



Personajes españoles relevantes en el campo de la metrología



1ª edición, noviembre 2022

TRES SIGLOS DE ESPAÑA EN METE

1700

1800



1713 JORGE JUAN Y SANTACILIA 1773



1744 AGUSTÍN BERNARDO DE PEDRAYES Y FOYO 1815

1760 GABRIEL CÍSCAR Y CÍSCAR 1829



1804 VICENTE JULIÁN VIQUEIRO QUEIPO D



1825 CARLOS IBÁÑEZ DE IBERO

1716 ANTONIO DE ULLOA Y DE LA TORRE 1795

1807 JOAQUÍN ALFONSO MARTÍ 1857



1761 JOSÉ DE MENDOZA Y RÍOS 1816

1878

1846 FRANCISCO ARRILLAC

1762 FAUSTO DE VALLÉS Y VEGA 1827

1852 LE

AÑOS RELEVANTES CROLOGÍA

1900



2000



ENRÍQUEZ DE
OTERO 1891



1935 JOSÉ M^A BALMISA
PÁRAMO 2008

1935 MANUEL CADARSO
MONTALVO 1989

ÁZQUEZ
DE LLANO 1893

1919 ALBERTO ORTE LLEDÓ 2011

1917 LEONARDO VILLENA PARDO 2015

JOSÉ MARÍA OTERO NAVASCUÉS
1907 ENRÍQUEZ DE LA SOTA 1983

BLAS CABRERA Y
FELIPE 1945

1946 RAFAEL BOLOIX
CARLOS-ROCA 2019

DE PAULA
Y GARRO 1920

1928 CARLOS ENRIQUE
GRANADOS GONZÁLEZ 2009



LEONARDO TORRES
QUEVEDO 1936

1943 JAVIER CARRO DE
VICENTE PORTELA 2018





Personajes españoles relevantes en el campo de la metrología



1ª edición, noviembre 2022

Personajes españoles relevantes en el campo de la metrología

Una Publicación del Centro Español de Metrología en colaboración con el Comité de Metrología del Instituto de la Ingeniería de España.

En esta publicación se ha utilizado papel de acuerdo con los criterios medioambientales de la contratación pública vigente.

1ª edición. Noviembre 2022.

Edita: Centro Español de Metrología OA.MP.

Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, sin permiso expreso y escrito de los titulares del copyright.

© Centro Español de Metrología e Instituto de la Ingeniería de España

NIPO: 113220263 (papel)

NIPO: 113220279 (digital)

Depósito Legal: M-26106-2022

La figura “3i” de la portada representa las tres características intrínsecas de la metrología: es invasiva, invisible e ignorada.

Contenido

Contenido.....	3
Prólogo.....	7
<i>SIGLO XVIII</i>	
Introducción.....	8
Jorge Juan y Santacilia.....	9
Notas biográficas	9
Su contribución a la metrología.....	10
Bibliografía destacada	11
Antonio de Ulloa y de la Torre.....	13
Notas biográficas	13
Su contribución a la metrología.....	14
Bibliografía destacada	14
Agustín Bernardo de Pedrayes y Foyo	17
Notas biográficas	17
Su contribución a la metrología.....	18
Bibliografía destacada	20
Gabriel Císcar y Císcar.....	21
Notas biográficas	21
Su contribución a la metrología.....	22
Bibliografía destacada	23
José (o Joseph o Josef) de Mendoza y Ríos.....	25
Notas biográficas	25
Su contribución a la metrología.....	26
Bibliografía destacada	27
Fausto de Vallés y Vega, Barón de la Puebla.....	29

Notas biográficas	29
Su contribución a la metrología	29
Bibliografía relevante	30
<i>SIGLO XIX</i>	
Vicente M ^a Julián Vázquez Quiroga Queipo de Llano.....	31
Notas biográficas	31
Su contribución a la metrología	32
Bibliografía destacada.....	33
Joaquín Alfonso Martí	35
Notas biográficas	35
Su contribución a la metrología	35
Bibliografía destacada.....	36
Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, General y Marqués de Mulhacén	37
Notas biográficas	37
Su contribución a la metrología	38
Bibliografía destacada.....	39
Francisco de Paula Arrillaga y Garro	41
Notas biográficas	41
Su contribución a la metrología	42
Bibliografía destacada.....	42
Leonardo Torres Quevedo	45
Notas biográficas	45
Su contribución a la metrología	46
Bibliografía destacada.....	47
Blas Cabrera y Felipe.....	51
Notas biográficas	51

Su contribución a la metrología.....	52
Bibliografía destacada	53
<i>SIGLO XX</i>	
José María Otero Navascués Enríquez de la Sota	55
Notas biográficas	55
Su contribución a la metrología.....	56
Bibliografía destacada	57
Leonardo Villena Pardo.....	61
Notas biográficas	61
Su contribución a la metrología.....	62
Bibliografía destacada	63
Alberto Orte Lledó.....	65
Notas biográficas	65
Su contribución a la metrología.....	66
Bibliografía destacada	67
Carlos Enrique Granados González.....	69
Notas biográficas	69
Su contribución a la metrología.....	69
Bibliografía destacada	71
Manuel Cadarso Montalvo	75
Notas biográficas	75
Su contribución a la metrología.....	76
Bibliografía destacada	77
José M ^a Balmisa Páramo	79
Notas biográficas	79
Su contribución a la metrología.....	79

Bibliografía destacada.....	80
Javier Carro de Vicente Portela	81
Notas biográficas	81
Su contribución a la metrología	82
Bibliografía destacada.....	83
Rafael Boloix Carlos-Roca	87
Notas biográficas	87
Su contribución a la metrología	88
Bibliografía destacada.....	89
Fuentes de las imágenes recogidas en el texto.....	82
Referencias.....	94

Prólogo

Todas las ramas de la ciencia, y la *Metrología* como una de ellas, evolucionan con el esfuerzo, vocación e ilusión de miles de científicos en su quehacer diario, sin que ello llegue a trascender a la sociedad. No obstante, entre los muchos científicos, algunas mentes brillantes destacan y marcan el camino a seguir en las diferentes disciplinas. En Metrología también ha ocurrido así desde siempre e incluso algunos de los grandes científicos que son ampliamente conocidos por sus trabajos en disciplinas diferentes a la metrología, también han desarrollado un papel relevante en esta última y muy pocos conocen esta faceta.

La iniciativa del Comité de Metrología del Instituto de Ingeniería de España de reunir en una publicación una colección de fichas de ilustres figuras científicas españolas que han trabajado en el campo de la metrología me parece todo un acierto y responde a la necesidad de difundir nuestra memoria histórica, tan rica, prolija y poco conocida. La metrología, caracterizada por las tres “i”: *invasiva, invisible e ignorada*, por desgracia también extiende esa última propiedad a sus grandes mentes, que tanto han aportado a su desarrollo.

Espero que cuando leas esta publicación te sientas orgulloso de descubrir las aportaciones que estos ilustres “metrólogos” españoles nos han legado y gracias a los cuales hoy vivimos en una sociedad de progreso con un alto nivel de vida. Te animo a que profundices en la biografía de cada uno de ellos.

Como decía Newton: *“Si hemos llegado hasta aquí es porque hemos estado sentados a hombros de gigantes”*.

Tres Cantos, 11 de julio de 2022

José Ángel Robles Carbonell

Director del Centro Español de Metrología

Introducción

En un momento de la historia donde la ciencia de la medida, la metrología, está muy presente en los desarrollos científicos y técnicos que están revolucionando el estado de bienestar de la sociedad del siglo XXI, nos ha parecido oportuno mirar atrás y hacer un ejercicio de reconocimiento a aquellos personajes singulares españoles ya fallecidos que han marcado hitos en la historia de la metrología nacional e internacional.

La relación expuesta en esta publicación no es en ningún caso absoluta ni recoge todos los científicos y personalidades que en los últimos siglos han trabajado en el desarrollo de la metrología ya que, en algunos de los casos, ha sido imposible encontrar información suficiente. Por citar algunas de ellas no recogidas aquí y que nos vienen a la mente tenemos, por ejemplo, al teniente de navío D. José González, que colaboró con Méchain en las medidas del arco del meridiano en las localizaciones de Barcelona y Josep Chaix, que también colaboró con Méchain, o científicos más actuales como el Teniente de Artillería D. Guillermo Sans Huelin, secretario de la Comisión Permanente de Pesas y Medidas e ingeniero jefe del servicio de metrología y José Catalán Chillerón, ambos del Instituto Geográfico y Catastral, el Teniente Coronel de Artillería D. Francisco Cerón y Cuervo, el Comandante D. Méndez Parada y el Capitán de Artillería D. José Rexach y Fernández de Parga del desaparecido Taller de Precisión y Centro Electrotécnico de Artillería, además de un largo etc. que seguramente en futuras ediciones de esta publicación engrosarán sus páginas.

Esta recopilación de personajes ilustres españoles en metrología, que en modo alguno pretende ser exhaustiva, se basa en una selección personal de los miembros del Comité de Metrología del Instituto de la Ingeniería de España y de expertos del CEM, así como en material histórico y bibliográfico existente y disponible para consulta. Asimismo, su orden de aparición no constituye prelación entre ellos sino que está basada en su fecha de nacimiento.

Jorge Juan y Santacilia



Notas biográficas

- Nació en Novelda el 5 de enero de 1713.
- Falleció en Madrid el 21 de junio de 1773.
- 1730 Guardiamarina. Intervino en campañas contra los piratas y en la expedición a Orán.
- 1734. Representante de España en la expedición de Charles Marie de La Condamine a Perú.
- 1748. El Marqués de la Ensenada le encarga viajar a Inglaterra para estudiar las técnicas navales inglesas.
- 1752. Director de la Academia de Guardiamarinas de Cádiz.
- 1753. Fernando VI lo asciende a Capitán de Navío.
- 1757. A propuesta de Jorge Juan, se crea el Real Observatorio Astronómico de la Marina, aplicado a la Navegación, actualmente Real Observatorio de la Armada, en San Fernando (Cádiz)
- 1760. Jefe de escuadra de la Armada Real.
- 1767. Nombrado por Carlos III Embajador extraordinario en Marruecos.

- 1765. Propone a Carlos III la creación de un Observatorio para el estudio de la Astronomía y Ciencias de la Tierra, y en 1785, ya fallecido, se comienza la construcción del Real Observatorio de Madrid.
- 1773. Nombrado por el Rey Director del Seminario de Nobles.
- Miembro de la Orden de Malta, desde los doce años.

Existen monumentos en su honor en Novelda (Alicante), El Ferrol (La Coruña), Madrid capital, Pichicha (Ecuador), así como en el Real Observatorio de Madrid y en el Real Observatorio de la Armada, ofrecido por la Real Academia de Ingeniería.

Su contribución a la metrología

En 1734, junto con Antonio de Ulloa, es designado por Felipe V para colaborar, en nombre de España, en la expedición de Charles Marie de La Condamine, organizada por la Real Academia de Ciencias de París, para medir un grado del arco de meridiano terrestre en la línea ecuatorial, en América. Su participación fue trascendental para el éxito de la misión, en la que se determinó también el grado de achatamiento de la tierra por los polos. En los últimos años, elaboró un plan para la expedición que realizaría el cálculo del paralaje del Sol, es decir, la medición de su distancia a la Tierra, sirviéndose para ello del tránsito de Venus por el disco solar. La expedición, dirigida por Vicente Doz, salió de Cádiz en 1769 y el 3 de junio midieron desde la costa de California dicho tránsito. Los resultados entre las diferentes mediciones fueron muy satisfactorios para la determinación de la escala del sistema solar.

Jorge Juan, junto con Antonio de Ulloa, resolvió diversos problemas de metrología práctica referidos en su obra “Las observaciones Astronómicas y físicas hechas en los Reinos del Perú de las cuales se deduce la figura y magnitud de la tierra” Entre otros, determinó la latitud de los lugares por los que pasó, midió la oblicuidad de la eclíptica, calculó una tabla de declinaciones del sol, midió la longitud, observando las inmersiones y emersiones de los satélites de Júpiter, determinó la dilatación térmica de los metales, midió alturas sobre el nivel del mar mediante el barómetro simple, midió la velocidad del sonido y estudió sus aplicaciones en geodesia y navegación, midió la amortiguación y el retardo de un péndulo

simple construido en Quito y calculó las “partes meridionales” del elipsoide terrestre para poder navegar sobre él.

Bibliografía destacada

- Observaciones Astronómicas, y Phycicas, hechas de orden de S. M. en los reynos del Perú [...], de las quales se deduce la Figura y magnitud de la Tierra, y se aplica a la navegacion, Madrid, 1748.
- Dissertacion historica, y geographica sobre el meridiano de demarcacion entre los dominios de España, y Portugal, y los parages por donde passa en la America Meridional, conforme à los Tratados, y derechos de cada estado, y las mas seguras, y modernas observaciones / por Don Jorge Juan y Don Antonio de Ulloa. En Madrid: en la Imprenta de Antonio Marin, 1749.
- Examen Marítimo Theórico Práctico, ó Tratado de Mechanica aplicado á la Construcción, Conocimiento y Manejo de los Navíos y demás Embarcaciones, Madrid, 1771, 2 vols.
- Estado de la astronomía en Europa: y juicio de los fundamentos sobre que se erigieron los systemas del mundo, para que sirva de guia al metodo en que debe recibirlos la nacion, sin riesgo de su opinion, y de su religiosidad / su autor Jorge Juan y Santacilia ...Madrid, en la Imprenta Real de la Gazeta, 1773.
- Carta de don Jorge Juan a don Sebastián Canterzani sobre las observaciones del paso de Venus por el disco del Sol. Madrid, en la Imprenta Real, 1809, pp. 160-163.
- Compendio de navegacion para el uso de los cavalleros Guardias Marinas / por Jorge Juan, España, Cádiz.
- Método de levantar y dirigir el mapa o plano general de España Madrid, en la Imprenta Real, 1809, pp. 143-151.

Antonio de Ulloa y de la Torre



Notas biográficas

- Nació en Sevilla el 12 de enero de 1716.
- Falleció en Villa de la Real Isla de León, actualmente San Fernando (Cádiz) el 5 de julio de 1795.
- 1733 Ingreso en la Academia de Guardiamarinas.
- 1735. Representante de España en la expedición de La Condamine, junto con Jorge Juan.
- 1746. Elegido miembro de la Royal Society.
- 1752. Fundador del Estudio y Gabinete de Historia Natural, actual Museo de Ciencias Naturales.
- 1753. Fernando VI lo asciende a Capitán de Navío.
- 1760. Ascendido a Contralmirante.
- 1756-1764. Gobernador y superintendente de las minas de mercurio de Huancavelica (Virreinato de Perú).
- Descubridor del platino, al que llamó "platina del Pinto".
- Miembro de:

- Real Academia de las Ciencias de Suecia
- Academia Prusiana de las Ciencias
- Miembro correspondiente de la Real Academia de Ciencias de París.

Un monumento en su honor está erigido en el emplazamiento turístico ecuatoriano "Ciudad Mitad del Mundo".

En la fachada del Palacio de Fomento (Madrid) hay una estatua suya del escultor José Alcoverro.

Su contribución a la metrología

En 1734, junto con Jorge Juan, es designado por Felipe V para colaborar, en nombre de España, en la expedición francesa de La Condamine, organizada por la Real Academia de Ciencias de París, para medir un grado del arco de meridiano terrestre en la línea ecuatorial, en América. Su participación fue trascendental para el éxito de la misión, en la que se determinó también el grado de achatamiento de la tierra por los polos.

Participó en el establecimiento del Observatorio de San Fernando (Cádiz) y en el del primer gabinete de Historia Natural y Laboratorio de Metalurgia.

Bibliografía destacada

- Tratado físico e historia de la aurora boreal (1752).
- Modo de facilitar los correos de España con el reyno del Perú (1765, publicada en Sevilla en 2001)
- Noticias americanas: entretenimientos físico-históricos sobre la América meridional, y la septentrional oriental: comparación general de los territorios, climas y producciones en las tres especies vegetal, animal y mineral (1772).
- La marina: Fuerzas navales de la Europa y costas de Berbería (c.1773, obra inédita, censurada por el gobierno, el manuscrito original se encuentra en el Archivo General de Simancas, publicada por la Universidad de Cádiz en 1996).
- Observación en el mar de un eclipse de sol (1778)

En colaboración con Jorge Juan:

- Plan del camino de Quito al río Esmeraldas, según las observaciones astronómicas de Jorge Juan y Antonio de Ulloa (1736–1742).
- Observaciones astronómicas y físicas hechas en los Reinos del Perú (Madrid, 1748).
- Relación histórica del viaje hecho de orden de su Majestad a la América Meridional (Madrid, 1748).
- Disertación Histórica y Geográfica sobre el Meridiano de Demarcación entre los dominios de España y Portugal (1749).

Agustín Bernardo de Pedrayes y Foyo



Notas biográficas

- Nació en Lastres (Asturias) el 28 de agosto de 1744.
- Falleció en Madrid el 26 de febrero de 1815.
- 1762. Finaliza sus estudios de filosofía en Santiago de Compostela y algo más tarde (en 1767) los de leyes y teología.
- 1769. Se traslada a Madrid y es nombrado Maestro de Matemáticas de la Real Casa de Caballeros Pajes de su Majestad.
- 1786-1790. Enseña matemáticas en el Real Seminario de Nobles.
- 1790. Se retira por enfermedad a su pueblo natal, sin formal jubilación pero cobrando su sueldo.
- 1794. Conoce a Gaspar Melchor de Jovellanos, con quien colabora en la organización de la enseñanza de las Matemáticas en el Instituto de Gijón.
- 1796. Regresa a Madrid, y continúa su dedicación a las matemáticas.
- 1797. Su solución propuesta a un problema de cálculo infinitesimal dotado con varios premios tuvo gran consideración y se le invita a concurrir con los sabios designados por Francia a fijar el fundamento de un nuevo sistema de pesas y medidas, siendo conocido como “el sabio español”.

- 1798. Traslada su residencia a París, por una duración de dos años, con la finalidad de trabajar en la Comisión Internacional de Científicos.
- 1801. Habiendo regresado a Madrid, es nombrado por Carlos IV ministro del Tribunal de la Contaduría Mayor, aunque no deja sus investigaciones matemáticas.
- 1808. Huye a Cádiz para evitar colaborar con José I Bonaparte, que tenía previsto incluirle en su proyectada Academia de Ciencias y Artes.
- 1813. Reconociéndose Fernando VII rey de España, regresa a Madrid.

Su contribución a la metrología

Ha pasado a la historia como un deslumbrante matemático, y reconocido por proponer la manera que dio origen al nacimiento del metro como unidad de medida. Sus trabajos le colocan a la cabeza del movimiento científico de su época y al nivel de las primeras figuras de aquel tiempo.

Debemos encuadrar a nuestro matemático en el contexto histórico que le rodea: ya iniciada la Revolución Francesa y bajo el reinado de Luis XVI, en la Asamblea Nacional del 8 de mayo de 1790 se propone la redacción de un nuevo sistema métrico general que unificase y sustituyese las particularidades y medidas de cada región, relegando los sistemas empleados hasta la fecha predominantes en cada país. Se trataba de definir un nuevo sistema de pesas y medidas con patrones basados en la naturaleza, para que tuviesen un carácter universal y fuesen aceptables para todos, y así facilitar las transacciones comerciales e industriales entre países, con la pretensión de convertirse en una norma mundial que beneficiara el desarrollo económico.

Se definió el metro (que en griego quiere decir medida) como la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre. No siendo posible medir esta distancia de manera directa, debido a dificultades técnicas obvias, se consideró valorar algún arco del mismo y, mediante procedimientos matemáticos completarlo. Aquí es donde Pedrayes

participó: en los trabajos de definición del nuevo sistema métrico decimal, y más concretamente en la valoración del metro.

A propuesta de Pedrayes, se adoptó el círculo repetidor de Jean-Charles de Borda para la medición del segmento del meridiano de París, entre Dunkerque y Barcelona, correspondiendo el segmento norte del arco (Dunkerque-Rodez) al astrónomo francés Delambre, y el segmento sur (Rodez-Barcelona) al astrónomo Pierre-André Méchain. Este proceso comenzó en 1792, pero se demoró hasta 1798, dado que los planes tuvieron que posponerse tras la muerte en guillotina del rey de Francia y la posterior declaración de guerra entre Francia y España.

En noviembre de 1798 se constituyó una Comisión Internacional de Científicos en los que a nuestro matemático se le suma Gabriel Císcar y Císcar, para realizar los cálculos con los que fijar los patrones del nuevo sistema métrico.

En esa época, Pedrayes participó activamente en los trabajos de dicha comisión. Fruto de su interés por la ciencia aplicada, la ingeniería y la tecnología, también ideó dos barómetros. Su aportación más reconocida ha sido el diseño de un aparato de precisión “comparador” (construido por el instrumentalista Étienne Lenoir) para evaluar los diferentes referentes en longitud y con el metro.

NOTA: este comparador fue presentado al rey de España, que deseaba verlo, según Real Orden de 21 de enero de 1801.

Y como se ha adelantado anteriormente, destaca especialmente su participación en la realización de los cálculos para la determinación de la longitud del metro a partir de los datos de la medición de un arco del cuadrante de meridiano.

El 22 de junio de 1799 se presentan de manera oficial los nuevos patrones para la unidad “metro” del sistema métrico.

NOTA: el aparato comparador antes mencionado, así como las memorias, libros y manuscritos que dejó a su fallecimiento y ofreció al rey, para que fueran depositados en el Alcázar de Segovia, lugar donde se ubicaba la biblioteca del Colegio Militar del Cuerpo

Nacional Artillero, desaparecieron pasto de las llamas en el incendio de 1862.

Bibliografía destacada

- Nuevo y Universal Método de Quadraturas determinadas, 1777 (empleando procedimientos de cálculo infinitesimal con el fin de integrar áreas limitadas por curvas, y en particular por cónicas).
- Descripción y noticias del concejo de Lastres (obra inédita).
- Typographia Regia, 1798.
- Tratado de Matemáticas, 1799.
- Opúsculo primero, solución al problema propuesto el año 1797, dado a luz por una asociación literaria, 1805.
- Opúsculo segundo, ampliación al problema anterior, desaparecido en la Guerra de la Independencia con la quema del Observatorio de Madrid por las tropas napoleónicas.

Gabriel Císcar y Císcar



Notas biográficas

- Nació en Oliva (Valencia) el 17 de marzo de 1760.
- Falleció en Gibraltar el 12 de agosto de 1829.
- 1777. Ingreso en la Academia de Guardias Marinas de Cartagena.
- 1782. Asciede a Alférez de Navío.
- 1785. Dirige el Curso de Estudios Mayores en la Academia de Cartagena.
- 1788. Director de la Academia de Cartagena, y primer profesor de Matemáticas.
- 1791. Trabaja en la Edición anotada del Examen Marítimo, de Jorge Juan, que se publica en 1793.
- 1795. Redacta libro sobre Aritmética.
- 1796. Redacta libros sobre Cosmografía y Trigonometría esférica.
- 1798. Císcar y Pedrayes acuden a París como representantes de España para el establecimiento del Sistema Métrico Decimal.
- 1799. Se presentan oficialmente los nuevos patrones, recibe la Orden de Carlos III y publica una Memoria divulgativa de los nuevos patrones.

- 1803. Tomos I y II de Aritmética, Geometría, Cosmografía y Pilotaje del Curso de Estudios Elementales de Marina. También Métodos gráficos para calcular la longitud en el mar (método de las distancias lunares).
- 1807. Godoy es designado Almirante General, y Císcar asciende a Capitán de la Compañía de Guardias Marinas de Cartagena.
- 1808. Cartagena se subleva a favor de Fernando VII y Císcar pertenece a las Juntas Gubernativa y de Guerra.
- 1809. Entra en el Consejo Supremo de Guerra y Marina. Después Gobernador Militar y Político de Cartagena.
- 1810. Nombrado Ministro de Marina
- 1811. Miembro del Segundo Consejo de Regencia.
- 1813. Detenido, puesto en libertad y desterrado a Murcia. Es detenido nuevamente y desterrado a Oliva.
- 1820. Comienza el Trienio liberal, es ascendido a Teniente General y se le concede la Gran Cruz de San Hermenegildo.
- 1823. Invasión de los Cien Mil Hijos de San Luis. Fernando VII es restaurado como rey absoluto, y quedan abolidas las leyes liberales. Fin del trienio liberal.
- 1826. Se le condena a muerte. Es secuestrado y llevado a Gibraltar, donde malvive con una pensión que le otorgó el Duque de Wellington.

Su contribución a la metrología

Gabriel Císcar fue pionero de la Metrología en España, muy adelantado al tiempo español y en línea con los avances intelectuales y culturales que tuvieron lugar en la Europa de los siglos XVII y XVIII.

A finales del siglo XVIII (1798-1799) fue designado como “Miembro de la Comisión de Pesos y Medidas del Instituto Nacional de Francia por parte de Su Majestad Católica” (Carlos IV) en representación de España, comisión que tenía como objetivo el establecimiento del sistema métrico decimal fundado en la naturaleza. Con este objeto se desplazó a París junto a Pedrayes.

El trabajo de la comisión se dividió en distintos grupos. Císcar participó en el grupo encargado de fijar la longitud definitiva del metro como la diezmillonésima parte del cuadrante de un meridiano terrestre, a partir de las medidas del arco de meridiano entre Dunkerque y Barcelona, que habían efectuado los astrónomos franceses P. D. Méchain y J. B. Delambre. Los nuevos patrones se presentaron oficialmente el 22 de junio de 1799, pero el grupo prolongó sus reuniones durante el mes de julio. Císcar también supervisó la construcción de cuatro juegos adicionales de los nuevos patrones (como representante español había recibido uno) y la construcción de cuatro péndulos.

A su regreso a Madrid publicó su “Memoria Elemental sobre los nuevos pesos y medidas fundados en la naturaleza”, que se considera el verdadero documento germinal de la metrología española. En este libro defendía la racionalidad del sistema métrico decimal y su base científica. También proponía una castellanización de los términos latinos para favorecer su implantación en España. De esta manera el metro sería la “vara decimal” y el kilogramo la “libra decimal” o “unal”.

Posteriormente publica “Apuntes sobre medidas, pesos y monedas”, que puede considerarse como una segunda parte de la memoria elemental antes citada. El propósito principal de este libro era el presentar un sistema métrico español sustentado científicamente, que pudiese ser mejor asimilado para lograr la uniformidad de los pesos y las medidas a nivel nacional. Este sistema era algo complicado, pero se relacionaba de forma simple con el sistema métrico decimal. Por ejemplo, la relación de la vara con el metro sería de 5 a 6.

Aunque Císcar contribuyó con rigor científico y buen saber a la introducción del sistema métrico decimal en España, tendrían que pasar aún muchos años para que fuese una realidad.

Bibliografía destacada

- Curso de Aritmética, Geometría, Cosmografía y Pilotaje del Curso de Estudios Elementales de Marina, y Explicación del método a seguir en la docencia.
- Edición anotada del Examen Marítimo, de Jorge Juan.

- Explicación de varios métodos gráficos para el cálculo de longitudes en el mar (distancias lunares).
- Memoria Elemental sobre los nuevos pesos y medidas fundados en la Naturaleza.
- Memoria de divulgación de los nuevos patrones.
- Ensayos poéticos.
- Poema (didáctico) físico-astronómico.

José (o Joseph o Josef) de Mendoza y Ríos



Notas biográficas

- Nació en Sevilla el 29 de enero de 1761.
- Falleció en Brighton (Reino Unido) el 4 de marzo de 1816.
- 1776. Se incorpora a la Marina Real tras haber ingresado en el ejército en el Regimiento Real de Dragones.
- 1779. Es hecho prisionero por los ingleses tras un combate en su viaje de regreso de Manila en el navío la Santa Inés.
- 1780. Es liberado por los ingleses y retorna a Cádiz.
- 1787. Publica su primera obra: Tratado de Navegación, en dos tomos, y es promovido a capitán de fragata.
- 1789. Tras proponer la creación de un instituto de investigación en ciencias de navegación (“Biblioteca Marítima”) se traslada a París, hasta 1792, para profundizar en la teoría y tecnologías de navegación.
- 1792. Es elegido miembro correspondiente extranjero de la Academia de Ciencias de Francia y colabora en las tareas de medición del meridiano.

- 1793. Se incorpora como miembro (*fellow*) de la Royal Society.
- 1796. Solicita el retiro de la Armada española.
- 1797. Publica en las Philosophical Transactions de la Royal Society un importante trabajo sobre los problemas centrales de la navegación astronómica, que entonces era un tema científico de considerable dificultad e interés.
- 1798. Se instala en Londres.
- 1800. Es borrado de la lista de la marina prohibiéndosele el uso del rango y uniforme por razones políticas.
- 1801. Publica en Philosophical Transactions, una descripción completa del círculo reflector de Mendoza y Ríos, , que mejora un diseño anterior de su amigo Jean-Charles de Borda (1733-1799).

Su contribución a la metrología

José de Mendoza y Ríos fue un astrónomo y matemático brillante que contribuyó sustancialmente a la resolución del problema de la longitud, por lo que recibió uno de los grandes premios adjudicados por el *Board of Longitude* de Londres. Su contribución en esta área cubrió un amplio espectro dentro de la resolución de los problemas de la astronomía náutica. Terminó sus días siendo considerado uno de los más distinguidos científicos de su tiempo, especialmente en Inglaterra.

Durante su estancia en Francia entre 1789 y 1792 inició una serie de gestiones para fomentar los intercambios científicos con Francia e Inglaterra, participando en los trabajos iniciales de la expedición para la realización de la medida del meridiano entre Dunkerque y Barcelona. En palabras del propio Condorcet: España había enviado un “sabio” encargado del seguimiento de todos los preparativos para la realización de las famosas medidas. La colaboración española era esencial tanto para la disposición de los permisos como de los medios materiales necesarios. Mendoza se había dado cuenta de la gran importancia y utilidad de esta expedición, por lo que aconsejó al ministro de Marina, Antonio Valdés, que sugiriese al ministro de Estado, el Conde de Aranda, que fuese un marino, el teniente de navío D. José González (alférez de la Compañía de Guardiamarinas de Cartagena), quien colaborase directamente con Méchain. También

consiguió que se ordenase la construcción de instrumentación que se utilizó para la realización de las medidas.

Bibliografía destacada

- Tratado de Navegación. Tomo I y tomo II, Madrid, Imprenta Real, 1787.
- Memoria sobre algunos métodos nuevos de calcular la longitud por las distancias lunares. Madrid, Imprenta Real, 1795.
- Colección de tablas para varios usos de la navegación. Madrid, Imprenta Real, 1800. (Traducida al inglés al año siguiente).
- Table des latitudes croissantes. Connaissance des Temps... pour l'annee comune 1793 (1791): 303.
- Mémoire sur la methode de trouver la latitude par le moyen de deux hauteurs du soleil, del'intervalle de temps écoule entre les deux observations, et de la latitude estimée. Connaissance des Temps pour l'année comune 1793 (1791): 289-302.
- Memoire sur le calcul de la longitude en mer, par les distances de la lune au soleil et aux étoiles. Connaissance des Temps... (1796-1797): 258-284.
- Recherches sur les solutions des principaux problemes de l'astronomie nautique. Philosophical Transactions, 87 (1797): 43-122.
- Recherches sur les solutions des principaux problemes de l'astronomie nautique. London, [S.I.], 1797.4º, 4 + 85 p.
- Tables to correct the observed altitudes of the sun, moon and the stars. London, [S.I.], [1801]4º, 92 p.
- On an improved reflecting circle. Philosophical Transactions, 91 (1801): 363-374.
- On an improved reflecting circle London, W. Bulmer, 1801.4º, 14 p.
- Tables for facilitating the calculations of nautical astronomy, and particularly of the latitude of a ship at sea from two altitudes of the sun, and that the longitude from the distances of the moon from the sun or a star, and particularly of the latitude of a ship at sea from two altitudes of the sun, and that of the longitude from the distances of the moon from the sun or a star; containing the natural

versed – sines to every 10 seconds, and the logarithmic-sines, double-sines, versed-sines, &c. to every minute from 0 to 80 degrees; and several other tables, useful in astronomy and navigation. London, R. Faulder, 1801. 4°, 8 + 311 + 77 p. Appendix, containing tables for clearing the apparent distances of the moon from the sun or a star, from the effects of parallax and refraction. By H. Cavendish: 77 p. at end.

- A complete collection of tables for navigation and nautical astronomy, with simple, concise and accurate methods for all the calculation useful at sea; particularly for deducing the longitude from lunar distance, and the latitude from two altitudes of the sun and the interval of time between the observations. London, printed by T. Bensley, sold by R. Faulder, etc., 1805. Folio, 12 + 47 + 670 p. + 1 h.
- A Complete Collection of Tables for Navigation and Nautical Astronomy. With simple, concise and accurate methods for all the calculation useful at sea. *Connaissance des Temps...* pour l'an 1808 (1806): 443-447.
- A Complete Collection of Tables for Navigation and Nautical Astronomy. With simple, concise and accurate methods for all the calculation useful at sea; particularly for deducing the longitude from lunar distance, and the latitude from lunar distance, and the latitude from two altitudes of the sun and the interval of time between the observations. 2nd ed. improved. London, T. Bensley, 1809. 4°, 6 p. + 1 h. + 604 p. + 58 p. + 1 h.
- Tables for facilitating the calculation of nautical astronomy. London, 1812.
- Forms for the ready calculation of the longitude... with the Tables published by Joseph de Mendoza Ríos. London, Black, Parry, & Co, 1814.4°, [76] + [2] p.

Fausto de Vallés y Vega, Barón de la Puebla

No se dispone de imagen.

Notas biográficas

- Nació en Castellón el 21 de octubre de 1762.
- Falleció el 1 de noviembre de 1827.
- 1772. Fallece su padre y sufre sucesivos cambios de tutela y diversos problemas de salud.
- 1784. Tras mejorar de su salud y diversos enfrentamientos con su tío y tutor, consigue su emancipación.
- 1797. Tras un largo periodo de tiempo en el que no se conocen referencias de sus estudios ni su actividad científica, se matricula en la Universidad de Valencia en Química y Botánica, impartida por el afamado astrónomo Tomás de Villanova.
- 1801. Entre este año y 1807 realiza diversos trabajos de observación y cálculo que le acercan al proyecto de la medición del meridiano.
- 1803. Inicia su colaboración con Méchain.

Su contribución a la metrología

En 1802 el Buró de Longitudes aprobó el proyecto de Méchain de extender la medida del arco del meridiano hasta las Baleares con el objetivo de mejorar la exactitud de las medidas del geoide mediante la determinación de un arco de meridiano de 10° de amplitud, al norte y al sur del paralelo 45, lo que supondría minimizar los errores de la forma irregular de la tierra.

Cuando en 1803 Méchain llega a Barcelona, se encuentra con muchas dificultades de todo tipo, tanto burocráticas como climatológicas o sanitarias. Fausto Vallés se puso en contacto con él para ayudarlo y contrastar sus datos. El propio Méchain en su obra y su correspondencia

elogió su capacidad técnica e instrumental con palabras muy efusivas. Fausto Vallés se encargó de corregir algunas de las apreciaciones de Méchain sobre puntos de observación y recorrió el Desierto de las Palmas y los picos más altos entre Valencia y Castellón en busca de lugares desde donde pudieran observarse puntos definidos de las Baleares, comunicando sus observaciones a Méchain que, gracias a estos datos, se afirmó en su idea de poder enlazar las islas y el continente mediante triangulación.

Las relaciones de Fausto Vallés con Méchain se hicieron muy estrechas, albergándole en su casa solariega de Castellón cuando volvió a la península tras sus mediciones en Baleares, donde finalmente falleció en 1804.

Bibliografía relevante

- Curso y efemérides del nuevo planeta descubierto en Sicilia en el Observatorio Real de Palermo el 1º de enero de 1801 para este mes de Mayo de 1802. Imp. J. de Orga, 1802.
- Observaciones de los eclipses ocurridos este año de 1804; Actas de la Real sociedad de Valencia 1803-1804, pags. 91-95.

Vicente M^a Julián Vázquez Quiroga Queipo de Llano



Notas biográficas

- Nació en San Cristovo do Real, Casa Forte de Lusío, Samos (Lugo) el 17 de febrero de 1804.
- Falleció en Madrid el 11 de marzo de 1893.
- 1820. Inicia sus estudios de jurisprudencia y ciencias físicas y matemáticas en la Universidad de Valladolid.
- 1822. Nombrado sustituto de la cátedra de Matemáticas Sublimes por el claustro general de la Universidad de Valladolid.
- 1824. Concluye sus estudios de grado de bachiller en Leyes y Filosofía.
- 1826. Miembro de la primera Academia de Leyes. Obtiene la cátedra de Física Experimental y Química, y se doctora en Leyes.
- 1829. Abogado de los Reales Consejos.
- 1832. Finaliza su estancia de estudios de tres años en la Escuela Central de Artes y Manufacturas de París, donde desarrolla un instrumento para medir distancias. Durante ese tiempo, fruto de los trabajos en laboratorio con luz artificial y una deflagración que le

sorprendió de improviso, sufre daños visuales y auditivos; discapacidad que le acompañó el resto de su vida.

- 1836. Exiliado en París hasta 1838 debido al pronunciamiento de 1836 conocido como la sargentada de La Granja donde fue obligada María Cristina de Borbón regente de España a la derogación de Estatuto real y el restablecimiento de la Constitución de 1812.
- 1838. Destinado a Cuba como Fiscal de Hacienda hasta 1846.
- 1847. Como diputado se encarga del proyecto de ley sobre la uniformidad y reforma del sistema métrico y monetario de España, finalmente Ley de Pesos y Medidas de 1849.
- 1853. Publica sus tablas de logaritmos, premiadas en la Exposición Universal de París de 1867 y en la de Barcelona de 1888.
- 1868. Abandona su vida política tras el exilio de la reina Isabel II para dedicarse en exclusiva a la investigación y la producción intelectual.

Su contribución a la metrología

Eminente científico y humanista, prestigioso matemático, así como economista y político (miembro del partido liberal moderado, diputado, senador, director general de Ultramar, magistrado, comisario y académico, caballero de la Gran Cruz de Isabel la Católica y de la Orden de Carlos III, y secretario de su Majestad). Reconocido como mayor autoridad en metrología del siglo XIX, y por su contribución en la Ley de pesos y medidas de 1849 con la que comenzó la reforma al sistema métrico y monetario en España para que este quedase implantado; y sus tablas de logaritmos publicadas en 1853 (con las que se facilitaban las operaciones matemáticas).

En su etapa de formación en la Universidad de Valladolid y junto al hijo de su profesor Juan Duro, diseñó un instrumento para medir distancias cortas inaccesibles sin hacer uso de la trigonometría. Posteriormente, durante su formación en París, en la Escuela Central de Artes y Manufacturas de 1829 a 1832 y en su acceso a la cátedra de Física, perfeccionó dicho instrumento. El Consejo de Estudios certificó con elogios sus méritos, y fue recomendado al gobierno español. Sin embargo,

este aparato nunca fue patentado, aunque parece ser que con posterioridad Daussy aprovechó las virtudes de dicho aparato.

Sus estudios sobre el sistema de medidas y monetario en España, se remontan a 1833, con un trabajo denominado “Ensayo”. Más oficialmente, la reina regente María Cristina, por la Real Orden de 22 de abril de 1838, le encargó la redacción de un proyecto de ley sobre la uniformidad y reforma del sistema métrico en España para el arreglo de un sistema uniforme de pesas y medidas para todo el reino, con la recomendación de que ese sistema se separase lo menos posible de los pesos y medidas más generalizados en la nación. Este mismo asunto fue retomado con más desarrollo en 1847, donde forma parte del Proyecto de ley sobre la uniformidad y reforma del sistema métrico y monetario en España. Por indicar un ejemplo de nuestro científico, ese mismo año, éste propuso en las cortes, para la unificación de las medidas, que se tomara una vara cuya invariabilidad queda garantizada al definirla en función de la longitud del péndulo que bate segundos a la latitud de Madrid, y por cubicación de una de sus partes alcuotas se dedujera la capacidad del cuartillo tradicional, la fanega para los áridos como un múltiplo del cuartillo así calculado y, la libra ponderal como el peso del agua destilada contenida en el cuartillo.

También cabe destacar la intervención de nuestro científico, en mayo de 1849, frente al dictamen de la comisión del proyecto de ley de pesos y medidas, contrariando el voto mayoritario que estaba a favor de la implantación del sistema métrico decimal. Él propuso la adopción de un sistema métrico nacional (el mismo que había defendido en el encargo por la Real Orden de 22 de abril de 1838). Reseñar que, hasta mediados del siglo XIX, sólo Francia y los Países Bajos habían adoptado definitivamente el sistema métrico decimal “francés”. Finalmente, rechazado su voto particular, el 19 de julio de 1849 se promulga la Ley de pesos y medidas, y al día siguiente se crea una comisión, de la que formó parte, para la implantación del sistema métrico decimal.

Bibliografía destacada

- Ensayo sobre el nuevo sistema de pesos y medidas que convendría adoptar en España, 1833.

- Pesos, medidas y monedas, varias publicaciones en “El Correo Nacional” entre 1840 y 1841.
- Memorias sobre la reforma del sistema tributario en la isla de Cuba, 1844.
- Informe fiscal sobre el fomento de la población blanca en la isla de Cuba y abolición gradual de la esclavitud, 1847.
- Proyecto de ley sobre la uniformidad y reforma del sistema métrico y monetario de España, 1847.
- Tablas de logaritmos vulgares con seis cifras decimales de los números desde el 1 hasta el 20.000, y de las líneas trigonométricas, 1853.
- Essai sur les systemes métriques et monétaires des anciens peuples depuis les premiers temps historiques jusqu’ à la fin du Kalifat d’orient, 1859.
- La cuestión del oro reducida a sus justos límites y medios de sentar el sistema monetario sobre una sólida e inalterable base, 1861.
- La crisis monetaria española considerada en sus causas, sus efectos y su remedio, 1866.
- La cuádruple alianza monetaria considerada en su origen, objetos, ventajas e inconvenientes, e imposibilidad actual de su adopción en España, 1867.
- Aritmética superior mercantil o teoría de los intereses simples y compuestos, 1887.

Joaquín Alfonso Martí

No se dispone de imagen.

Notas biográficas

- Nació en Valencia en mayo de 1807.
- Falleció en Madrid en 1857.
- 1832. Tras estudiar la carrera de jurisprudencia y recibirse de abogado en el Consejo de Castilla, inicia los estudios de arquitectura, que finaliza en 1834.
- 1834. Es pensionado por el gobierno español para estudiar en la *École Centrale des Arts et Manufactures* de París hasta 1837.
- 1838. Es nombrado oficial del Ministerio de la Gobernación de la Península y, posteriormente, secretario de Su Majestad con ejercicio de decretos.
- 1844. Es invitado por la Dirección General de Estudios para encargarse de la cátedra de Física aplicada a las Artes en el Real Conservatorio de Artes. Es nombrado académico de honor de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.
- 1847. Es nombrado académico de número de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la que fue uno de sus fundadores y en donde ejerció de bibliotecario.
- 1851. Es nombrado director del Real Instituto Industrial (antiguo Real Conservatorio de Artes) hasta 1853.
- 1854. Es elegido diputado a Cortes en las elecciones del 4 de octubre por la circunscripción de Valencia.

Su contribución a la metrología

Joaquín Alfonso, en aquel momento director del Conservatorio de Artes, fue elegido miembro de la segunda comisión, a la que en 1846 se le encargó coordinar los trabajos para proponer un proyecto de ley para la implantación en España de un “sistema uniforme de pesas y medidas”. Esta comisión fue la que planteó el sistema métrico decimal para España, en

oposición a la propuesta de Vicente Vázquez Queipo, que pretendía hacer la unificación de pesas y medidas a partir de las tradicionales.

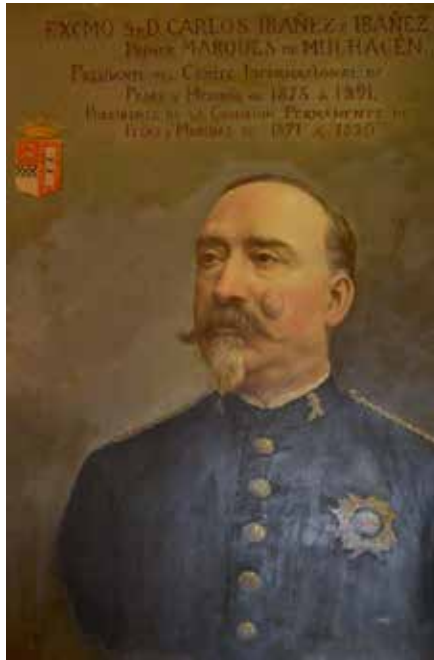
Una vez sancionada la Ley de Pesas y Medidas de 20 de julio de 1849, que puede considerarse como la primera ley fundamental de la metrología, fue elegido miembro de la primera Comisión de Pesas y Medidas autorizada por un real decreto de la misma fecha.

En la primera reunión de dicha comisión, se estableció como principal tarea la comprobación de la exactitud del metro de platino de Císcar depositado en el Conservatorio de Artes (algo más tarde se comprobó que dicho metro había desaparecido). Pero esto no se consideró suficiente y finalmente se decidió encargar en París la construcción de un nuevo metro, un litro y un kilogramo de platino, así como un comparador de metros con lente ocular y una colección completa de las pesas y medidas usadas por los verificadores franceses. Joaquín Alfonso fue encargado de viajar a París y dirigir allí estos trabajos. Su misión estuvo repleta de problemas y contratiempos, debidos a la falta de financiación. Tras varias estancias en París, en septiembre de 1851, se recibieron en el Conservatorio de Artes un kilogramo y un metro de platino, este último de sección triangular para ahorrar material, otro metro de latón plateado, un litro, pero de cobre dorado, y el comparador. Estos fueron los prototipos primarios que se utilizaron para la implantación del sistema métrico en España, todos ellos contrastados con los franceses.

Bibliografía destacada

- Informe acerca de la utilidad que tienen para la agricultura las observaciones meteorológicas, s. f. (atrib.).

Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, General y Marqués de Mulhacén



Notas biográficas

- Nació en Barcelona el 14 de abril de 1825.
- Falleció en Niza el 28 de enero de 1891.
- 1838. Ingresó en la Academia de Ingenieros del Ejército de Guadalajara formándose en disciplina militar y científica.
- 1848. Recibe la Cruz de San Fernando por el apoyo al general Narváez en el movimiento del 7 de mayo. Ascende a coronel.
- 1853. Es elegido miembro de la comisión para crear un mapa de España.
- 1861. Es elegido miembro de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

- 1866. Comisionado por el gobierno español para asistir a la reunión de geodestas de Neuchâtel (futura Asociación Geodésica Internacional) donde presenta propuestas relevantes
- 1870. Es nombrado Director del Instituto Geográfico y Estadístico, puesto que desempeñó durante 19 años. Es designado por el gobierno español como delegado en la Comisión encargada de determinar el metro y kilogramo internacionales.
- 1875. Preside la Convención del Metro, tratado diplomático tras el cual se crea la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM), y sus órganos de gobierno: la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), y el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM).
- 1875. Es elegido presidente del Comité Internacional de Pesas y Medidas, puesto que desempeña hasta 1892.
- 1885. El Instituto de Francia lo elige por unanimidad miembro correspondiente de la Academia de Ciencias.
- 1885. El presidente de la República Francesa le nombra Gran Oficial de la Orden Nacional de la Legión de Honor.
- 1889. La reina María Cristina le concede el título de Marqués de Mulhacén.
- 1899. Renuncia a la dirección del Instituto Geográfico por el control económico impuesto por el ministro de Fomento, el conde de Xiquena, y se traslada a vivir a Niza.

Su contribución a la metrología

Con motivo de su elección en 1853 para la elaboración de un mapa general de España, Ibáñez proyectó y dirigió la construcción de un instrumento para medir bases geodésicas conocido como “regla española” (también como “aparato Ibáñez”). Ibáñez dirigió la medición de la base central de la triangulación geodésica de España, en la provincia de Toledo, cerca de Madridejos, con errores de medida sin precedentes.

Sus gestiones y contactos con representantes del gobierno francés y de otros países europeos a favor de la convocatoria del Convenio Diplomático del 1875 para la creación de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas fueron decisivos.

Se le atribuye directamente la determinación del coeficiente de dilatación del metro de platino de los Archivos y la calibración de los termómetros de mercurio que habrían de servir para la puesta en práctica de las resoluciones del CIPM.

En 1879, el propio Ibáñez llevó a París, para su contrastación frente a los prototipos internacionales provisionales (metros I1, I2 e I3 y kilogramos KI, KII y KIII fabricados por la casa Matthey de Londres), los patrones españoles del metro y del kilogramo, de platino, construidos por Froment y depositados en la Comisión de Pesas y Medidas desde 1850. Estos prototipos fueron devueltos en 1885, después de haber participado en 15 comparaciones de gran precisión con diferentes kilogramos de la Oficina de Breteuil y con los patrones de Alemania, Austria, Noruega, Rusia y Suiza, todo lo cual dio al kilogramo español un valor científico, no solo comparable, sino superior a los futuros tipos que, debidamente sancionados, se distribuirían a las diferentes naciones de Europa y América.

Los prototipos internacionales definitivos se presentaron en la 1ª CGPM celebrada en los locales del BIPM en el mes de septiembre de 1889, sorteándose entre los miembros el 28 de septiembre del referido mes las copias certificadas de los mismos, correspondiéndole a España los metros Nos. 17 y 24 y los kilogramos Nos. 3 y 24, haciéndose cargo de ellos la Comisión Permanente de Pesas y Medidas.

Bibliografía destacada

- Mapa topográfico de España en escala 1:50 000, bajo su dirección
- Descripción geodésica de las Baleares.
- Manual del Pontonero. Experiencias hechas con el aparato de medir bases, perteneciente a la comisión del mapa de España (1859).
- Noticia de los resultados obtenidos en la medición de la base central del mapa de España: leída en la Real Academia de Ciencias en sesión de 30 de noviembre de 1863 (1864).
- Base central de la triangulación de España [en Madrideojos] (1865).
- Base centrale de la triangulation géodésique d'Espagne (<https://archive.org/details/basecentraledel00ibergoog>) (1865).

- Estudios sobre nivelación geodésica, (1864).
- Movimiento de la población en el decenio de 1861 a 1870, bajo su dirección.
- Nomenclátor general, Plano parcelario de Madrid de 1870
- Censo de la población de España en 1877, bajo su dirección.
- Enlace geodésico y astronómico de Europa y África (1880).

Francisco de Paula Arrillaga y Garro



Notas biográficas

- Nació en Pamplona (Navarra) el 2 de abril de 1846.
- Falleció en Madrid el 10 de enero de 1920.
- 1861. Obtiene el grado de bachiller en Artes e ingresa en la Escuela Especial de Ingenieros de Montes en Villaviciosa de Odón.
- 1867. Obtiene el título de Ingeniero de Montes.
- 1868. Se incorpora a la Comisión del Mapa Forestal, a cargo de Francisco García Martino, relevante proyecto científico impulsado por los ingenieros de montes. Participa en la fundación de la Revista Forestal, Económica y Agrícola.
- 1869. Es destinado a la Dirección General de Estadística.
- 1872. Se incorpora al Instituto Geográfico y Estadístico, donde estuvo hasta 1895.

- 1890. Es nombrado director del Instituto Geográfico y Estadístico sustituyendo al General Ibáñez.
- 1891. Elegido delegado español en la Asociación Geodésica Internacional.
- 1894. Es elegido miembro del Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) hasta 1920.
- 1897. Es elegido miembro de la Comisión Permanente de la Asociación Geodésica Internacional.
- 1895. Profesor de ciencias de las hijas de la Reina Regente María Cristina.
- 1901. Profesor de historia natural de Alfonso XIII.
- 1905. Secretario de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- 1918. Director General de Correos y Telégrafos en el Gobierno Nacional de Antonio Maura.

Su contribución a la metrología

En su incorporación al Instituto Geográfico, Arrillaga estuvo al frente de la sección de metrología, contribuyendo de forma significativa a la adopción definitiva del sistema métrico decimal en España.

Desempeñó una labor destacable en la organización de los trabajos de formación del Mapa Topográfico Nacional y de los de triangulación para unir Europa y África.

Tras suceder al General Ibáñez de Ibero como director del Instituto Geográfico y Estadístico inició una intensa actividad metrológica internacional siendo en 1894 elegido miembro del CIPM donde estuvo hasta 1920. También fue representante español en la segunda Conferencia general de Pesos y Medidas en 1895.

Bibliografía destacada

- Estudios forestales del Reino de Prusia, (1869).
- Traducción del alemán de Gustavo Heyer, Compendio de valoración de monte, Madrid, Imprenta Nacional, (1872).
- La producción forestal en la Exposición Universal de Viena, Madrid, Ministerio de Fomento, Berenguillo, Madrid, (1875).

- Reseña del Congreso y Exposición de Geografía en Venecia por Francisco de P. Arrillaga, Imp. de la Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico, Madrid (1882).
- Discursos leídos ante la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en la recepción pública del Excmo. Sr. D. Francisco de Paula Arrillaga, el día 1º de junio de 1890, Imp. de Luis Aguado, Madrid, (1890).
- Discursos leídos ante la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en la recepción pública del Sr. D. Leonardo de Torres y Quevedo, el día 19 de mayo de 1901, Imp. de L. Aguado, Madrid, (1901).

Leonardo Torres Quevedo



Notas biográficas

- Nació en Santa Cruz de Iguña (Santander), el 28 de diciembre de 1852.
- Falleció en Madrid el 18 de diciembre de 1936.
- 1870. Se traslada con su familia a Madrid.
- 1871. Inicia sus estudios en la Escuela Oficial del Cuerpo de Ingenieros de Caminos.
- 1873. Suspende sus estudios temporalmente para acudir a la defensa de Bilbao en la tercera guerra carlista.
- 1876. Finaliza sus estudios siendo cuarto de su promoción y comienza a trabajar en la empresa de ferrocarriles en la que trabaja su padre. Más tarde hace un largo viaje por Europa adquiriendo conocimientos científicos.
- 1887. Trabaja en sus primeros transbordadores.

- 1889. Se instala en Madrid y presenta su Memoria sobre las máquinas algébricas a la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- 1890. Presenta sus primeros transbordadores en Suiza, pero no son aceptados.
- 1895. Presenta la memoria “*Sur les machines algébriques*” en un congreso en Burdeos.
- 1900. Presenta la memoria “*Machines à calculer*” en un congreso en la Academia de Ciencias francesa.
- 1901. Ingresar en la real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Creación del Laboratorio de Mecánica Aplicada, más tarde automática, del que es nombrado director.
- 1902. Presenta una memoria con anteproyecto de globo dirigible a las Academias de Ciencias española y francesa.
- 1912. Crea su primer autómatas ajedrecista.
- 1914. Publica sus Ensayos sobre automática.
- En 1916. Inauguración de su transbordador sobre el río Niágara. Recibe la Medalla Echegaray del rey Alfonso XIII.
- 1918. Rechaza el cargo de ministro de Fomento que le ofrece el marqués de Alhucemas.
- 1920 ingresa en la Real Academia Española, en el sillón que había ocupado Benito Pérez Galdós, y pasa a ser miembro de la sección de Mecánica de la Academia de Ciencias de París. Elegido presidente de la Sociedad Matemática Española, cargo que ocupó hasta 1924.
- 1921. Elegido miembro del Comité Internacional de Pesas y Medidas hasta 1928.
- 1922. Nombrado doctor *honoris causa* por la Sorbona.
- 1927. Nombrado uno de los doce miembros asociados de la Academia de Ciencias de París.

Su contribución a la metrología

Leonardo Torres Quevedo desarrolló diversos instrumentos de medida, lo que le permitió adquirir una notoria autoridad en el campo de la instrumentación científica. Este fue uno de los principales motivos que le

llevaron a desempeñar un papel activo en la metrología en el ámbito nacional e internacional.

El hecho más sobresaliente en el campo de la metrología fue su papel como miembro del Comité Internacional de Pesas y Medidas entre 1921 y 1928, sucediendo a Francisco de Paula Arrillaga y de Garro, que fue profesor suyo y había sido miembro del CIPM desde 1894. Fue presentado como miembro de la Academia de Ciencias española. También fue representante español en la VII y en la VIII Conferencia General de Pesas y Medidas.

Durante su tiempo como miembro del CIPM fue *rapporteur* del “Grupo de Estudio de Laboratorios” y también miembro de la Comisión de Instrumentos y Trabajos. Asimismo, gracias a su experiencia en desarrollo de instrumentación, contribuyó a la mejora de las mediciones realizadas en los laboratorios de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM).

La huella que dejó en el CIPM queda reflejada por las palabras de Vito Volterra, el matemático italiano que en aquel momento era presidente del CIPM, cuando dejó el CIPM “a pesar de sus súplicas”. Fue nombrado miembro de honor, una distinción otorgada en muy pocas ocasiones y se hizo eco de su fallecimiento en su reunión de 1937.

Bibliografía destacada

- *Nouveau système de chemin funiculaire aérien, a fils multiples*, Exposé d’invention, Suiza, (1889).
- Memoria sobre las máquinas algébricas, Bilbao, (1895).
- *Sur les machines algébriques*, en Comptes rendus de l’Académie des Sciences (CRAS), Paris, (1895).
- *Machines algébriques*, Paris, (1895).
- Orientación en las grandes poblaciones. Indicadores coordenados”, en Madrid Científico, (1896).
- *Sur les machines à calculer*, en CRAS (1900).
- Sobre la utilidad de emplear ejemplos cinemáticos en la exposición de algunas teorías matemáticas, en Ateneo de Madrid (1900).
- *Machines à Calculer*, en Académie des Sciences, t. XXXII (1901).
- Máquinas algébricas, Madrid, Real Academia de Ciencias, Exactas, Físicas y Naturales, (1901).

- *Sur les rapports entre le calcul mécanique et le calcul graphique*, en Bulletin de la Société Mathématique de France, 29 (1901), págs. 1-6.
- *Sur l'utilité des exemples cinématiques dans l'exposition des théories mathématiques*, en Bulletin de la Société Mathématique de France, 29 (1901), págs. 7-12.
- *Sur la construction des Machines algébriques*, París, (1901).
- *Machines algébriques*, Revue de Questions Scientifiques, Louvain, Société Scientifique de Bruxelles, (1902).
- Memoria sobre la estabilidad de los globos, Madrid, (1902).
- *Sur un avant-projet de ballon dirigeable à quille intérieur*, París, (1902).
- *Système dit Télékine pour commander à distance un mouvement mécanique*, París, Brevet d'Invention, (1902).
- *Sur le télékine*, en CRAS, 137 (1903), págs. 317-319.
- Sobre un sistema de notaciones y símbolos destinados a facilitar la descripción de las máquinas, en Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (RRACEFN), IV (1906), págs. 429-442.
- *Une réclamation de priorité a propos du télékine et des expériences d'Antibes*, en RRACEFN, V (1906), págs. 86-103.
- *Le Télékine et la Télémechanique*, en CRAS (1907).
- *Perfectionnements dans les ballons fusiformes*, París, Brevet d'Invention, (1908).
- Proyecto de establecimiento de relaciones científicas hispano-americanas, Buenos Aires, (1910).
- *Construction mécanique de la liaison exprimée par la formule $db/da = \tan w$* , en CRAS (1911).
- "Sobre un nuevo sistema de máquinas de calcular electromecánicas, en Revista de Obras Públicas, LIX (1911), págs. 227-233 y 274- 278.
- La enseñanza de la Ingeniería en España, Madrid, (1913).
- Ensayos sobre Automática. Su definición. Extensión teórica de sus aplicaciones, Madrid, (1914).

- El Dirigible ‘Hispania’, en VV. AA., Congreso de Bilbao, 7 de septiembre de 1919, t. I, Madrid, Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, (1919), págs. 7-32.
- *Arithmomètre électromécanique*, en Les Machines á Calculer, París, 1920.
- Discurso de Leonardo Torres Quevedo de recepción en la Real Academia Española, Madrid, (1920).
- Discurso del Excmo. Sr. D. Leonardo Torres Quevedo, en Discursos leídos ante S.M. el Rey en la solemne sesión celebrada por dicha Unión Internacional en la Real Academia Española, con motivo de la publicación del primer cuaderno del Diccionario Tecnológico Hispano-Americano, Unión Internacional de Bibliografía y Tecnología Científicas, Madrid, Real Academia Española, (1926)

Blas Cabrera y Felipe



Notas biográficas

- Nació en Arrecife (Lanzarote) el 20 de mayo de 1878.
- Falleció en Ciudad de México (México) el 1 de agosto de 1945.
- 1901. Se doctora en Ciencias Físicas con la tesis “Sobre la variación diurna de la componente horizontal del viento”.
- 1903. Participa en la fundación de la Sociedad Española de Física y Química.
- 1905. Obtiene la cátedra de Electricidad y Magnetismo en la Universidad Central.
- 1910. La Junta para Ampliación de Estudios crea el Laboratorio de Investigaciones Físicas, del que es nombrado director. Es nombrado miembro de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, institución que presidiría entre 1934 y 1937.
- 1912. Pensionado por la Junta para Ampliación de Estudios, recorre centros de investigación europeos y el BIPM. En este año contribuye a la divulgación de la teoría de la relatividad en España, publicando una reseña en la revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- 1919. Doctor honoris causa por la Universidad de Estrasburgo.

- 1921. Es elegido miembro del CIPM.
- 1923. Anfitrión de Einstein en su visita a España.
- 1926. Elegido miembro de la Academia de Ciencias francesa a propuesta de Paul Langevin y Maurice de Broglie.
- 1928. Elegido miembro del Comité Científico de la VI Conferencia Solvay propuesto por Albert Einstein y Marie Curie.
- 1930. Participa en la VI Conferencia Solvay con el trabajo “Las propiedades magnéticas de la materia”.
- 1931. Es nombrado rector de la Universidad Central de Madrid e impulsa la creación del Instituto Nacional de Física y Química con una donación de la Fundación Rockefeller (hoy es el Instituto de Química-Física Rocasolano, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas). Este año también es elegido miembro del CIPM.
- 1933. Participa en la creación de la Universidad Internacional de Verano de Santander (actual Universidad Internacional Menéndez Pelayo).
- 1934. Elegido presidente de la Academia de Ciencias española.
- 1936. Se le elige miembro de la Academia Española de la Lengua en sustitución de Santiago Ramón y Cajal. Se exilia a Francia.
- 1937. Es elegido secretario del CIPM hasta 1941
- 1941. Se exilia a México.

Su contribución a la metrología

Como contribuciones relevantes a la metrología cabe destacar que fue el primer científico en España en usar los métodos de la teoría de errores y de los mínimos cuadrados para la determinación de las constantes físicas. Es también relevante que algunas de sus medidas de susceptibilidad magnética siguen teniendo exactitudes similares o incluso mejores que algunas existentes en la actualidad.

Pero, sin duda, su contribución más importante a la metrología la realizó en sus años como miembro del CIPM y posteriormente como secretario, elegido por el presidente de aquel momento, Pieter Zeeman.

En 1941 dimitió de su puesto en el CIPM al ser exigido su cese por el General Franco que no lo consideró como representante de su gobierno. Ese mismo año fue desposeído de todos sus reconocimientos obtenidos durante la Segunda República. En 2018, el Consejo de Ministros restauró todos sus honores académicos.

Bibliografía destacada

- Discurso en la Academia de Ciencias de Madrid, Madrid: Talleres Poligráficos.
- Paramagnetismo y estructura del átomo, Investigación y Progreso 2, 9-10. Madrid: Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, (1927).
- La imagen actual del Universo según la relatividad. Revista de Occidente XXXIII julio, agosto, septiembre, 36-49, (1931)..
- Ideas actuales sobre la materia. Las Ciencias. Sección tercera. Física y Química. 53-63, 271-279. Madrid: Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, (1934).
- Evolución de los conceptos físicos y el lenguaje. Madrid: C. Bermejo Impreso, (1936).
- Cincuenta años en la evolución del concepto de materia. Cuadernos Americanos nº 5, 73-93. México, (1943).
- La Ciencia moderna. Evolución de las ideas en la física. Ciencia, 6, 197-207, (1945).
- Magnetoquímica de las sales manganosas y ferrosas. An. Soc. Esp. Fís. y Quím. 14, 256-270, (1915). .
- Variación de la constante diamagnética del agua con la temperatura. An. Soc. Esp. Fís. y Quím. 22, 160-167., (1924).
- El atomismo y su evolución. Reedición de las Obras completas de Cabrera, 1996. Madrid: Amigos de la Cultura Científica y Departamento de Publicaciones de la ETS de Arquitectura, (1942).

José María Otero Navascués Enríquez de la Sota



Notas biográficas

- Nació en Madrid el 16 de marzo de 1907.
- Murió en Madrid el 9 de marzo de 1983.
- 1922. Ingresó en la Academia de Artillería de la Armada.
- 1928. Nombrado teniente como número uno de su promoción.
- 1929. Pensionado por la Junta para la Ampliación de Estudios para ampliar su formación en el Instituto Politécnico de Zúrich y después en el Instituto de Óptica de Berlín hasta 1932.
- 1935. Destinado a los Servicios Técnicos Industriales de Artillería de la Armada.
- 1936. Se refugia en la Embajada Danesa en Madrid hasta que en 1938 huye al Ferrol.
- 1939. Jefe del Laboratorio de Óptica de la Armada.
- 1944. Nombrado académico numerario de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

- 1948. Director del Laboratorio y Taller de Investigación del Estado Mayor de la Armada (LYTIEMA).
- 1950. Vicepresidente de la Comisión Internacional de Óptica.
- 1951. Presidente del Consejo Nacional de Física del CSIC.
- 1954. Elegido miembro del CIPM hasta 1980.
- 1958. Presidente de la Junta de Energía Nuclear hasta 1974.
- 1964. Elegido Vicepresidente del CIPM.
- 1968. Elegido Presidente del CIPM hasta 1974.
- 1965. Presidente de la Sociedad Europea de Energía Atómica.
- 1968. Gobernador del Organismo Internacional de Energía Atómica.

Su contribución a la metrología

Se puede considerar a Otero como el verdadero precursor de la ciencia metrológica en la España de la segunda mitad del siglo XX. Con la colaboración de Leonardo Villena, se propuso poner a la ciencia metrológica española al mismo nivel que la internacional. Durante su presidencia del CSIC intentó coordinar instituciones como el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) o la propia Junta de Energía Nuclear con el fin de impulsar la metrología en España.

En 1952 fue designado, por parte española, como miembro del Comité Consultivo de Fotometría del CIPM. Tras su elección como miembro del CIPM fue nombrado presidente de dicho comité en 1954. Bajo su presidencia se discutieron diversos informes sobre el patrón primario, patrones de flujos luminosos y radiometría absoluta. Hay que destacar también la solicitud de una redacción corregida de la definición de la candela y la necesidad de crear un grupo de trabajo sobre radiometría.

En 1968 fue nombrado Presidente del CIPM, siendo el segundo español en ostentar tal cargo, que abandonó en 1974 por problemas de salud. En 1969 asumió además la dirección del Comité para la Definición del Metro, dejando la del Comité Consultivo de Fotometría.

Durante la presidencia de Otero con el CIPM se tomaron las grandes decisiones que cambiaron el antiguo sistema de Pesas y Medidas, basado en tradiciones y en prototipos materiales, pasando a un auténtico Sistema

Internacional (SI) con unidades básicas definidas y realizadas físicamente. Además, abogó siempre por desburocratizar el funcionamiento del BIPM y potenciar su finalidad investigadora

Desde su posición en el CIPM, intentó implicar a las autoridades españolas en el desarrollo de la metrología en España, proponiendo una unión o federación de los distintos centros e institutos de investigación españoles para así poder contar con una red de laboratorios de calibración que consideraba esencial, aunque no tuvo el respaldo de la Administración. También implicó a varios físicos españoles en las “tareas” metroológicas internacionales, consiguiendo que algunos de ellos participasen en distintos comités consultivos del CIPM, como Leonardo Villena en el Comité Consultivo de Unidades o Enrique Granados en el Comité Consultivo de Radiaciones Ionizantes. Un ejemplo de esta implicación fue la importante aportación, que desde el Instituto de Óptica del CSIC, se hizo para la consecución de la definición energética de la candela

Según Otero uno de los problemas clave en España era el de no llevar a cabo la culminación de la “cadena investigadora”, pues, cuando se llegaba a la investigación aplicada, ésta no era apta para una producción industrial. Por esta razón creía que la separación entre investigadores e industriales debía desaparecer y ambos grupos debían unirse, pues eran complementarios para el desarrollo de la ciencia y de la investigación.

Bibliografía destacada

- Rendimiento fotométrico de sistemas ópticos a bajas luminosidades, en Anales de la Sociedad Española de Física y Química, año XXXVII, t. 37 (1941), págs. 459-477.
- Continuación del estudio de la miopía nocturna (Notas II y III), en Anales de Física y Química (AFQ), t. 38 (1942), págs. 236-248.
- Influencia del efecto de Purkinje combinado con la aberración cromática del ojo, en la miopía nocturna, en AFQ, t. 39 (1943), págs. 567-578.
- Sobre las ametropías naturales de la visión nocturna, en Atti de la Fondazione “Giorgio Ronchi”, t. II (1947).
- Umbrales absolutos y miopía nocturna, en AFQ, t. 43 (1947).

- Contribución de la aberración de apertura monocromática a la miopía nocturna, en Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química (ARSEFQ). Serie A, Física, t. 44 (1948), págs. 293-304.
- Contestación a una nota de J. Palacios sobre la causa de la miopía nocturna, en ARSEFQ. Serie A, Física, t. 44 (1948), págs. 674-677.
- Sobre las causas de las ametropías naturales de la visión nocturna, en Real Academia de Ciencias, I Centenario (1949).
- Sobre la posición natural del cristalino y la causa principal de las ametropías nocturnas, en ARSEFQ. Serie A, Física, t. 46 (1950), págs. 227-230.
- Astigmatismo nocturno. Nota II, en ARSEFQ. Serie A, Física, t. 47 (1951), págs. 295-296.
- Measurement of accommodation in dim light and in darkness by means of the Purkinje images, en Journal of the Optical Society of America, t. 43 (1953).
- Report on night visión, en Optica Acta, primer n.º especial (1953); con M. Aguilar.
- La acomodación en la miopía nocturna, en ARSEFQ. Serie A, Física, t. 49 (1953), págs. 127-129.
- Conferencia de Ginebra sobre usos pacíficos de la energía nuclear, en Arbor, n.º 117-118 (1955), págs. 201-209.
- Hacia una industria nuclear, en Energía Nuclear, n.º 3 (julio-septiembre de 1957), págs. 14- 38.
- Miopía y convergencia binocular nocturnas, en ARSEFQ. Serie A, Física, t. 54 (1958), págs. 139-142.
- Utilización de anteojos en visión nocturna, en ARSEFQ. Serie A, Física, t. 54 (1958), págs. 345-350.
- Necesidades españolas de elementos combustibles, en Energía Nuclear, n.º 5 (enero-marzo de 1958), págs. 18-34.
- Las centrales nucleares a plena escala actualmente en construcción y sus perspectivas económicas, en Energía Nuclear, n.º 7 (julio-septiembre de 1958), págs. 34- 59.

- La energía nuclear en el programa energético español, en La Materia, Zaragoza, CSIC, Institución Fernando el Católico, Diputación Provincial, 1961, págs. 336-346.
- Combustibles nucleares y los yacimientos radioactivos, Salamanca, Universidad, Instituto de Orientación y Asistencia Técnica del Oeste, 1963.
- Necesidad de la cooperación científica para los programas de desarrollo, en Energía Nuclear (enero-marzo de 1963), págs. 17-21.
- La investigación pura, la investigación aplicada y la técnica como factores de desarrollo económico. La investigación como inversión, Valle de los Caídos, Semana de Estudios Sociales, (1964).
- La investigación científica y técnica en un programa de desarrollo económico y social, en Arbor, nos. 225-226 (septiembre-octubre de 1964).
- Cualidades humanas desarrolladas en el ejercicio de la investigación científica, en Arbor, nº 253 (enero de 1967).

Leonardo Villena Pardo



Notas biográficas

- Nació en Casas de Ves (Albacete) el 15 de mayo de 1917.
- Murió en Madrid el 8 de julio de 2015.
- 1941. Licenciado en Ciencias en la Universidad Complutense de Madrid e inicio de sus trabajos en el Laboratorio Central de Ensayos de Materiales con el Prof. Eduardo Torroja.
- 1944. Premio extraordinario a su tesis doctoral que fue dirigida por el Prof. Esteban Terradas.
- 1949. Aprueba la oposición a Investigador del CSIC donde fue jefe de la sección de Óptica Física y director del Centro Metro-Físico.
- 1950-1951. Estancia en la Columbia University (Nueva York).
- 1954. Miembro de la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada (IUPAP).
- 1954. Es elegido presidente del Consejo Nacional de Física, creado en 1949 por el CSIC.
- 1968. Miembro del Comité Consultivo de Unidades (CCU) del CIPM.

- 1973. Funda el Comité de Metrología de la Asociación Española para la Calidad (AECC, renombrada como AEC a partir de 1987).
- 1982. Creación del Grupo Asesor de Calibración bajo su presidencia, base del Sistema de Calibración Industrial (SCI).
- 1986. Firma la carta de constitución de la Western European Calibration Cooperation (WECC) como representante español.
- 1990. Nombrado miembro de honor de la AEC.

Su contribución a la metrología

En los años 40 realizó el primer intento de impulsar en España la metrología, para aprovechar las capacidades de calibración y ensayo de los siete institutos coordinados por el Consejo Nacional de Física.

En 1972 funda el Comité de Metrología de la AECC (renombrada como AEC a partir de 1987), con la participación de los mejores laboratorios españoles, tanto públicos como privados.

Su participación fue decisiva para que, en 1973, España participara en la Conferencia Europea de Metrología celebrada en Teddington. Allí se establecieron las bases para el reconocimiento mutuo y la cooperación europea en metrología y calibración.

Con laboratorios del Comité de Metrología de la AECC, el Ministerio de Industria puso en marcha, en 1982, el Servicio de Calibración Industrial, SCI, cuyas funciones fueron integradas en ENAC. La cabeza del SCI estaba formado por un grupo de los prestigiosos metrologos de España, presididos por Leonardo Villena.

En Europa se había creado un servicio Europeo de Calibración, la Western European Calibration Cooperation (WECC). Partía de la conferencia de Teddington, que se ha mencionado anteriormente, en la que no estaba representado el SCI. El prestigio de Villena hizo que fuera invitado a la reunión en Dublín, en 1985, donde Villena hizo una presentación del SCI, que fue admitido sin reservas. Este es el antecedente de lo que actualmente es la European co-operation for Accreditation, EA, organismo que aglutina a todas las entidades nacionales de acreditación europeas.

Hasta 2008, siguió en el comité de metrología difundiendo la metrología en España con su ejemplo de generosidad y colaboración, mediante publicaciones, cursos, conferencias, etc.

Bibliografía destacada

- El emblema de los físicos, Revista española de física, ISSN 0213-862X, Vol. 19, N°. 4, 2005, págs. 1-27.
- Las ciencias fisico-matemáticas y la tecnología en el siglo XVIII, Serie histórica, ISSN 0214-025X, N°. 17, 1998, págs. 33-72.
- La calibración industrial, clave para obtener calidad y certificación, Economía industrial, ISSN 0422-2784, N° 274, 1990, págs. 107-122.
- Daza de Valdés, un científico fuera de su tiempo, Leonardo Villena Pardo, Boletín de la Real Academia de Córdoba de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes, ISSN 0034-060X, Vol. 49, N°. 100, 2, 1979, págs. 415-426.
- Consideraciones sobre la instrumentación científica y técnica, Química e industria: QeI, ISSN 0033-6521, N°. 9, 1974, págs. 596-600.
- Nuevos campos en la instrumentación óptica, Luz: Revista de información del Instituto de Óptica "Daza de Valdés" y del Comité Español de Iluminación, ISSN 0458-5224, N°. 13 (MAR), 1964, págs. 39-42.
- El segundo físico y el astronómico, Luz: Revista de información del Instituto de Óptica "Daza de Valdés" y del Comité Español de Iluminación, ISSN 0458-5224, N°. 4 (MAR-ABR), 1961, págs. 29-34.
- El metro óptico, Luz: Revista de información del Instituto de Óptica "Daza de Valdés" y del Comité Español de Iluminación, ISSN 0458-5224, N°. 3 (ENE-FEB), 1961, págs. 21-27.
- Sobre la presencia internacional de Torres Quevedo, Leonardo Torres Quevedo: conmemoración del sesquicentenario de su nacimiento (1852) / coord. por Francisco González de Posada, 2003, ISBN 84-95486-63-6, págs. 255-280.
- Impacto de Leonardo Torres Quevedo en el Comité Internacional de Pesas y Medidas, Actas del III Simposio "Leonardo Torres

Quevedo: su vida, su tiempo, su obra": 24 a 28 de abril de 1995 / coord. por Francisco González de Posada, Francisco A. González Redondo, 1999, ISBN 84-87635-26-1, págs. 285-288.

- Torres Quevedo en el Comité Internacional de Pesas y Medidas, Actas del II Simposio "Leonardo Torres Quevedo: su vida, su tiempo, su obra": 12 al 14 de agosto de 1991 / coord. por Francisco González de Posada, Pedro Alonso Juaristi, Amor González Redondo, 1993, ISBN 84-87635-07-5, págs. 163-166.
- Oteando el futuro de la metrología, *Metromática/91*: V Congreso Internacional de Metrología Industrial, 13-15 noviembre 1991 Zaragoza (España) / coord. por Fernando Torres Leza, 1991, págs. 31-38.
- Daza de Valdés: un científico fuera de su tiempo, El científico español ante su historia: la ciencia en España entre 1750-1850: I Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias / coord. por Santiago Garma Pons, 1980, ISBN 84-500-4142-2, págs. 439-448.
- Julio Palacios: labor didáctica, confinamiento y proyección internacional, Santander: Amigos de la Cultura Científica, 1985. ISBN 84-398-4381-X.

Alberto Orte Lledó



Notas biográficas

- Nació en Melilla en 1919.
- Murió en San Fernando (Cádiz) en 2011.
- 1937. Se incorpora a la Armada, sirviendo como marinero a bordo del crucero "Canarias".
- 1939. Ingresa en la Escuela Naval Militar de San Fernando.
- 1943. Alférez de Navío, volviendo al servicio a flote, desempeñando diversos destinos de mar como oficial.
- 1950. Regresa a España tras cursar estudios avanzados de Ciencias Físico-Matemáticas, y los de Diplomatura en Astronomía y Geofísica, en la Escuela de Estudios Superiores de la Armada, especializándose en la medida del tiempo en el Buró Internacional de la Hora (BIH).
- 1957. Representante español en el Comité Consultivo de la Definición del Segundo del CIPM.
- 1961. Miembro de la Unión Astronómica Internacional.
- 1976. Presidente de la Comisión 31 (Hora) de la Unión Astronómica Internacional.

- 1976. Miembro del panel directivo del BIH.
- 1977. Almirante Director del Real Observatorio de la Armada hasta 1985.

Su contribución a la metrología

Entre sus contribuciones más destacadas a la metrología se encuentran sus estudios en la medida del tiempo que, basándose en observaciones astrométricas, con los limitados instrumentos de que disponía, ofreció resultados coincidentes con los obtenidos por observatorios dotados de medios más modernos, de tal forma que la calidad de su labor quedó reflejada en el informe mundial sobre la rotación de la Tierra 1959-60 como "muy notable".

Tras ello, el Observatorio de Marina fue seleccionado, desde un principio, para el estudio internacional de la Hora. Alberto Orte impulsó entonces la modernización del instrumental del centro, lo que dio paso a la incorporación del Observatorio a los Servicios Internacionales del estudio de la Rotación de la Tierra y del Movimiento del Polo.

Tomó parte en las reuniones del Comité Consultivo para la Definición del Segundo (CCDS), dependiente del CIPM. En las siete primeras reuniones de este comité se tomaron importantes decisiones que afectaron a la redefinición de la unidad de tiempo (1967) y se formalizaron los estudios preparatorios para la coordinación internacional de escalas de tiempo, desempeñando en todas ellas un protagonismo destacado.

Impulsó el proyecto del nuevo equipo horario, ligado a la creación de la Sección de Hora. Una vez conseguida la aprobación por parte del BIH, el Observatorio pasó a formar parte del entonces reducido grupo de laboratorios que contribuirían a la realización del Tiempo Atómico Internacional (1972).

Además de delegado español en el CCDS (1957 a 1980), fue miembro de la Comisión 31 (Hora) de la Unión Astronómica Internacional (IAU), llegando a ser vicepresidente en 1973, y presidente en 1976, siendo la primera vez que un científico español ocupaba una presidencia de una Comisión de la IAU. Ese mismo año también fue nombrado miembro del

Grupo Directivo del BIH en representación de la IAU. También fue miembro de las comisiones 4 (Efemérides) y 19 (Rotación de la Tierra) de la citada Comisión.

Bibliografía destacada

- Estudio de la hora en el Observatorio de París y Bureau International de l'Heure, Publicaciones de la Real Sociedad Geográfica (Madrid), Serie B, 304 (1953).
- El nuevo servicio horario del Observatorio de Marina de San Fernando, Urania (Tarragona), 242 (1956).
- La operación mundial de longitudes del Año Geofísico y el problema de la hora, Urania (Tarragona), 247 (1958).
- Señales horarias radiotelegráficas, Revista General de Marina (Madrid), Marzo (1961).
- Los observatorios astronómicos ante el problema de la hora, Urania (Tarragona), 255-256 (1962).
- Estudio de un oscilador de cuarzo, Revista del Instituto Nacional de Electrónica (INE), Enero (1963).
- Definición física de la Unidad de Tiempo, Revista del Instituto Nacional de Electrónica (INE), 27 (1964).
- Comparación a distancia de patrones de frecuencia por medios de emisiones horarias de onda media y corta, Revista del Instituto Nacional de Electrónica (INE), 32 (1965).
- El Astrolabio Impersonal del Observatorio de Marina de San Fernando, estación astronómica permanente de precisión, Boletín de Información del Servicio Geográfico del Ejército (Madrid), 12 (1971).
- El Tiempo Atómico Internacional, Electrónica y Física Aplicada (Madrid), 14 (4) (1971).
- Impiego delle varie scale di tempo nei problemi di astronomía, Annali dell'Istituto Universitario Navale di Napoli, XLI-XLII (1972-1973).
- El equipo horario del Instituto y Observatorio de Marina, Electrónica Física y Aplicada (Madrid), 16 (3) (1973).

- El Tiempo Universal Coordinado y su papel en la Metrología, Boletín de Información del Servicio Geográfico del Ejército (Madrid), 27 (1974).
- Panorama actual de la Metrología del Tiempo, Boletín de Información del Servicio Geográfico del Ejército (Madrid), 27 (1974).
- Obtención de las coordenadas astronómicas en el sistema geodésico de referencia 1967, Boletín de Información del Servicio Geográfico del Ejército (Madrid), 28 (1974).
- Emploi des diverses échelles de temps dans les problèmes d'astronomie, Navigation, Revue Technique de Navigation Maritime, Aérienne et Spatiale, XXIV, 93 (1976).
- La Hora Oficial Española, Revista General de Marina, Octubre (1976).
- Tiempo Atómico Internacional: Ajuste del Intervalo Unitario, Electrónica Física Aplicada, 19 (3) (1976).
- La exactitud del Tiempo Universal Coordinado del Instituto y Observatorio de Marina, II Asamblea Nacional de Astronomía y Astrofísica (1977).
- El Tiempo Atómico Internacional, su estabilidad y su exactitud, Boletín de Información del Servicio Geográfico del Ejército (Madrid), 41 (1978).
- Report on Astronomy 1979. IAU Commission 31, Time (L'Heure), Transactions of the IAU, XVII A (1979).
- Proceedings of the Meetings Montreal 1979, IAU Commission 31, Time (L'Heure), Proceedings of the Seventeenth General Assembly, XVII B (1979).
- El Tiempo Universal Coordinado del Instituto y Observatorio de Marina durante 1978-1980, III Asamblea Nacional de Astronomía y Astrofísica (1980).
- La metrología tiempo / frecuencia, Revista Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Madrid), LXXVII, 2º (1983).
- Los relojes atómicos y la relatividad, Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas, y Naturales, LXXVIII, 3º (1984).

Carlos Enrique Granados González



Notas biográficas

- Nació el 9 de enero de 1928.
- Murió el 6 de abril de 2009 en Madrid.
- 1955. Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Central.
- 1964. Representante español en el Comité Consultivo para las Radiaciones Ionizantes (CCIR) del CIPM.
- 1967. Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad Central.
- 1982. Miembro del Grupo Asesor de Calibración del Sistema de Calibración Industrial (SCI) del Ministerio de Industria.
- 1990. Director del SCI hasta 1993.
- 2002. Profesor Ad Honorem de la Escuela Técnica Superior de ingenieros Industriales (Universidad Politécnica de Madrid) hasta 2007

Su contribución a la metrología

Doctor en Ciencias Físicas, Carlos Enrique Granados fue el impulsor del establecimiento definitivo en España de la metrología de radiaciones ionizantes. A finales de los años 60 del siglo XX, consciente de que faltaba una organización jerárquica y completa en la metrología de la Junta de Energía Nuclear (JEN), hoy CIEMAT, empleó su prestigio profesional

para convencer a sus jefes de la creación de un grupo especializado en dosimetría de haces externos.

Tras una corta estancia en el BIPM, en 1964, en la que resolvió un problema surgido con motivo de la comparación internacional del isótopo ^{54}Mn , mediante el desarrollo de dos técnicas nuevas para corregir medidas de una disolución contaminada accidentalmente, fue nombrado miembro, a título personal, del Comité Consultivo de los Patrones de Medida de Radiaciones Ionizantes (CCEMRI), en la sección de radionucleidos, participando en la creación del Comité Internacional de Medidas de Radionucleidos (ICRM) y contribuyendo decisivamente a afianzar el Laboratorio que él dirigía en el CIEMAT, el cual pasó sucesivamente a Grupo, Sección y, en 1981, a División de Metrología de Radiaciones Ionizantes.

Cabe destacar su aportación al estudio de los efectos de los llamados tiempos muertos en el recuento de pulsos electrónicos, por su aplicación a la medida absoluta de la radiactividad. Propuso y estudió la viabilidad de la utilización de un tiempo muerto común a las dos ramas de los circuitos de coincidencias, lo que constituye el cuerpo más importante de su tesis doctoral del año 1967. El método, llamado del tiempo muerto compartido, fue muy pronto aplicado en los laboratorios más avanzados. En esta misma tesis doctoral, Granados también propuso un método para combinar lo que entonces se llamaban errores sistemáticos y aleatorios de medida, adelantándose una década a lo que luego establecieron, para la combinación de incertidumbres, el BIPM y todas las organizaciones metroológicas regionales.

Desde 1990 hasta su jubilación en 1993, fue el Director del Sistema de Calibración Industrial (SCI), del Ministerio de Industria.

Dentro de su actividad científica, participó decisivamente en la redacción final del “Protocolo español de dosimetría en radioterapia”, de 1984, gestado dentro del Comité del mismo nombre, presidido por su colega y amigo Antonio Brosed, y en la definición de muchos términos del Real Decreto sobre criterios de calidad en radioterapia, de 1998. Asimismo, publicó también varios trabajos de lexicología científica, junto con Manuel

López Rodríguez, obteniendo en dos ocasiones el premio “Conde de Cartagena”, de la Real Academia Española de la Lengua primeramente por su “Lexicología Nuclear” y, posteriormente, tras publicar “Las definiciones de los elementos químicos en el Diccionario de la Lengua Española”, por “La metrología en el Diccionario de la Real Academia”, en el que los autores estudiaron novecientas noventa y ocho voces relacionadas con la metrología en general, de las cuales ciento sesenta y ocho eran nuevas, cuya inclusión en el DRAE recomendaban los autores.

Granados tenía también una faceta de escritor, que afianzó tras su retiro, habiendo publicado dos libros de poesía y varias novelas, alguna premiada, en las que el tema predominante fue la Guerra de la Independencia en España.

Dos conocidas citas suyas sobre metrología son las siguientes:

“El papel de la metrología en el progreso humano es invasivo, pero discreto, hasta el punto de que puede pasar tan desapercibido como la necesidad de un ambiente respirable para la inmensa mayoría de las especies vivientes”.

“La metrología es la ciencia que se dedica al estudio y evolución de las propiedades medibles, las escalas de medida, los sistemas de unidades, y los métodos y técnicas de medición, así como a la valoración de la calidad de las mediciones y su mejora constante, facilitando el progreso científico, el desarrollo tecnológico, el bienestar social y la calidad de vida”.

Bibliografía destacada

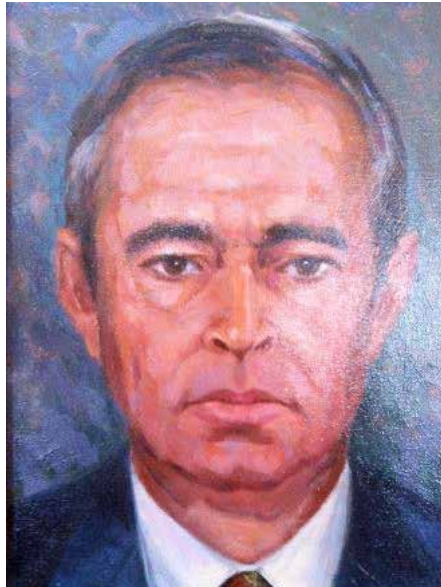
- Behaviour of Scintillometers with Charge Particles; Respuesta de detectores de centelleo a partículas cargadas, Vigón, J. Montes, C. E. Granados, R. Gutiérrez, Physics, 1959.
- Response of organic scintillation detectors to various particles, Vigón, J. Montes, C. E. Granados, R. Bernal, Physics, 31 October 1959.
- Automatic Electromagnetic Valve for Previous Vacuum; Válvula electromagnética automática para vacío previo, C. E. Granados, F. Martin, Physics, 1959.

- Measurements in a subcritical assembly of natural Uranium and light water, Vigón, C. E. Granados, Physics, 1 September 1960.
- Alpha-Conversion Electron coincidence method for measuring the absorption in specimens by 4π α Counting, F. Verdaguer, C. E. Granados, F. Sagastibelza, Biology, 1 July 1964.
- Standardization of a ^{54}Mn Solution by 4π X, e(PC)- γ Coincidence Counting; a Simple Method of Evaluating the Decay Scheme Correction, C. E. Granados, A. Rytz, Physics 1 April 1966.
- Measurement of dead-times by the coincidence method, C. E. Granados, Vigón, F. Verdaguer, Physics, 1967.
- Dead time Measurement, C. E. Granados, F. Sagastibelza, Engineering, 1967.
- Informe preliminar del sistema 'SAMAR'. Sistema automático de medidas absolutas de radionucleidos, De Carlos, J. E., Granados, Report JEN 247, 1972.
- New approach to beta-gamma coincidence counting. Advance report on the 'SAMAR' electronic system, J. E. D. Carlos, C. E. Granados, Physics, 1972.
- The 'SAMAR' sheared-dead-time method. A new approach to beta-gamma coincidence counting, De Carlos, J. E., Granados, C.E., Nuclear Instruments and Methods, Volume 112, Issue 1-2, September 1973/October 1973.
- On the concentration and determination of plutonium in natural waters by adsorption on MnO_2 filters, M. Crespo, J. L. Arcos, C. E. Granados, M. Aceña, Geology, Environmental Science, 1 March 1989.
- Las definiciones de los elementos químicos en el Diccionario de la Lengua Española. Análisis de la sistemática actual, propuesta de una nueva y Colección de Definiciones acordes con ella, C. E. Granados / M. López Rodríguez, Madrid, 1989.
- Control de los servicios de dosimetría personal autorizados por el CSN, usando haces de fotones, A. Brosed, A. Delgado, C.E. Granados, G. López Ortiz, CIEMAT, Madrid, 1989.
- Incertidumbres y tolerancias de la dosimetría en radioterapia, Granados C.E., Andreo P, Brosed A, Lizuain MC, Sáez C,

Gultresa J.SEFM, Hospital Central de Asturias, Hospital General, Oviedo, 1997.

- La metrología en el diccionario de la Real Academia Española, C. E. Granados y M. López Rodríguez, Ed. Ministerio de Fomento, Madrid, 1998
- Introducción a la historia de la Metrología, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, 9 febrero 2007.

Manuel Cadarso Montalvo



Notas biográficas

- Nació en Málaga el 5 de octubre de 1935.
- Murió el 12 de agosto de 1989 en Tortosa.
- 1954. Ingresó en la Escuela Naval Militar de Marín donde coincide con Juan Carlos de Borbón.
- 1962. Ingresó por oposición en el Instituto Geográfico y Catastral.
- 1969. Ingeniero verificador en la Comisión Nacional de Metrología y Metrotecnica (CNMM).
- 1977. Doctor Ingeniero Geógrafo en 1977 por el Consejo de Geografía, Astronomía y Catastro.
- 1978. Nombrado Vocal Secretario de la CNMM.
- 1980. Nombrado Subdirector General de Geodesia y Geofísica, abandonando temporalmente su actividad metroológica.
- 1983. Representante español en el Comité Internacional de Metrología Legal (CIML) de la OIML.

- 1985. Nombrado Subdirector General del recién creado Centro Español de Metrología, puesto en el que permaneció hasta el final de su vida.
- 1987. Firma la adhesión de España a EUROMET (ahora EURAMET).

Su contribución a la metrología

En 1978, tras ser nombrado Vocal-Secretario de la CNMM, resucitó un antiguo proyecto para la creación de un Centro Metrológico Nacional redactado en el año 1969 y que había caído en el olvido. Fue necesario actualizar y completar el proyecto con las correspondientes memorias, técnica y económica, para su presentación ante el Comité de Inversiones Públicas (CIP) que era el organismo, dependiente del Ministerio de Hacienda, encargado de evaluar todos los nuevos proyectos de la Administración que requerían fondos públicos para su ejecución. El proyecto no fue rechazado abiertamente, como era lo habitual, sino que hubo necesidad de readaptarlo a las exigencias del Comité, pero entró en esa vía de negociación que era un síntoma muy positivo.

Paralelamente comenzó con la redacción de los primeros borradores de lo que sería la futura Ley de Metrología que también exigiría un largo camino de entrevistas y negociaciones.

También consiguió una nueva sede para la CNMM en el pabellón norte del Instituto Geográfico, previas las necesarias obras de acondicionamiento que finalizaron en el año 1982, iniciándose el traslado a comienzos del año siguiente. Se habilitaron tres plantas para los futuros laboratorios y despachos administrativos que dieron otra imagen a la CNMM y permitieron la ubicación de todos los equipos que empezaban a adquirirse. También consiguió la ampliación del presupuesto para la CNMM, que permitió la contratación de personal técnico y la adquisición de nuevos equipos para la realización de los ensayos.

En el año 1984 se iniciaron los trámites administrativos necesarios para la construcción de los nuevos laboratorios en los terrenos que se habían adquirido el año anterior, en el polígono de Tres Cantos, perteneciente en aquel entonces al término municipal de Colmenar Viejo. La tramitación

del expediente administrativo duró más de un año. A partir de ese momento, Manuel Cadarso se convirtió en un supervisor permanente de las obras. Por otro lado, se seguía adquiriendo el equipamiento necesario para la realización de los ensayos reglamentarios de metrología legal, para desarrollar la metrología científica y comenzar la participación española en las comparaciones internacionales que permitieran en un futuro la homologación de España en el contexto metrológico europeo. Igualmente, y de forma paulatina, se incrementaba la plantilla de personal para poder hacer frente a estos retos que se iban a plantear.

En 1985 consigue la aprobación de la primera ley de metrología: Ley 3/1985, de 18 de marzo, de Metrología y de sus Reales Decretos de desarrollo, así como del Real Decreto 415/1985, de 1 de abril, de creación del Centro Español de Metrología.

Al mismo tiempo el CEM, bajo su dirección, comenzó a incorporarse a las instituciones europeas participando en los trabajos de carácter metrológico que se estaban llevado a cabo en la Comisión Europea.

En 1987, en las instalaciones del CEM cuyas obras acababan de finalizar, se firmó la creación de EUROMET, ahora EURAMET, la entidad que engloba a los institutos nacionales de metrología europeos, firmando Manuel Cadarso como representante español.

Bibliografía destacada

- La metrología en España hasta la convención del Metro. Madrid: Presidencia del Gobierno, Comisión Nacional de Metrología y Metrotecnia, 1ª Asamblea Nacional de Metrología, 1975.
- Un análisis de la evolución de la metrología en España, tesis doctoral publicada en 1977, Madrid: Dirección General del Instituto Geográfico y Catastral. Re-editada por el CEM en 2021.

José M^a Balmisa Páramo



Notas biográficas

- Nació el 6 de julio de 1935 en Sevilla.
- Murió el 8 de marzo de 2008 en Madrid.
- 1964. Se incorpora al Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial “Esteban Terradas” (INTA).
- 1973. Participa en la Conferencia Europea de Metrología celebrada en el National Physical Laboratory (NPL).
- 1989. Se incorpora al CEM.

Su contribución a la metrología

A comienzos de los años 60 del siglo XX trabajó en el laboratorio de medidas de equipos de precisión en la Base Aérea de Torrejón de Ardoz. En 1964 comenzó a trabajar en el INTA como ingeniero de telecomunicaciones, llegando a ser Director del Departamento de Aviónica y Electroóptica.

Participó en la Conferencia Europea de Metrología celebrada en el NPL en Teddington de 1973, que fue el hito inaugural para la cooperación europea en metrología y calibración.

En 1982, el Ministerio de Industria crea el Sistema de Calibración Industrial (SCI), cuya misión principal era la de calificar y clasificar a los laboratorios españoles para poder dar servicio de metrología a la industria. Dentro de este sistema fueron clasificados para actuar como las referencias nacionales de nivel metrológico más elevado: los laboratorios de metrología del TPYCEA en las magnitudes de longitud y electricidad y los laboratorios de metrología del INTA, en electricidad, temperatura y presión, estos últimos bajo la dirección de José María Balmisa Páramo y Vicente Chimenti Ruiz.

Continuó trabajando en metrología en su tesis doctoral sobre “Contribución al diseño, construcción y medida de un prototipo de resistencia patrón eléctrica en corriente alterna” y, posteriormente, en 1989, cuando se inaugura el Centro Español de Metrología (CEM), organizó su Área de Electricidad, en la que se llevaron a cabo las medidas del voltio mediante efecto Josephson. Es de destacar la compatibilidad de los resultados obtenidos en las comparaciones con el BIPM entre los años 1998 y 1999, con una incertidumbre inferior a 1 nV.

En su etapa en el INTA, y posteriormente en el CEM, realizó numerosas visitas y estancias técnicas en diferentes centros de metrología de renombre internacional como el NPL, el Physikalisch- Technische Bundesanstalt (PTB), en Braunschweig, y la sede del BIPM en Francia. También colaboró activamente con el Taller de Precisión y Centro Electrotécnico de Artillería (TPYCEA) y con el Real Observatorio de la Armada (ROA) en el campo de la metrología del tiempo y la frecuencia. Fue miembro distinguido de la Asociación Española para el Control de la Calidad (AEC).

Bibliografía destacada

- Comparison of the Josephson Voltage Standards of the Centro Español de Metrología and the Bureau International des Poids et Mesures, Metrología. 1999; volumen 36.
- A QHE system based on a Josephson potentiometer. 1998. Universidad Politécnica de Madrid.

Javier Carro de Vicente Portela



Notas biográficas

- Nació el 28 de febrero de 1943 en Madrid.
- Murió el 17 de julio de 2018 en Logroño.
- 1973. Miembro del Comité de Metrología de la Asociación Española para el Control de la Calidad, AECC (renombrada como AEC a partir de 1987).
- 1973. Jefe del Laboratorio de Metrología Dimensional del Taller de Precisión de Artillería hasta 1993.
- 1975. Vocal del Comité Técnico de Normalización N° 82 (Metrología y Calibración) de AENOR (ahora UNE).
- 1976. Profesor Asociado de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) hasta 2008.
- 1981. Miembro del Grupo Asesor de Calibración del Sistema de Calibración Industrial (SCI) hasta 1996.
- 1982. Miembro distinguido de la AECC.

- 1994. Jefe del Departamento de Metrología y Normalización del Taller de Precisión de Artillería hasta 1997.
- 1995. Vocal del Comité Técnico de Calibración en Metrología Dimensional, de la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) hasta 2011.
- 1997. Coronel Director del Taller y Centro Electrónico de Ingenieros (TYCE) de Guadalajara hasta 1998.
- 2006. Miembro del Grupo de Innovación Educativa en Física y sus Aplicaciones Industriales, Departamento de Física Aplicada a la Ingeniería Industrial, ETSII-UPM hasta 2014.
- 2008. Profesor *Ad Honorem* de la ETSII (UPM) hasta 2014.

Su contribución a la metrología

A partir de 1974, y durante cuarenta años, Javier Carro fue un referente destacado en el área de la metrología dimensional en España, periodo en el que la metrología se desarrolló con gran intensidad, estimulada por la demanda de mayores exigencias en los sistemas para la calidad industrial. Fue un metrólogo de laboratorio, prefería trabajar entre instrumentos, lo que le permitía dejar su mesa para hacer las medidas de sus trabajos y orientar cuando era necesario la tarea de los analistas.

Compartió su trabajo como Jefe del Laboratorio de Metrología Dimensional del Taller de Precisión y Centro Electrotécnico de Artillería (TPYCEA) con su actividad en el Laboratorio de Metrología y Metrotecnica, (LMM) de la ETSII (UPM), hasta 1994, año en el que al ser promovido a destinos más generales tuvo que alejarse de la metrología cotidiana en el ejército; sin embargo, quiso mantener su quehacer metrológico en el LMM, en el que completó un total de treinta y ocho cursos académicos.

Estableció un procedimiento general para asegurar la trazabilidad de las medidas en los laboratorios y centros de medición, basado en la ejecución de un Plan de Calibración gestionado a partir de un Diagrama de Niveles en el que se integran los Grupos de Calibración de los equipos e instrumentos del centro. El Plan de Calibración se reitera cada cierto número de años, actualizando las entradas externas en los Grupos del máximo nivel (nivel cero). Esta forma sistemática de aseguramiento de la

trazabilidad fue adoptada principalmente en laboratorios industriales y de calibración dimensionales y también en otras áreas metroológicas.

Fue el primero en desarrollar detalladamente en España un procedimiento sistemático para la calibración de bloques patrón longitudinales del máximo nivel de calidad, mediante el interferómetro de cuatro lámparas espectrales que en los años setenta existía en el TPYCEA. Utilizó el método de los excedentes fraccionarios y un programa de cálculo que permitía obtener la longitud e incertidumbre de la medida de cada bloque. Este trabajo se concretó en su Tesis Doctoral en la UPM, 1982, que recibió el Premio de la Fundación J. A. Artigas a la mejor tesis de la especialidad Mecánica de 1982. Posteriormente dirigió otras dos tesis doctorales en el campo de la metrología.

Entre sus publicaciones destaca el libro “Curso de Metrología Dimensional”, 1978, que recoge los instrumentos y métodos de medición propios del área, con un nivel de detalle muy superior al de los textos existentes en aquella fecha.

Bibliografía destacada

- Curso de Metrología Dimensional. Javier Carro de Vicente-Portela. ETSII-UPM, 1978. ISBN 84-7484-140-2.
- Consideraciones sobre los errores de medida. Sánchez, A.M. y Carro, J., Novamáquina 2000, nº 62, noviembre, 1980, p. 71-75.
- Reproducibilidad de medidas de rugosidad en España. Sánchez, A.M. y Carro, J., Primeras Jornadas Ibéricas de Tribología, Real Sociedad Española de Física y Química, Madrid-Lisboa, oct. 1983, p. 5-34.
- Consideraciones generales sobre la organización de un laboratorio de metrología dimensional. Carro, J. y Sánchez, A.M., Anales de Ingeniería Mecánica, vol. 1, dic., 1983, p. 232-239.
- La determinación de incertidumbres de medida. Sánchez, A.M. y Carro, J., Novamáquina 2000, nº 109, marzo, 1985, p. 49-54.
- Cálculo de la incertidumbre de una medida indirecta en metrología dimensional. Carro, J. y Sánchez, A.M. Novamáquina 2000, vol. 114, sept. 1985, p. 139-144.

- Calibration procedures on dimensional metrology instruments' in Spain. Carro, J. y Sánchez, A.M. International Symposium on Dimensional Metrology in Production and Quality Control, Aachen, 20-22 sep. 1989, p. 101-106. ISBN 3-18-090761-4.
- L'utilisation des incertitudes en métrologie dimensionnelle en Espagne. Sánchez, A.M. y Carro, J., Revue de Métrologie, nº 68(2), fév.1990, p. 145-149.
- Intercomparación de láseres estabilizados con yodo (633 nm). de Vicente, J., Sánchez, A.M. y Carro, J., Metromática 91: V Congreso Internacional de Metrología Industrial, 13-15 noviembre 1991, Zaragoza, p. 109-118.
- Calibración de bloques patrón longitudinales entre 0,1 y 1 m. Carro, J., Sánchez, A.M., y de Vicente, J., Metromática 91: V Congreso Internacional de Metrología Industrial, 13-15 noviembre 1991, Zaragoza, p. 119-127.
- Traceability Assurance in Metrology Laboratories. Sánchez, A.M., de Vicente, J. y Carro, J., 1st EuroLab Symposium, Quality Management and Assurance in Testing Laboratories, Strasbourg (France), 28-20 jan. 1992, p.175-185.
- Estimación de incertidumbres mediante simulación: aplicación a la medida del defecto de planitud. De Vicente, J., Sánchez, A.M. y Carro, J., Anales de Ingeniería Mecánica, año 10, nº 2, p. 21-28, nov. 1994. ISBN 84-7721-289-9.
- Calidad Industrial: Metrología y Ensayos. Sánchez Pérez, A. M. y Carro de Vicente-Portela, J., Fundación Universidad-Empresa y UNED, 1996, 169 p.
- Elementos de Metrología. Sánchez Pérez, Ángel M^a y Carro de Vicente-Portela, Javier, ETSII-UPM, 1996. ISBN 84-7484-115-1.
- Modelo estadístico de comportamiento de máquinas medidoras por coordenadas: modelo G, Sánchez, A.M., Raya, F., de Vicente, J., Carro, J. y Díaz, J.M., 2o Congreso Español de Metrología, Sevilla, 24-26 mayo 2000.
- Trazabilidad. Carro de Vicente-Portela, Javier, ETSII-UPM, 2000. ISBN 84-600-1071-6.
- Visualización y evaluación de interferogramas mediante técnicas de análisis de Fourier. Carro, J. y de Vicente, J., Segundo Congreso

Internacional de Metrología para la productividad y la calidad, METROCAL 2001, Universidad de Concepción (Chile), 25-27 abril 2001.

- Las covarianzas en la medida de la rectitud. Carro, J., Forum Calidad, ISSN 1139-5567, año nº 14, nº 131, 2002, p. 66-69.
- Curso de Doctorado sobre Metrología Dimensional. Carro de Vicente-Portela, Javier., Sánchez Pérez, Ángel M^a y de Vicente y Oliva, Jesús., ETSII-UPM, 2005, 437 p. ISBN 84-689-5569-8.
- Patrones e instrumentos de medida. Carro, J., Forum Calidad, ISSN 1139-5567, año nº 24, nº 248, 2014, p. 46-49.

Rafael Boloix Carlos-Roca



Notas biográficas

- Nació el 10 de mayo de 1946 en Calpe, Alicante.
- Murió el 9 de abril de 2019 en San Fernando, Cádiz.
- 1964. Ingresó en la Escuela Naval Militar de Marín.
- 1985. Obtiene Licenciatura de la Tierra y el Cosmos por la Universidad de Barcelona.
- 1986. Participa en la primera campaña antártica española.
- 1990. Es nombrado subdirector del Real Observatorio de la Armada.
- 1995. Es nombrado director del Real Observatorio de la Armada.
- 1996. Obtiene el doctorado en Ciencias Físicas por la Universidad de Cádiz.

Su contribución a la metrología

Rafael Boloix se especializó en la medida del tiempo en el Buró Internacional de la Hora (Sèvres, París), precursor del actual Departamento de Hora de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, y fue Jefe de la Sección de Hora del Real Instituto y Observatorio de la Armada antes de pasar a dirigirlo.

Como Jefe de Sección, fue responsable de la primera calibración mediante receptor GPS a través del Observatorio de París, referida al Loran-C, y de la sistematización de la transferencia de tiempo mediante GPS. Asimismo, dedicó gran parte de sus esfuerzos al desarrollo de la novel técnica de transferencia de tiempo mediante señales de TV vía satélite.

Fue miembro de la Unión Astronómica Internacional (IAU) y del Comité Científico del Foro Europeo de Tiempo y Frecuencia (EFTF), y representante español en el Comité Técnico de Tiempo y Frecuencia de EUROMET (1990 al 1994), también formó parte de las comisiones nacionales de Astronomía y de Geodesia y Geofísica.

Desde 1985 hasta 2003 fue miembro del “Grupo Asesor de Calibración”, en el marco del Sistema de Calibración Industrial (SCI) promovido por la Dirección General de Innovación Industrial y Tecnología, dependiente del Ministerio de Industria y Energía. Adicionalmente, desde 1996 hasta 2003 desempeñó las funciones de Presidente del Subcomité de Tiempo y Frecuencia del Ministerio de Industria. Como miembro de este Grupo efectuó asesoramiento técnico, atendía consultas y auditaba laboratorios, además de impartir cursos de formación por toda la geografía nacional.

En 1986 tomó parte en la 1ª Campaña Antártica española. Se trató de una misión científica mixta con personal de la Armada y personal civil, cuyos resultados científicos merecieron la aprobación del Consejo Antártico (COMNAP), coordinador de las actividades de las autoridades responsables de los programas antárticos nacionales. Como consecuencia, España sería aceptada junto a Suecia en la sesión plenaria de París.

Tuvo el reconocimiento de las Reales Academias de San Romualdo de San Fernando y de la Real Academia Hispanoamericana de Ciencias Artes y

Letras con sede en Cádiz, Instituciones académicas de las que formó parte como académico de número colaborando con ellas en múltiples ocasiones.

Bibliografía destacada

- Medida del Tiempo: Escalas de tiempo y el calendario; Boletín ROA, N^o. 1, 1994.
- Patrones atómicos e Incertidumbre de la medida; Boletín ROA, N^o. 2, 1994.
- Transporte de hora mediante el empleo de Señales de TV vía satélite; Boletín ROA, N^o. 2, 1996.
- El Observatorio de la Armada y su aportación a la ciencia. La medida del tiempo es vida. El patrón nacional de la unidad de tiempo. Transferencia de tiempo vía GPS. Resultados experimentales; Boletín ROA, N^o. 10, 1996.
- La marina de la Ilustración y Vargas Ponce; Boletín ROA, N^o. 10, 1997.
- El problema de la determinación de la longitud en la mar desde el tornaviaje de Colón; Boletín ROA, N^o. 6, 1998.
- Metrología de tiempo y frecuencia; Epsilon: Revista de la Sociedad Andaluza de Educación Matemática "Thales", ISSN 1131-9321, ISSN-e 2340-714X, N^o 41, 1998, págs. 229-248.
- Cien años de registros sísmicos en España: el Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando, pionero de la sismología instrumental en nuestro país; ISSN 1133-5777, N^o. 52, 1999, págs. 15-17.
- La navegación en el siglo XIX. El Observatorio de la Armada en la astronomía española. Las matemáticas en la Armada. La era espacial: 30 años de la llegada del hombre a la Luna. Terremotos, el maremoto de Cádiz en 1755; Boletín ROA, N^o. 4, 2000.
- El Calendario Eclesiástico; Boletín ROA, N^o. 6, 2001.
- Las Ciencias en las Fuerzas Armadas; Cuadernos de pensamiento naval: Suplemento de la Revista General de Marina, ISSN 1697-2333, N^o. 1 (junio), 2001, págs. 33-46.
- De la medida del tiempo; Boletín ROA, N^o. 5, 2002.
- El Real Instituto y Observatorio de la Armada; Arbor: ciencia, pensamiento y cultura, (Ejemplar dedicado a: La Armada

Española, nuevos tiempos, nuevos horizontes Estado Mayor de la Armada), ISSN 0210-1963, N° 682, 2002, págs. 349-364.

- Dos siglos y medio escudriñando el cielo; Estratos, ISSN 1133-5777, N°. 69, 2003, págs. 26-31.
- El Real Instituto y Observatorio de la Armada. 250 años de actividad científica; Boletín ROA, ISSN 1131-5040, N°. 1, 2009, págs. 1-14.

Fuentes de las imágenes recogidas en el texto

- Imagen de Jorge Juan y Santacilla: Rafael Tegeo, Dominio público,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1331561>.
- Imagen de Antonio Ulloa y de la Torre: de Andrés Cortés y Aguilar, Dominio público,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=28944750>.
- Imagen de Agustín de Pedrayes y Follo: de “Discurso leído en la solemne apertura del curso académico de 1908 a 1909 por el Dr. D. Enrique Fernández y Echevarría“, editado por el CEM, 2008 NIPO: 706-08-003-7.
- Imagen de Gabriel Ciscar y Ciscar: desconocido, Dominio público,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=39722299>.
- Imagen de José de Mendoza y Ríos: De Desconocido –conservado en el Museo Naval de Madrid, Dominio público.
- Imagen de Vicente Vázquez y Queipo de Llano: Arturo Carretero - La Ilustración española y americana Año XXXVIII. Núm. XII. Madrid, 30 de marzo de 1893: 221. ISSN 1889-8394., Dominio público,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=36439398>.
- Imagen del General de Ibáñez e Ibáñez de Íbero: imagen del cuadro conservado en las instalaciones de la colección permanente de pesas y medidas del Centro Español de Metrología.
- Imagen de Francisco de Paula Arrillaga y Garro: A. Quinet, 1882. Fuente Gallica.
- Imagen de Leonardo Torres Quevedo: Christian Franzen - (15 de marzo de 1916). "El eminente sabio español Leonardo Torres Quevedo, de Franzen". La Ilustración Española y Americana 60 (10): 151., Dominio público,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=37017247>.
- Imagen de Blas Cabrera y Felipe: GFHund - Esta imagen ha sido extraída del archivo, CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=76292296>.

- Imagen de José M^a Otero Navascués Enríquez de la sota: detalle de la portada del libro “José María Otero Navascués: Ciencia y Armada en la España del siglo XX” de Carlos Pérez Fernández-Turégano, doi: 9788400095918.
- Imagen de Leonardo de Villena: de <https://www.e-medida.es/numero-16/leonardo-villena-pardo-el-impulso-a-la-metrologia-actual-en-espana/>.
- Imagen de Alberto Orte Lledó: Cortesía del Real Observatorio de la Armada.
- Imagen de Carlos Enrique Granados: Rev Fis Med 2009;10(1):68. <https://revistadefisicamedica.es/index.php/rfm/article/view/231/221>.
- Imagen de Manuel Cadarso Montalvo: fotografía del retrato conservado en la Sala del Consejo “Manuel Cadarso” del Centro Español de Metrología.
- Imagen de José M^a Balmisa Páramo: cortesía de la familia.
- Imagen de Javier Carro: cortesía de Angel M^a Sánchez Pérez.

Referencias

- Jorge Juan y la metrología; Leonardo Villena. 2014, Revista Española de Metrología, e-medida, nº 3. <https://www.e-medida.es/numero-3/jorge-juan-y-la-metrologia/>
- La memoria elemental “Sobre los nuevos pesos y medidas fundados en la naturaleza”, de Gabriel Císcar, documento germinal de la metrología española; Francisco González de Posada; 2021, Revista Española de Metrología, e-medida, nº 18. <https://www.e-medida.es/numero18/la-memoria-elemental-sobre-los-nuevos-pesos-y-medidas-fundados-en-la-naturaleza-de-gabriel-ciscar-documento-germinal-de-la-metrologia-espanola/>.
- El ‘Sistema Métrico Español’ de Gabriel Císcar: los “apuntes sobre medidas, pesos y monedas”; 2022, Francisco González de Posada; Revista Española de Metrología, e-medida, nº 20. <https://www.e-medida.es/numero-20/el-sistema-metrico-espanol-de-gabriel-ciscar-los-apuntes-sobre-medidas-pesos-y-monedas/>.
- Discurso leído en la solemne apertura del curso académico de 1908 a 1909 por el Dr. D. Enrique Fernández y Echevarría“, editado por el CEM, 2008 NIPO: 706-08-003-7.
- La obra científica del astrónomo Fausto Vallés y Vega, Barón de la Puebla; Antonio Enrique Ten Ros; Estudis.: Revista de historia moderna, ISSN 0210-9093, Nº 11, 1984, págs. 143-161
- El General Ibáñez e Ibáñez de Ibero, Marqués de Mulhacén; José Ángel Robles Carbonell y Emilio Prieto; 2015, Revista Española de Metrología, e-medida, nº 4. <https://www.e-medida.es/numero-4/el-general-ibanez-e-ibanez-de-ibero-marques-de-mulhacen/>.
- Joseph de Mendoza y Ríos: Teoría, observación y tablas; Eduardo L. Ortiz; Gaceta de la Real Sociedad Matemática Española, ISSN 1138-8927, Vol. 4, Nº 1, 2001, págs. 155-183. <https://gaceta.rsme.es/abrir.php?id=223>.
- Medir el metro: La historia de la prolongación del arco de meridiano Dunkerque-Barcelona, base del Sistema Métrico Decimal; Antonio Enrique Ten Ros; 1996, Valencia: Instituto de

Estudios Documentales e Históricos sobre la Ciencia, 1996, ISBN: 84-370-2344-0.

- La unificación de los pesos y medidas en España durante el siglo XIX. Los Proyectos para la reforma y la introducción del sistema métrico decimal; José Vicente Aznar García; 1997, Tesis doctoral editada por el CEM en 2013 NIPO 074-13-011-7.
- Un análisis de la evolución de la metrología en España; Tesis Doctoral de Manuel Cadarso Montalbo; CEM Editorial/NIPO/ISBN CEM/113210091/113210100. <https://www.cem.es/sites/default/files/2021-12/Evolucion%20metrologia%20Espa%C3%B1a.pdf>.
- Leonardo Torres Quevedo; Joaquín Campos Acosta y José Luis Ortiz Alías; 2016, Revista Española de Metrología, e-medida, nº 5. <https://www.e-medida.es/numero-5/leonardo-torres-quevedo/>
- José María Otero Navascués: Fundador de la metrología española en el siglo XX; Carlos Pérez Fernández-Turégano; 2013, Revista Española de Metrología, e-medida, nº 2. <https://www.e-medida.es/numero-2/jose-maria-otero-navascues-fundador-de-la-metrologia-espanola-en-el-siglo-xx/>
- Leonardo Villena Pardo: El impulso a la metrología actual en España; Angel García de la Chica. José Luis Ortiz Alías y Antonio Moreno Calvo; 2020, Revista Española de Metrología, e-medida, nº 16. <https://www.e-medida.es/numero-16/leonardo-villena-pardo-el-impulso-a-la-metrologia-actual-en-espana/>.
- Manuel Cadarso Montalvo. Su Obra; Mariano Martín Peña, 2012, Revista Española de Metrología, e-medida, nº 1. <https://www.e-medida.es/numero-1/manuel-cadarso-montalvo-su-obra/>.
- Diccionario Biográfico de la Real Academia de la Historia. <https://dbe.rah.es/>.
- Homenaje al marino y científico Rafael Boloix Carlos-Roca en la Academia Hispanoamericana; Antonio Atienza; 2022, Andalucía Información. <https://andaluciainformacion.es/san-fernando/1041545/homenaje-al-marino-y-cientifico-rafael-boloix-carlos-roca-en-la-academia-hispanoamericana/>.



NIPO: 113220263 (papel)
NIPO: 113220279 (digital)
Depósito Legal: M-26106-2022