de la torre donde es-

taba instalado. Después permanecería desmontado hasta 1910, fecha en la que fue dado de baja en el inventario de instrumentos. Véase F.J. GONZÁLEZ (1995), *op. cit.*, pp. 33-36.

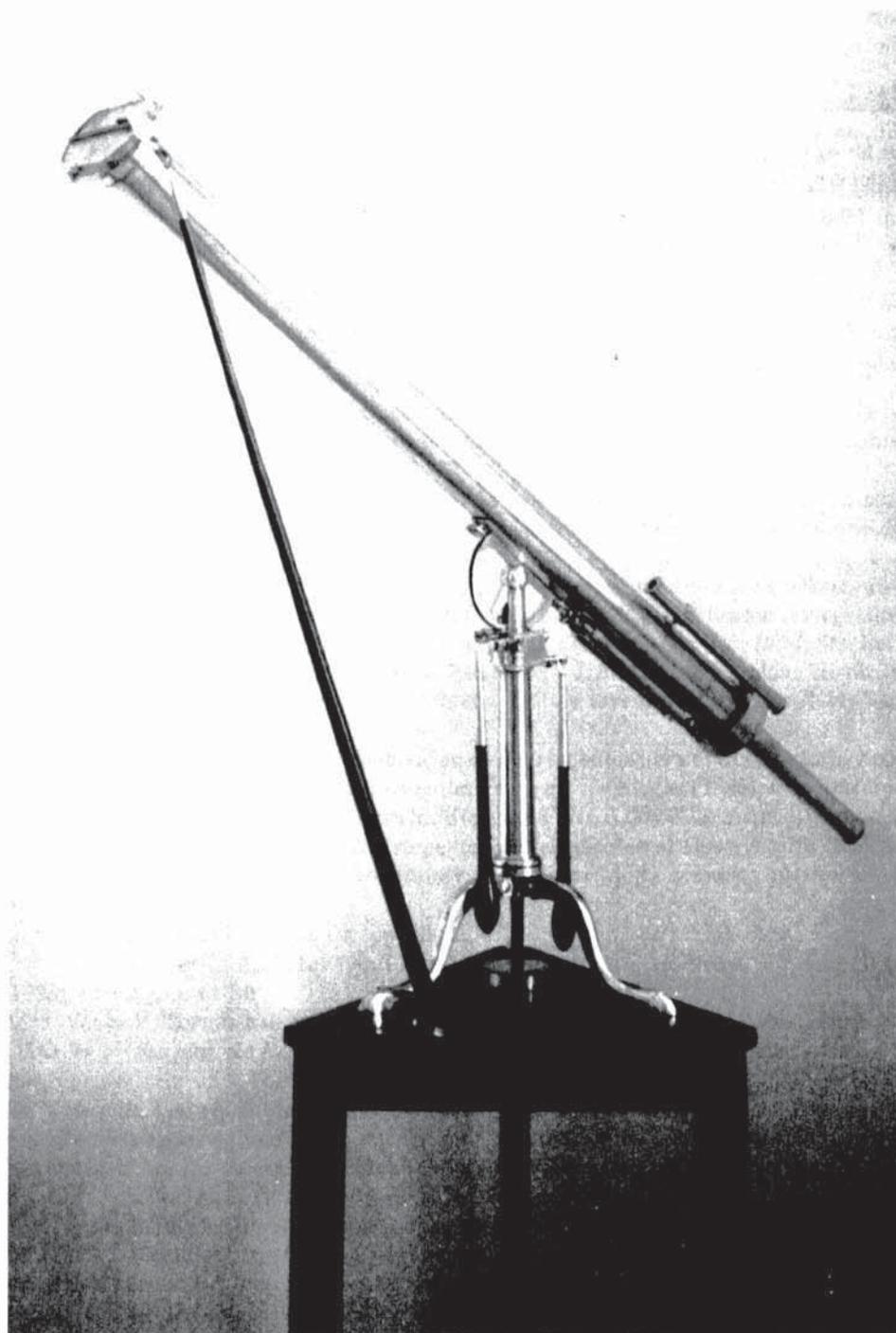
¹⁷ El anteojo ecuatorial construido por Brunner está instalado actualmente en el vestíbulo norte del edificio principal del Observatorio. Véase F.J. GONZÁLEZ (1995), *op. cit.*, pp. 42-43.

¹⁸ Todos estos aparatos forman parte de la colección que actualmente está expuesta en el Real Instituto y Observatorio de la Armada.. Véase F.J. GONZÁLEZ (1995), *op. cit.*, pp. 59-63.

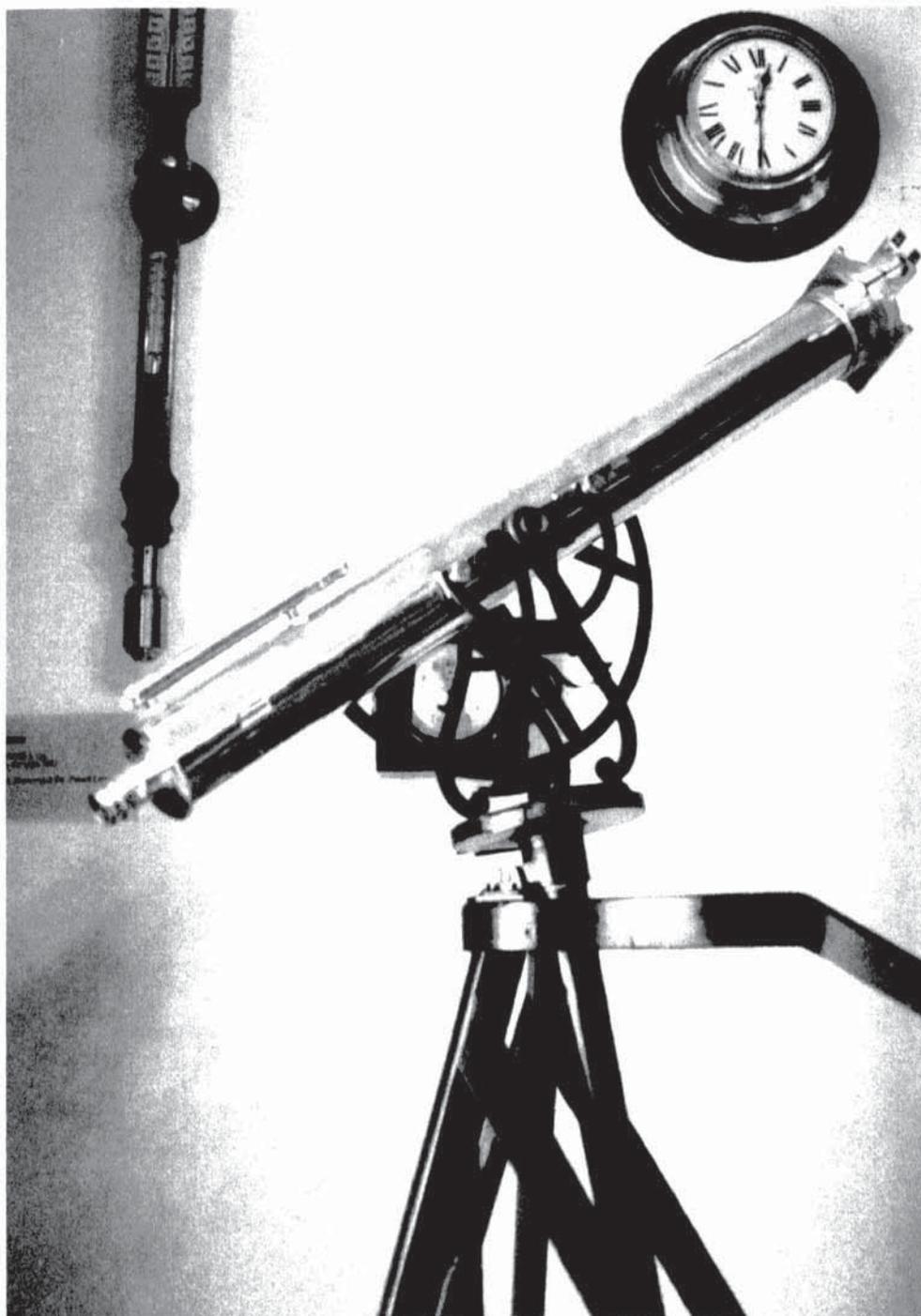
¹⁹ Se trata de un anteojo fotográfico con montura ecuatorial, que aún permanece instalado en su ubicación original. Sobre la historia de su adquisición y funcionamiento véase F.J. González, «La Carta Fotográfica del Cielo en España», *Llull, Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, Zaragoza, vol. 12, (nº 23), pp. 323-340.

²⁰ Véase F.J. GONZÁLEZ (1995), *op. cit.*, pp. 66-70.

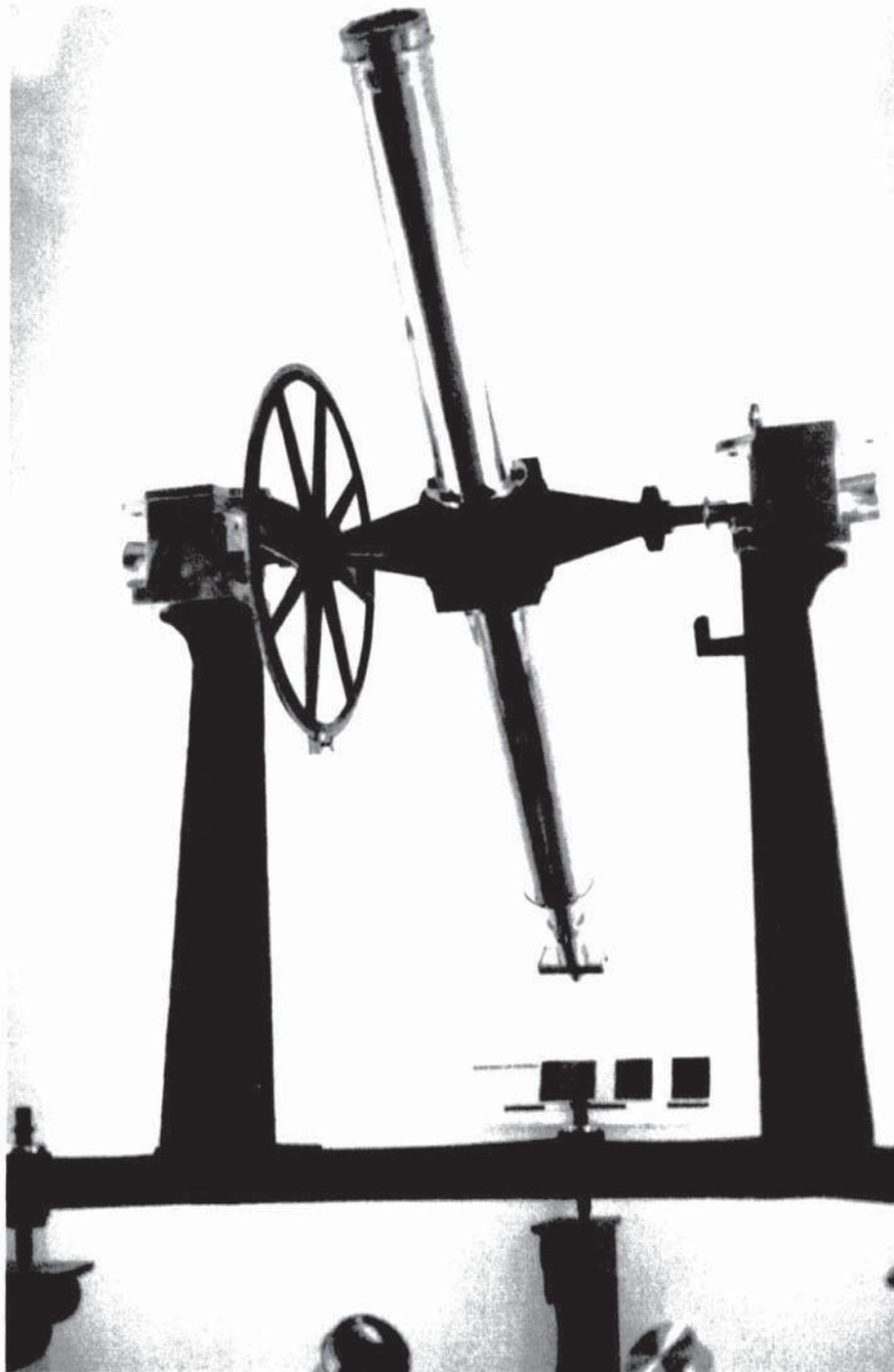
²¹ Véase F.J. GONZÁLEZ (1995), *op. cit.*



Anteojos acromáticos Dollond (Londres, ca. 1789) (Nº Inv.: 119)



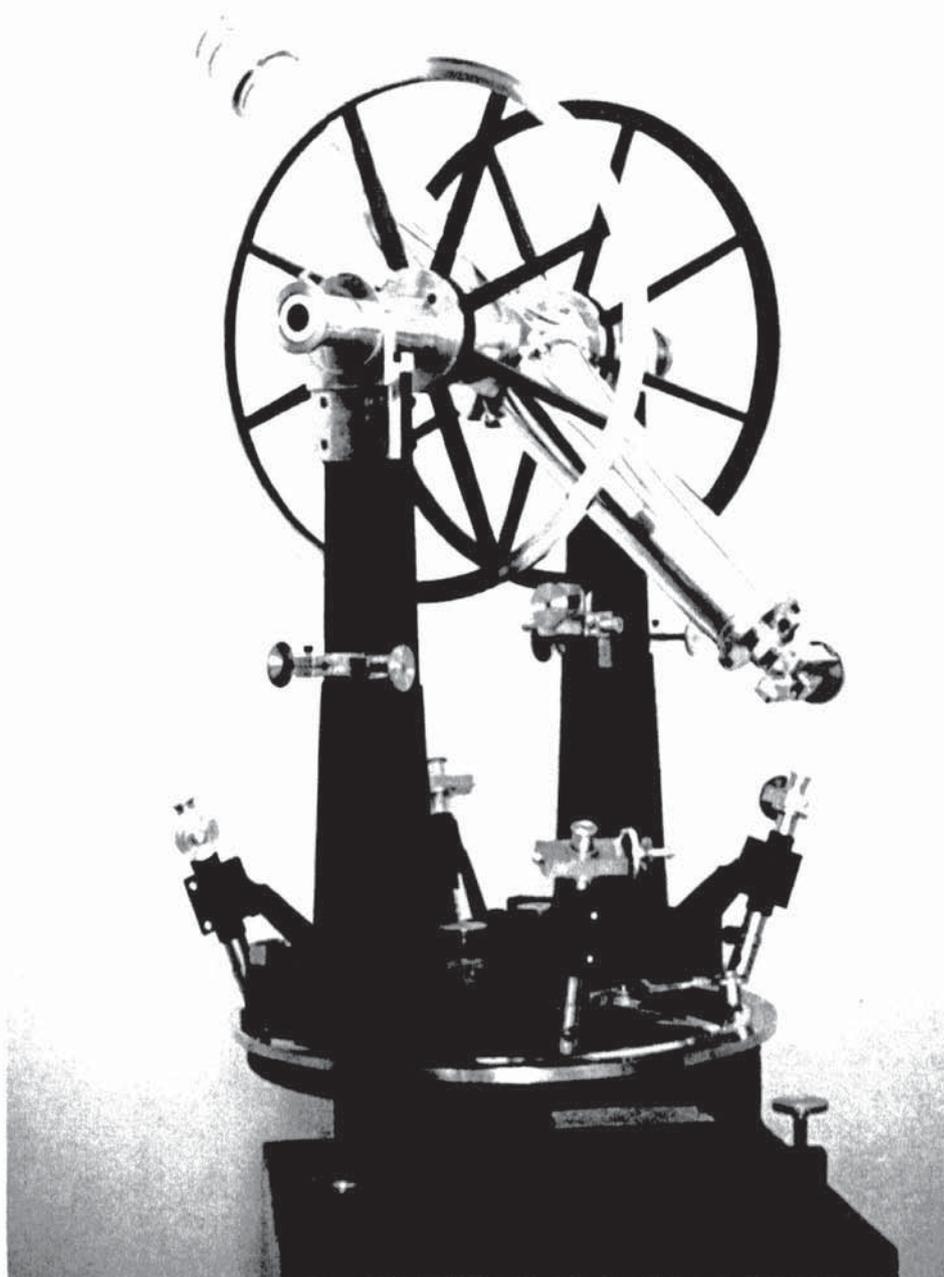
Anteojos ecuatorial Dollond (Londres, fines del siglo XVIII) (Nº Inv.: 060)



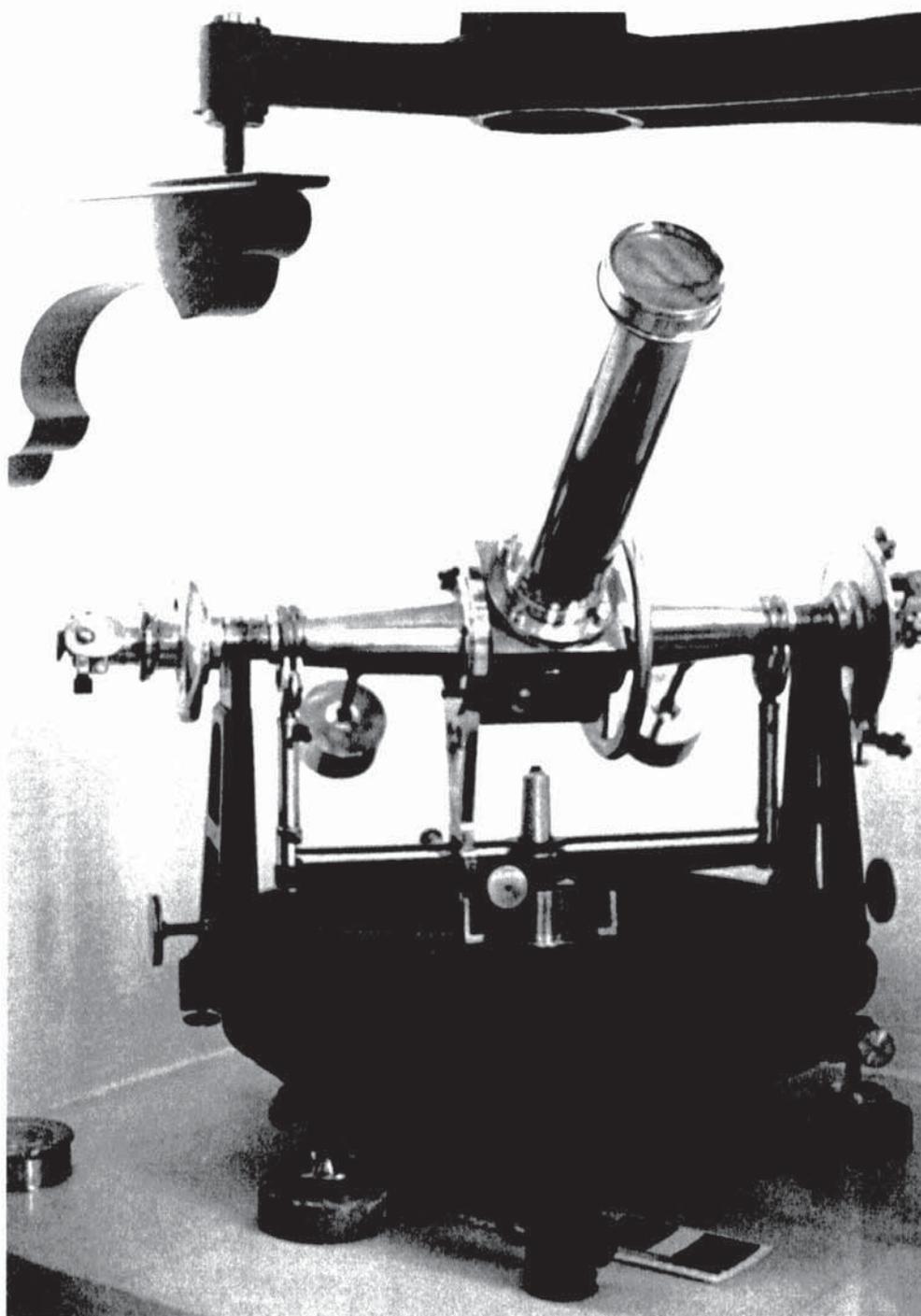
Anteojo de pasos Secretan (París, 1861) (Nº Inv.: 039)



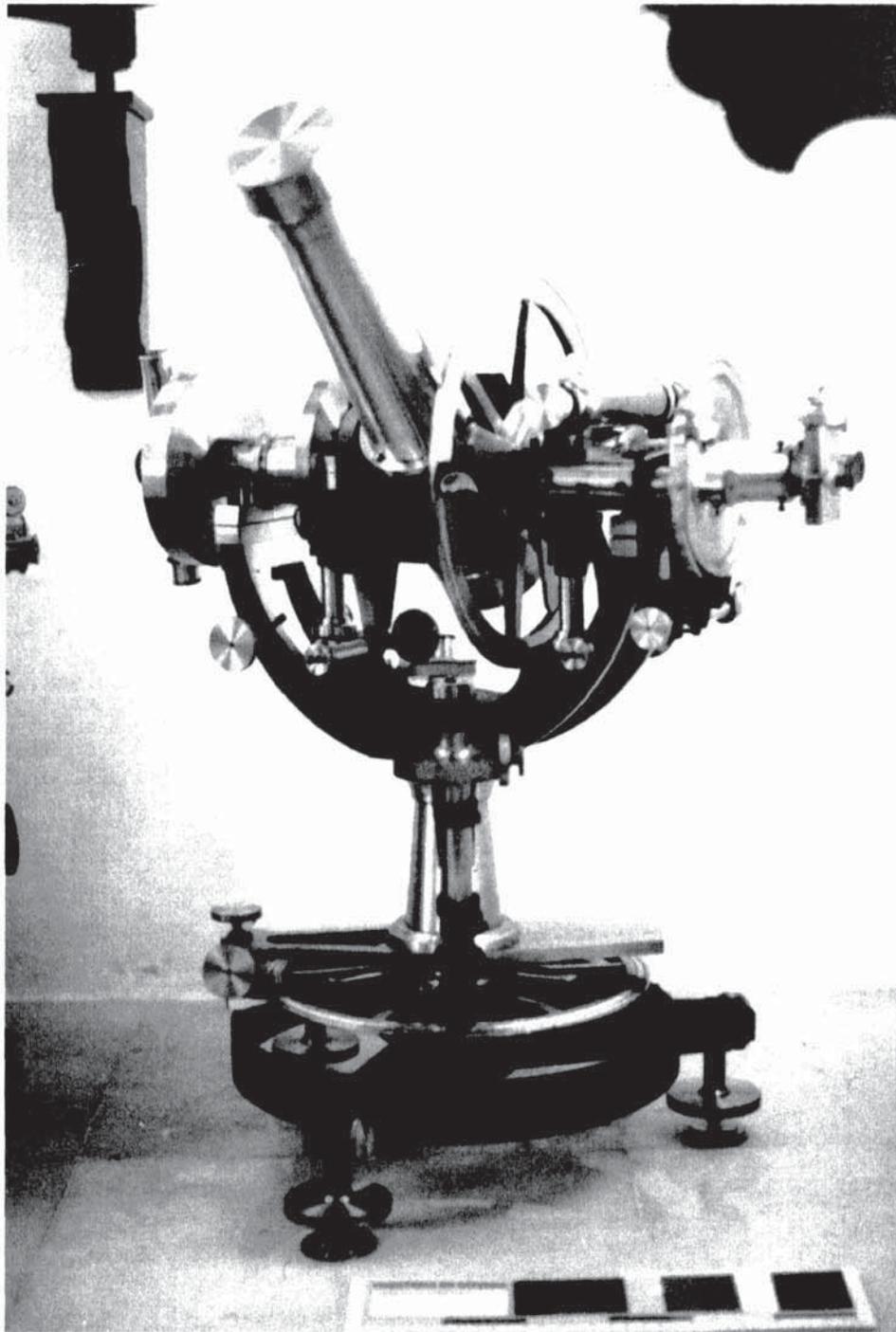
Anteojos ecuatorial Secretan (París, 1862) (Nº Inv.: 108)



Teodolito de primer orden Brunner (París, 1866) (Nº Inv.: 007)



Anteojó de pasos acodado Repsold (Hamburgo, 1879) (Nº Inv.: 040)



Teodolito astronómico acodado Bamberg (Berlín, fines del siglo XIX) (Nº Inv.: 041)



Anteojo fotográfico Steinheil (Munich, 1900) (Nº Inv.: 118)