

LA SECCIÓN DE HORA DEL REAL OBSERVATORIO DE LA ARMADA: 50 AÑOS FACILITANDO «TIEMPO» A LOS ESPAÑOLES

Francisco Javier GALINDO MENDOZA

Juan Manuel GONZÁLEZ SÁNCHEZ



(Reserva)



(Ing.)



ISTÓRICAMENTE el hombre ha puesto un gran empeño en la determinación precisa del tiempo a partir de una referencia y con los ingenios disponibles a su alcance. La búsqueda en la naturaleza de fenómenos físicos periódicos, ligados al sol, la luna y las estrellas, que sirviesen para referenciar a esos instrumentos de medida, se origina en el antiguo Egipto (1500 a. de C.) por el conocimiento ya existente sobre los fenómenos asociados a los astros, del que deriva el desarrollo de relojes solares para subdividir la duración del día. Sin perder esta dependencia de los fenómenos diurnos, fueron surgiendo nuevos métodos para definir la hora, conforme a los instrumentos y relojes destinados a conservarla que, a su vez, siguen estando hoy día

sometidos al inevitable proceso de evolución y progreso.

La hora, deducida por métodos exclusivamente astronómicos, experimenta a lo largo del siglo XVIII una serie de hitos enfocados a impulsar el tejido astronómico en tierra, con el fin de obtener referencias de tiempo cada vez más precisas, lo que a la postre desembocará en la determinación de la hora en la mar, y en la solución al problema de la determinación de la longitud geográfica en la navegación, gracias al desarrollo del cronómetro marino de John Harrison. La inquietud en España por la obtención y medida del tiempo no pasó desapercibida para la Marina Real, por lo que junto a la fundación del Real Observatorio de Cádiz en 1753, y su posterior traslado a la Real Isla de

León en 1798, se introdujo la cronometría de longitudes gracias a las recomendaciones realizadas por Jorge Juan ante los irrefutables resultados del artesano inglés. Esta circunstancia sentaría las bases en tierras gaditanas del «Obrador de Relojería» de la mano del artesano francés Ferdinand Berthoud.

Durante los siglos XVIII y XIX, la astronomía de posición, por medio de las observaciones meridianas, fue la encargada de fijar la hora local. Por tanto, los observatorios astronómicos eran los únicos centros capaces de determinar y conservar la hora con cierta precisión. La necesidad de establecer con la mayor exactitud posible el momento del paso de una estrella por el meridiano del lugar de observación, convirtió al péndulo en un complemento imprescindible para la determinación de las coordenadas de un astro. Con la herencia instrumental procedente del Observatorio de Cádiz, el recién inaugurado Observatorio de La Real Isla de León materializaría, durante gran parte del siglo XIX, el meridiano de San Fernando, usado como meridiano cero en la cartografía náutica española hasta 1907, año en el que se adopta definitivamente el meridiano de Greenwich.

A principios del pasado siglo XX, la introducción de los péndulos libres de William Hamilton Shortt, con una precisión de alrededor de un segundo por año, permitió comprobar por primera vez la falta de regularidad de la rotación de la Tierra. A su vez, el descubrimiento de la piroelectricidad por los hermanos Jacques y Pierre Curie en 1880, estableció la base de la fabricación de relojes de cuarzo como referencia de tiempo, aunque no será hasta el primer cuarto del siglo XX, cuando se desarrollen los primeros osciladores de este tipo. Estos nuevos relojes comenzarían a emplearse en sistemas de comunicaciones y en laboratorios de metrología de tiempo y frecuencia a partir de 1927, generalizándose su uso para fines científicos a partir de 1945, tras la finalización de la Segunda Guerra Mundial y su incipiente uso en los sistemas de detección radar.

La «penúltima» etapa en el desarrollo de la medida del tiempo vendría de la mano de la generación de los relojes atómicos o de frecuencia de microondas. Este nuevo concepto supone otro «enfoque» físico en la obtención de la oscilación a partir de la frecuencia natural de las partículas atómicas, superando notablemente la precisión de los relojes de cuarzo. Desde 1943, los trabajos relacionados con los relojes atómicos han involucrado a 13 premios Nobel. Entre los logros alcanzados cabe reseñar la construcción del primer reloj atómico de cesio en 1955, por parte de los científicos Louis Essen y Jack Parry, del *National Physical Laboratory* (NPL). Tres años después, se inició la comercialización de los primeros patrones de estas características y gracias a la rápida proliferación y altas prestaciones presentadas acabó derivando en 1967 en una definición atómica de la unidad de tiempo, el segundo. Se consuma así el cambio de la hora basada en escalas de tiempo astronómico, a la fundamentada en escalas de tiempo físico y, por ello, en 1971 se implanta

la escala de *Tiempo Atómico Internacional* (TAI) como referencia universal para las medidas de tiempo, creándose ese mismo año la nueva Sección de Hora del Observatorio de San Fernando.

Actualmente, la demanda de precisión en la medida del tiempo y de la frecuencia, generada por el vertiginoso progreso tecnológico en los campos de la información y de la navegación, precisa de relojes de prestaciones aún más exigentes. En consecuencia, se fomentan investigaciones científicas internacionales relacionadas con relojes atómicos que operan en el rango óptico del espectro electromagnético, que proporcionan una precisión de al menos dos órdenes de magnitud superior respecto a las mejores realizaciones de microondas.

El problema de la longitud y su solución para determinar la posición en la mar

Durante los siglos XVI y XVII, Europa comenzó una expansión más allá del continente que dio lugar a un comercio marítimo sin precedentes. La navegación se convierte en uno de los principales asuntos de Estado y la dificultad de determinar la posición de los barcos en la mar constituye un problema tal que, en ocasiones, origina grandes retrasos e incluso naufragios, por la alteración de la derrota seguida. Esta circunstancia generó un considerable quebranto en los armadores y en la Hacienda de las naciones, cuyos navíos de guerra causaban baja sin siquiera haber entrado en combate. Fue entonces cuando quedaron definidas las cuatro determinaciones que eran objeto del arte de navegar: el rumbo, la distancia, la latitud, y por último la longitud, deducida a partir de la navegación por estima y cuya inexactitud se convirtió en un problema para los navegantes de la Edad Moderna.

Para determinar la hora en la mar y, por ende, la longitud, primero ha de establecerse un lugar de referencia en tierra, de longitud y hora local conocida, que pudiera llevarse a bordo. La longitud en la mar se calcula a partir de la diferencia horaria entre la hora local (deducida de la observación en la nueva ubicación) y la del reloj. Hasta mediados del siglo XVIII, no fue posible la aplicación de dos posibles soluciones. La primera de ellas, o método de las distancias lunares, se basa en el movimiento relativo de la Luna sobre la esfera celeste, a modo de un inmenso reloj. La segunda, o método de los cronómetros marinos, dependía del transporte de la hora, necesitando «guardatiempos» capaces de conservar la hora del meridiano de referencia durante el tránsito por mar (figura 1).

Aunque la corona inglesa estableció en 1714 un premio de hasta 20.000 libras para quien resolviera el problema de la longitud en la mar, fue el reino de España quien se anticipó en la búsqueda de una solución a este problema. En 1567, Felipe II convocó un concurso internacional, reiterado por su hijo Felipe III en 1598, tan pronto accedió al trono, a quien le proporcionase un

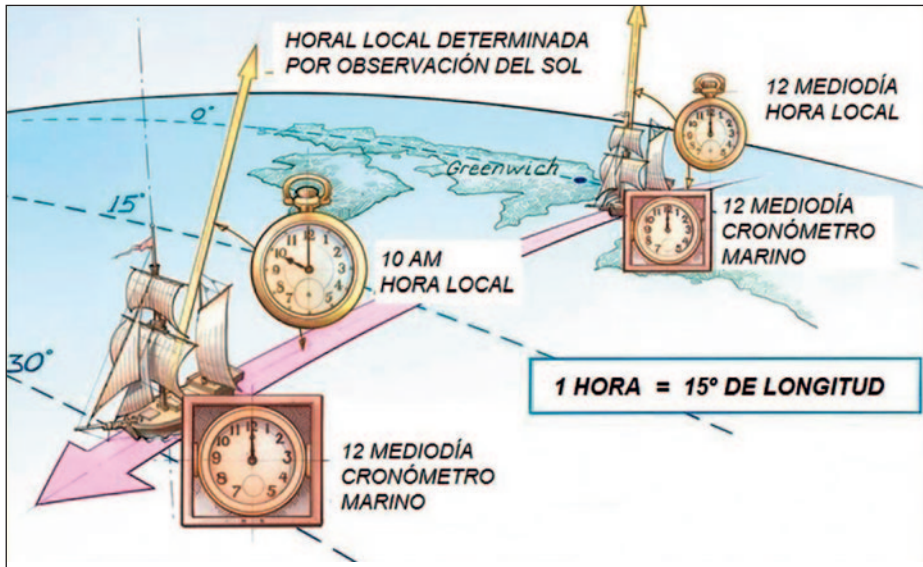


Figura 1. Determinación de la longitud por diferencias horarias

sistema de cálculo válido. Muchos lo intentaron, incluido Galileo, pero como ya vaticinara un cosmógrafo real de Felipe II, Alonso de Santa Cruz, autor del *Libro de las Longitudes* (1) «sin un reloj que funcionase en el mar con precisión no iba a resultar posible». En el caso de España, los premios quedaron desiertos, a diferencia de lo que ocurrirá con la recompensa británica, cobrada por completo por el carpintero relojero John Harrison (2) tras una historia muy azarosa. Sin embargo, a pesar de la utilidad avalada de los cronómetros marinos, su uso a bordo tardaría en generalizarse.

(1) *Libro de las longitudes y manera que hasta agora se ha tenido en el arte de navegar, con sus demostraciones y exemplos, dirigido al muy Alto y muy Poderoso Señor don Philippe Segundo, de este nombre, Rey de España, por Alonso de Santa Cruz, su cosmographo Mayor.* En la parte interior de las cubiertas y última página útil puede leerse: El libro fue redactado como consecuencia de la junta de cosmógrafos, astrólogos y otras personas doctas en semejantes ciencias para el examen de ciertos instrumentos de metal que Pedro Apiano, alemán, hizo para dar, por ellos, la longitud, especialmente en el mar. La junta se reunió en Valladolid a 7 de agosto de 1554.

(2) Descrito por Dava Sobel en su novela *Longitud*, gracias al H4 penúltimo reloj de la serie que fabricó, «conservó el tiempo» con un error de cinco segundos en una travesía de 80 días, y pudo reclamar la totalidad del premio a la Junta de Longitud.

La Armada y la introducción de la cronometría de longitudes en la España del siglo XVIII

España, como potencia marítima y colonial, no podía permanecer ajena a los progresos que se estaban realizando en el campo de la cronometría de longitudes. Durante el siglo XVIII, ante la falta de instituciones astronómicas, la Marina tuvo que hacerse cargo del fomento de la astronomía práctica y del desarrollo de la navegación astronómica, impulsando la formación de nuevos oficiales con conocimientos científicos y la práctica de las nuevas técnicas de navegación. Jorge Juan propuso la adquisición de algunos cronómetros marinos tal como lo prueba un informe al marqués de la Ensenada fechado en 1750, donde el marino afirma haber visto el reloj de Harrison, cosa no muy fácil de conseguir en ese momento, dado el secreto que rodeó su construcción.

Los primeros «relojes de longitud» adquiridos por la Armada, fueron construidos por Ferdinand Berthoud y llegaron a Cádiz entre 1775 y 1776. Mientras tanto, el inventario de cronómetros del Observatorio se incrementaba con nuevas adquisiciones de manufactura inglesa, más asequibles, de la mano del artesano John Arnold, cuyos relojes comenzaron a ser adquiridos por algunos oficiales de Marina, tal como hicieran Malaspina y Mazarredo. Por otra parte, el elevado coste de reparación en fábrica de los cronómetros averiados y la imposibilidad de satisfacer los plazos de entrega, provocó que un Berthoud entrado en años, acogiera y formara a un pensionado español. Cayetano Sánchez, protegido del conde de Floridablanca, sería el germen en 1793 del obrador de relojería de la Isla de León, que quedaría integrado en el nuevo Observatorio.

La hora en el Observatorio de la Isla de León y su difusión: el Servicio de Hora

La astronomía de posición y la determinación de la hora estuvieron siempre ligadas al péndulo de precisión hasta principios del siglo XX, siendo además un instrumento imprescindible para proporcionar la hora local entre observaciones. Por ello, en 1834 llegó a San Fernando un reloj de péndulo astronómico a semejanza del utilizado en el Observatorio de Greenwich. Asimismo, el Observatorio se encargó de la adquisición, depósito, mantenimiento y reparación de los cronómetros de diversa manufactura que pasarán por el taller de Relojería: *Arnold, Dent, Losada, French, Frodsham, Johansen, Parkinson, Hughes, Ditisheim, Mercer, Hamilton, Glashütte y Ulysse Nardin*. Mención expresa merece el fabricante español José Rodríguez Losada, cuya estrecha relación con la Armada española propició que entre 1857 y 1867 se suministraran más de 70 cronómetros marinos procedentes del obrador de relojería que este afamado artesano regentaba en la calle Regent Street

de Londres, compitiendo en calidad y precisión con los mejores relojeros del momento.

Una vez obtenida la hora local, se propuso difundirla por medio de señales visuales. Para ello, el Observatorio de San Fernando inauguró su bola de señales horarias en 1878 (3). Desde entonces, la caída de «la bola» ha marcado diariamente la hora a las 01h 00m 00s de tiempo medio astronómico de San Fernando (13:00). Este sistema contribuyó a que los buques y dependencias de la Armada que podían observarlo pudieran sincronizar sus cronómetros y equipos horarios. Sin embargo, la aparición de la telegrafía inalámbrica conllevó la instalación en el Observatorio (1915) de la primera estación receptora radiotelegráfica y el pase a un segundo plano de «la bola». Este equipo recibía señales horarias internacionales emitidas desde París, permitiendo la comparación de éstas con el péndulo magistral, estableciéndose por primera vez un control externo de los relojes del Observatorio con independencia del control local. En consecuencia, la telegrafía sin hilos propició la comparación diaria entre péndulos y servicios horarios de institutos científicos internacionales. Posteriormente, en 1928, se actualizaría el Servicio de Hora con la instalación de un sistema radiotelegráfico junto a un péndulo astronómico, proporcionando éste una doble función: el control de la hora de otros observatorios y la difusión de la hora obtenida en San Fernando mediante las observaciones astronómicas locales.

La definición física de la hora y la creación de la Sección de Hora

La introducción de los relojes de péndulo libre significó un sustancial avance frente a los péndulos astronómicos tradicionales que, en pocos años, fueron desplazados de los observatorios. La adquisición por el Observatorio de dos de estos instrumentos de la firma William H. Shortt entre 1935 y 1952, supuso la constatación de la irregularidad de la rotación terrestre y, posteriormente, la reorganización del Servicio de Hora para participar en la tercera Campaña Internacional de Longitudes y comunicar al *Bureau International de l'Heure* (BIH) la puesta en marcha de este servicio como parte de la Sección de Astronomía. Años después, el desarrollo de los osciladores de cristal de cuarzo y su paulatina incorporación a los servicios horarios permitió que los

(3) La bola de señales horarias del Observatorio de San Fernando fue inaugurada el 1 de mayo de 1878. Su adquisición había sido ordenada dos años antes, por una Real Orden fechada el 28 de septiembre de 1876 que dispuso la adquisición de una «bola de tiempo» (*time ball*) que sirviera para difundir diariamente la hora determinada mediante observaciones astronómicas a los buques surtos en la bahía de Cádiz y en los caños de La Carraca. El aparato, que costó 235 libras y cuatro chelines, fue construido en Londres y llegó al Observatorio de San Fernando a fines de 1877, siendo Cecilio Pujazón el director del Observatorio.

patrones de tiempo y frecuencia basados en esta tecnología conservaran el tiempo con variaciones inferiores a la milésima de segundo por día. En consecuencia, la dirección del Observatorio proyectó en 1953 un nuevo servicio de hora basado en dos relojes de cuarzo marca *Belin* (figura 2) e integrado con los péndulos de precisión e instrumentos astronómicos de paso ya existentes.



Figura 2. Relojes de cuarzo *Belin* (1953)

La precisión de los relojes de cuarzo fue pronto superada por el desarrollo de los osciladores atómicos a mediados del siglo XX. Aunque el primer prototipo apareció en 1949, no sería hasta 1955 cuando el primer reloj basado en la resonancia de «un conjunto de átomos aislados» fuera construido por el NPL. Seguidamente, en 1958, las primeras unidades comerciales comenzaron a estar disponibles. En consecuencia, la 13.^a Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), en 1967, adoptó oficialmente una definición física del segundo basada en la resonancia del átomo de cesio 133, y poco después, en la 14.^a CGPM (1971), se decide implantar el TAI como referencia universal para las medidas de tiempo, a partir de la integración de segundos materializados en laboratorios. Se consumaba así el relevo de la hora basada en escalas de tiempo dinámico (astronómico), por la materializada mediante escalas de tiempo integrado (físico).

Como consecuencia de estos cambios, el 9 de marzo de 1971 se crea una nueva Sección, la de Hora, asumiendo las tareas del Servicio de Hora encua-



Figura 3. Reloj de haz de cesio *Oscillatom* (1972)

drado hasta entonces en la Sección de Astronomía. Para desempeñar esta nueva responsabilidad, en 1972 se adquirió un nuevo sistema horario compuesto de dos relojes de haz de cesio, modelo *Oscillatom B5000* (figura 3), de la firma suiza Ebauches S. A., puestos en hora en el Observatorio de Neuchâtel, y transportados en funcionamiento hasta San Fernando.

La Sección de Hora entre 1971 y 1990

Ubicada en el edificio principal, junto a la Sección de Astronomía, asume la «determinación, mantenimiento y difusión de las escalas de tiempo físico y astronómico de acuerdo con los requisitos internacionales», de conformidad con el Decreto 3852/1970, de reorganización del Instituto y Observatorio de Marina. El teniente de navío Benavente Sierra fue designado para planificar las actuaciones encaminadas a la puesta en marcha de las nuevas instalaciones inauguradas por el ministro de Marina, Adolfo Baturone Colombo, en abril de 1972. La publicación de un nuevo reglamento del Observatorio en julio de 1972 (O. M. 451/72) recogerá por primera vez a la Sección de Hora como parte de su organización.

Este período se caracterizó por la participación en importantes proyectos nacionales e internacionales y la cooperación en organismos internacionales

de tiempo y frecuencia. El principal proyecto a nivel internacional relacionado con la distribución precisa de la hora y la sincronización de relojes a distancia, fue la campaña de sincronización por sobrevuelo (4) efectuada entre los observatorios de París y de San Fernando en 1977. Un año después, el Observatorio acogería el primer Simposio de la Unión Astronómica Internacional sobre «La hora y la rotación de la Tierra». A nivel estatal, en 1983, el Ministerio de Industria y Energía, dentro del marco del «Suministro y Calibración Industrial» (SCI), designa a la Sección de Hora como «Laboratorio de Referencia» en el campo de la Metrología de Tiempo y Frecuencia. En el seno de la Armada, la Sección llevó a cabo la investigación, diseño y desarrollo de algunos prototipos que sirvieron de ayuda a la navegación de los buques de la Flota, entre los que destacó la Central Horaria Naval (CHN), que el Estado Mayor de la Armada ordenó incorporar, tanto en unidades en tierra (5) como en la mar, a partir de 1982. Este sistema constituyó una base de tiempos cuya versatilidad, fiabilidad y precisión permitió utilizarla incluso como patrón secundario de hora.

La escala de referencia internacional Tiempo Universal Coordinado (UTC) surge en 1962 y es oficialmente adoptada en 1972. El Observatorio ha contribuido de forma ininterrumpida con sus patrones atómicos en la generación de esta escala de tiempo desde el año de su adopción formal, aunque esta labor queda realmente consolidada con la publicación del R. D. 2781/1976, considerándose así la escala UTC mantenida por el Instituto y Observatorio de Marina UTC(OMSF) como la base nacional de la Hora Legal en España. Con esta designación, la Sección de Hora asume la responsabilidad de mantener y difundir la hora oficial, que deriva de UTC(OMSF), realización práctica de UTC y trazada metrológicamente a esta conforme a lo indicado por el BIH en sus informes anuales. Con la desaparición del BIH y consiguiente integración en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) en 1988, en lo que respecta a la realización del TAI, la trazabilidad a UTC pasa a publicarse en la *Circular T*. A partir de la *Circular T* núm. 8 (septiembre de 1988), la escala pasó a denominarse UTC(ROA).

La difusión de la hora a cargo de los servicios radiotelegráficos de la Sección de Hora tuvo una doble función: la ayuda a la navegación y otros estudios generales relacionados con la hora (6). En marzo de 1976, comen-

(4) Esta experiencia de sincronización entre el Observatorio de París y el de San Fernando dio como resultado la siguiente diferencia entre escalas de tiempo: UTC(OP)-UTC(OMSF) = $(4,833 \pm 0,020) \mu s$.

(5) Una CHN se instaló como referencia horaria en la Base Juan Carlos I de despliegue español durante la I Campaña Antártica realizada en el año 1988.

(6) Las señales emitidas sirvieron de referencia para mejorar la precisión en las determinaciones de longitudes, estudio de las irregularidades de la rotación terrestre, determinaciones prácticas de la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas (en el margen de

zaron las emisiones horarias destinadas a difundir diariamente la hora legal, durante dos periodos de 25 minutos, en 12008 y 8543,5 kHz, respectivamente (esta última modificada a 6840 kHz desde enero de 1977), entre las 10:00 y 11:00 horas UTC y con precisiones de $\pm 0,2$ ms. El indicativo de la estación de señales horarias «EBC» pronto se hizo popular a nivel internacional intercambiándose informes de recepción (QSL) muy singulares (figura 4).

INFORME DE RECEPCION

RPC

emisora: STATION EBC SAN FERNANDO SPAIN

fecha y data: 18.02.1988 10:00 - 10:25 s/off

frecuencia: 12,008 MHz - 25 m

calidad de recepcion: 32332

obs: QRM R.Moscow 12,01 MHz

detalles de lo programa escuchado: Time signals

receptor: SONY ICF-2001

antena: Doublet 25 mb

Gostaria de recibir una tarjeta qsl y otras informaciones desta emisora de lahora.

Muy atentamente

Jose Ricardo M. Oliveira

R. Pedro Carvalho nº 145 c/3

20.721 Rio-RJ

BRASIL

350-31 - RIO DE JANEIRO - RJ

Carnaval de Rua

Street Carnival

RIO, 22.02.88

SELO

STATION EBC

INSTITUTO Y OBSERVATORIO

DE MARINA - SAN FERNANDO

CADIZ ESPAÑA

Figura 4. QSL de una estación radio de Río de Janeiro (1988)

La Sección de Hora entre 1990 y 2016

La progresiva incorporación de personal y de nuevos patrones atómicos y equipamiento asociado, cada vez más modernos y de mejores prestaciones metrológicas, ocasionó el traslado al edificio que años atrás había albergado al Servicio de Hidrografía (figura 5). Se consolidaba así la Sección de Hora, estructurada en los servicios de Hora, de Cronometría Naval y de Electrónica y Calibración. Dos años después, el R. D. 1308/1992 declararía al Laboratorio

radiofrecuencias), y sobre todo, la definición y distribución del segundo de Efemérides, así como la intercomparación a distancia de los distintos patrones de tiempo y frecuencia.



Figura 5. Salas de difusión de tiempo (primer plano) y de patrones atómicos (al fondo)

del ROA como laboratorio depositario del Patrón Nacional de Tiempo y laboratorio asociado al Centro Español de Metrología (CEM). La definición y mantenimiento del patrón de la unidad básica de tiempo y la realización de la escala de tiempo UTC(ROA) la viene llevando a cabo con una batería de patrones, compuesta por dos máseres de hidrógeno activo y cinco patrones de haz de cesio.

Junto a los sistemas de adquisición automática y de control de datos generados por los patrones, y a la distribución interna y monitorización de sus señales, se fueron reorganizando los sistemas de transferencia de tiempo (basados en sistemas globales de navegación por satélite GNSS, mediante técnicas específicas de tiempo, o en satélites de comunicaciones, mediante doble encaminamiento o dos vías —TWSTFT—) y los de diseminación (fundamentalmente vía internet, mediante protocolo de tiempo de internet *NTP*), facilitando la definición y el mantenimiento y difusión de la Escala.

La Orden PRE/1551/2003 establecía como Organismo respecto del cual efectuar la sincronización de fecha y hora para los servicios de registro y de notificación telemática, al Observatorio en virtud de su condición de depositario del Patrón Nacional de Tiempo, siendo el Observatorio quien establece el *NTP* como protocolo de sincronismo. Bajo este marco regulador, se suscriben

diferentes acuerdos de colaboración con organismos públicos y privados para el suministro de sincronismo preciso, entre los que destacan el Colegio de Registradores de la Propiedad (2003) y la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre - Real Casa de la Moneda (2006). La entrada en vigor de la Orden PRE/878/2010 deroga la Orden PRE/1551/2003, aunque no afectará al papel desempeñado por el Observatorio en lo concerniente a la referencia temporal de actos y certificaciones.

En este período y en el marco internacional, la presencia del Observatorio se ve reforzada en diversos foros internacionales, entre ellos en el Comité Consultivo de Tiempo y Frecuencia (CCTF) y en sus grupos de trabajo, y en el Comité Técnico de Tiempo y Frecuencia de EURAMET (Asociación Europea de Institutos Nacionales de Metrología), a la vez que acrecienta su participación en proyectos científicos, tanto en el seno del CCTF y de EURAMET, como con la Agencia Espacial Europea y la Comisión Europea en lo que respecta al desarrollo del proyecto Galileo. Como consecuencia de la notable colaboración internacional, el Observatorio acoge en el 2008 al «V International Time Scale Algorithms Symposium», organizado en colaboración con el subgrupo de trabajo de Algoritmos del CCTF y los institutos metrológicos nacionales de tiempo estadounidense (USNO) e italiano (INRiM).

La Sección de Hora: presente y futuro

En septiembre de 2017, S. M. el Rey Felipe VI inaugura el nuevo edificio de Hora (figura 6). En él se continuará con la elaboración, mantenimiento y difusión del Patrón Nacional de Tiempo y permitirá llevar a cabo actividades de investigación y desarrollo en patrones de tiempo y frecuencia de laboratorio. Desde 2019 se desarrolla el proyecto de Construcción e Implementación de un reloj de red óptica de Estroncio (CIROEs), dentro del programa de I+D de Defensa para el período 2019-2022. Este trascendental hito para nuestra institución posibilitará el establecimiento de un núcleo español de desarrollo de patrones ópticos, con el que mantenerse en el estado del arte en tecnologías vinculadas a la metrología cuántica del tiempo y la frecuencia. Estos nuevos patrones ofrecen una exactitud y una estabilidad sin precedentes, al menos cien veces mejor que los actuales patrones de microondas. Este proyecto lleva aparejado el desarrollo de nuevas técnicas de transferencia de tiempo y frecuencia, mediante el empleo de las redes de fibra óptica actualmente disponibles en el territorio nacional, lo que está suponiendo un considerable esfuerzo para adaptarlas a este nuevo uso para el que no fueron diseñadas, proporcionando incertidumbres en la transferencia/disenminación equiparables a las de los relojes en desarrollo.



Figura 6. Inauguración del edificio de la Sección de Hora (2017)

Mientras tanto, las colaboraciones internacionales tanto en el seno del CCTF, como de EURAMET o en lo que respecta a Galileo, mantienen su curso y seguirán siendo prioritarias.

Conclusiones

Desde su creación, el Real Instituto y Observatorio de la Armada se ha adecuado progresivamente a las innovaciones y desarrollos de cada época. Siguiendo esa pauta, en sus 50 años de historia, la Sección de Hora ha logrado mantener un alto nivel de fiabilidad y eficacia en los distintos ámbitos de su actividad metrológica, equiparable al de otros institutos metrológicos destacados del ámbito internacional, en aras de proporcionar un mejor servicio al ciudadano y hacer frente a las modernas exigencias que la industria e investigación demandan. Son dignas de mención sus aportaciones científico-técnicas a nivel europeo, particularmente las relacionadas con la transferencia precisa de tiempo, y con la provisión de tiempo Galileo pero, sin duda, el desarrollo, mantenimiento y difusión de un nuevo patrón nacional de tiempo basado en frecuencias ópticas constituirá el principal hito marcado en estos años, que con tesón, esfuerzo, e ilusión, a buen seguro se sumará a aquellos logrados por todos los que nos precedieron.

El crucero *Miguel de Cervantes* en 1951 y su hidro de reconocimiento *Heinkel H-14* incorporado tras la modernización del buque en 1945.
(Autor: Txema Prada)

