

Centro Español de Metrología

cem@cem.es

www.cem.es

DESTACADOS 2022



NIPO: 113230022

CEM

Una mirada al año	2
Nuevos desarrollos de patrones, sistemas de medida y proyectos I+D+i	3
Servicios prestados	8
Actividad normativa	9
Actividad divulgativa	9
Mejora continua	12
Compromiso exterior	13

Una mirada al año

El año 2022 ha sido un año de importantes eventos y de nuevas esperanzas en el que el personal del CEM ha continuado trabajando con ilusión para la consecución de los objetivos de nuestro plan estratégico; y con renovado optimismo tras conseguir la ansiada creación de una especialidad propia dentro de la Escala de Titulados Superiores de Organismos Autónomos del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. A finales de año se convocaron catorce plazas de acceso libre, tras más de diez años de espera, lo que asegura la continuidad del organismo y abre las puertas a un aumento neto de nuestra plantilla. Pero en 2022 el personal del CEM siguió disminuyendo por lo que hemos desarrollado un Plan de Contingencia y de Continuidad de Servicios aprobado por nuestro Consejo Rector, para la eventualidad de que se descienda a un número crítico que impida el correcto desarrollo de las obligaciones del CEM.



Nuestra actividad se ha desarrollado al nivel pre-pandémico prácticamente en todos los sentidos, superando en algunos casos nuestras expectativas. Es destacable el esfuerzo realizado en la gestión de los fondos del Plan de Modernización del CEM, dentro del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y el desarrollo de una renovada política antifraude con la creación de sistemas de control aún más estrictos y el establecimiento de un buzón de denuncias.

También ha sido el año en que hemos celebrado nuestro 7º Congreso Español de Metrología en Ávila, entre los días 26 a 29 de septiembre, con un record de asistencia. En noviembre se celebró asimismo la 27ª Conferencia General de Pesas y Medidas en la que se aprobaron importantes resoluciones y nuestra compañera Mª Dolores del Campo Maldonado fue re-elegida, por otros cuatro años, miembro del Comité Internacional de Pesas y Medidas. Por último y no menos importante, ha sido la publicación de nuestra [carta de servicios](#), que está disponible en nuestra web y que recoge las obligaciones del CEM para con sus clientes y usuarios.

Nuevos desarrollos de patrones, sistemas de medida y proyectos I+D+i

La primera de las cinco grandes líneas estratégicas del CEM es la I+D+i en campos con gran potencial de desarrollo en nuestro país.

A lo largo del año se ha trabajado en proyectos de desarrollo internos, es decir con financiación total del CEM así como en proyectos financiados por la Unión Europea a través de los programas EMPIR y del partenariado en metrología (EMP). A la vez, se han dado pequeños pasos en los proyectos incluidos dentro del Plan de Modernización del CEM, que no se han podido abordar de lleno ante el retraso en la contratación de personal investigador.

En 2022 se han iniciado dos proyectos nuevos, los primeros del EMP:

- Met4H2 que tiene como objetivo desarrollar la infraestructura europea para apoyar la cadena de suministro de hidrógeno.
- TRaMM que pretende ampliar la disponibilidad en Europa de las medidas magnéticas trazables.

EL CEM EN CIFRAS

Proyectos I+D en curso: 26

Proyectos I+D iniciados en 2022: 2

CMC en la KCDB del BIPM: 301

nº de servicios prestados: 6156

nº comparaciones internacionales: 11

nº total de comparaciones nacionales: 20

Documentos de calidad modificados o nuevos: 103

nº de publicaciones en congresos y seminarios: 38

nº de artículos en revistas: 14

nº participaciones en organismos: 118

Nº de personas formadas: 140

Nº horas formación interna: 2110

Visitas a la web: 591 848

Visitas a la revista: 237 132

Suscriptores YouTube: 12 100

El Área de Masa y Magnitudes Mecánicas ha continuado trabajando en el proyecto interno Electromasa gracias al cual se está desarrollando una balanza electrostática. Esta balanza proporcionará trazabilidad a valores de masa inferiores a 1 g, con la que se han realizado ya unas medidas preliminares. En el proyecto EMPIR ComTraForce, para mejorar la trazabilidad integral en la medida de fuerza, se ha trabajado en el desarrollo de un gemelo virtual de un sistema de medida de fuerzas.

La jefa del Área de Masa y Magnitudes Mecánicas ha continuado llevando la dirección del proyecto EMPIR COAT sobre comparabilidad de las medidas de temperatura en ambientes extremos. En este proyecto participa el Área de Termodinámica y Medioambiente. Cabe destacar la instalación en Ny Alesund (Noruega) de las pantallas de radiación y termómetros que van a participar en la comparación de medida de la temperatura del aire.



Figura 1. Fotografía del campo de comparación en la estación científica de Ny Alesund tomada en diciembre de 2022.

El Área de Termodinámica y Medioambiente, además de en COAT, ha trabajado en proyecto RealK que, al estar a punto de finalizar, se participado, sobre todo, en actividades de difusión. Se han preparado artículos para revistas y presentaciones en congresos, como en el 7º Congreso Español de Metrología o el Congreso Internacional de Metrología de 2023. En el proyecto FICAL se han realizado las obras para la instalación del nuevo laboratorio de fibras ópticas y se ha adquirido equipamiento.

El Área de Longitud e Ingeniería de Precisión ha colaborado en los proyectos EMPIR ProbeTrace y TracOptic relacionados con el laboratorio de patrones para micro y nanometrología y con el de metrología por coordenadas y formas. En el primero buscando métodos trazables y económicos para la calibración de patrones de forma y de rugosidad superficial y desarrollando métodos para la medida de rugosidad mediante microscopía 3D. Como actividades destacables en ProbeTrace se ha diseñado a medida el sistema para la calibración de piezoeléctricos y su estructura de soporte para todo el conjunto de instrumentos utilizados en los ensayos. En TracOPTic se ha colaborado en la elaboración de protocolos de comparación y selección de muestras.

Con financiación interna se ha finalizado el desarrollo de un método para la medida del área efectiva de los sistemas pistón-cilindro en máquinas de medir por coordenadas. Este método se presentó en el 7º Congreso Español de Metrología.

Dentro del Área de Electricidad y Energía ha finalizado, la creación del laboratorio de magnetismo. Este laboratorio cubrirá una nueva magnitud, en la que no se disponía de patrones nacionales, y que es de especial importancia en áreas de salud, estudio de materiales u observación de la Tierra entre otras. Para alcanzar este logro se ha adaptado una nueva sala, diseñado y fabricado los patrones de magnetismo y adquirido el equipamiento auxiliar. Durante el año 2023 se iniciará la validación de los patrones. Otro nuevo laboratorio que ha sido significativamente impulsado es el de caracterización de estaciones de carga. Para ello, se ha adaptado una de las salas del CEM y se ha adquirido los simuladores de los vehículos eléctricos. También se ha llevado a cabo la tramitación y adjudicación de un criostato de ciclo cerrado que nos permitirá en un corto plazo, la realización del efecto hall cuántico y el estudio de nuevos dispositivos, en condiciones de muy bajas temperatura, inferiores a 1 K, y campos magnéticos superiores a 10 T.

El proyecto EMPIR COMET de investigación fundamental, liderado por el CEM, ha superado con éxito el ecuador de su desarrollo. Su objetivo principal es el estudio de nuevos tipos de materiales bidimensionales de Dirac y explorar sus posibilidades como nuevos patrones de resistencia basados en el efecto Hall cuántico, como alternativas a las heteroestructuras AlGaAs y al grafeno.

Por su parte, el proyecto EMPIR DIG-AC ha llegado a su final. Este proyecto ha estado dedicado a desarrollar las capacidades para la transición de la metrología eléctrica de la era analógica a la digital.

El Área de Química y Salud ha continuado con las tareas del proyecto EMPIR DEARB sobre metrología para la descarbonización de las redes de gas. Se han preparado mezclas de referencia de gas natural enriquecido con hidrógeno para el instituto de metrología alemán (PTB), con el fin de desarrollar nuevos métodos de monitorización y análisis de mezclas de gas natural con hidrógeno. Dentro del proyecto EMPIR ProMeth2O sobre metrología para las trazas de agua en gases de proceso ultrapuros, se ha realizado el estudio para la preparación de mezclas con trazas de humedad en matrices de hidrógeno, nitrógeno y argón para ser utilizadas en la mejora de higrómetros específicos.



Figura 2. Viales preparados en el laboratorio de refractometría.

El área también ha continuado los trabajos del proyecto interno SACAREF de desarrollo de la metodología para la caracterización y certificación de soluciones de sacarosa en agua. El objetivo de este proyecto es dar cumplimiento a los requisitos para el control metrológico del Estado de refractómetros y para dar trazabilidad en el campo de la seguridad alimentaria. En 2022 se han avanzado los estudios de estabilidad y homogeneidad de las soluciones, con los métodos basados en estabilizantes y se ha adquirido un cromatógrafo iónico con propósitos analíticos.

El laboratorio de cinemómetros del Área de Magnitudes Dinámicas ha desarrollado un nuevo sistema de medida de velocidades de referencia, con tráfico real, basado en dos cinemómetros de barrera láser interconectados entre sí. Este proyecto se ha desarrollado conjuntamente con el fabricante de las barreras, (SODI) y su representante en España (SAIMA).

Metrología cuántica

Tres áreas técnicas del CEM están trabajando en nuevos desarrollos relacionados con la metrología cuántica de segunda generación.

En el campo de la medida de presión, dentro del proyecto EMPIR Quantum Pascual se ha finalizado la construcción de las cavidades y de los elementos finales del interferómetro Fabry-Perot.

En temperatura, dentro del proyecto Q Temp, incluido en el Plan de Modernización del CEM. Se ha continuado la colaboración con el Instituto de Micro y Nanotecnología del CSIC, iniciada en el proyecto EMPIR PhotoQuanT, en el diseño de dispositivos fotónicos de tipo anillo que ha fabricado el Instituto de Sistemas Optoelectrónicos y Microtecnología de la Escuela de Ingenieros de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica de Madrid. Estos dispositivos se han medido en nuestro nuevo laboratorio para la calibración de sensores fotónicos.

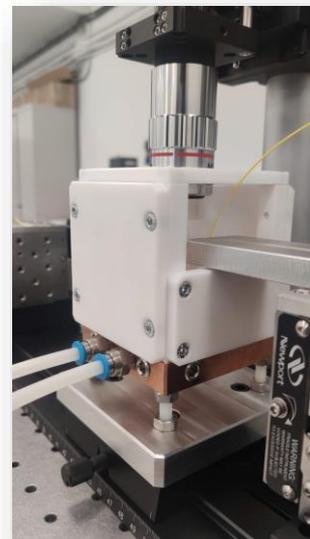


Figura 2. Detalle del sistema de calibración de sensores fotónicos

En el campo de la electricidad, se ha desarrollado un patrón cuántico de potencia eléctrica. Para ello se ha fabricado un multiplexor específico que, mediante un patrón cuántico programable basado en el efecto Josephson, permitirá trazar directamente las medidas de tensión, corriente y fase al SI. Con ello, se podrá realizar el patrón de potencia con exactitudes del orden de 10^{-6} .

También, y dentro de los patrones enmarcados dentro de la segunda revolución cuántica, se ha realizado la tramitación y adjudicación de una trampa de iones para su utilización como patrón de frecuencia óptica.

Servicios prestados

La trazabilidad al Sistema Internacional de Unidades proporcionada por el CEM a través de sus servicios de calibración y ensayo es esencial para garantizar la aceptación de nuestros productos fuera de nuestras fronteras y la confianza de los ciudadanos en el Control Metrológico del Estado. Este año hemos incrementado ligeramente en número de servicios, a la vez hemos seguido avanzando y desarrollando nuevas líneas de trabajo destacando:

- La mejora del equipamiento del laboratorio de compatibilidad electromagnética ampliándose el rango de de 15 kV a 30 kV en los ensayos de descargas electrostáticas. En este campo se ha adquirido un nuevo sistema para el ensayo de inmunidad a las perturbaciones conducida inducidas por los campos de radiofrecuencia y se ha introducido un nuevo sistema para el control de la humedad relativa.
- El desarrollo de un nuevo sistema para la medida de carga eléctrica en el laboratorio de tensión y corriente continua se ha desarrollado.
- El inicio de la primera caracterización de un contador para estaciones de carga de vehículos eléctricos llevada a cabo por el laboratorio de potencia y energía.
- La realización de nuevos servicios de aprobación inicial de módulos D; en concreto evaluaciones de la conformidad con el tipo basadas en el aseguramiento de la calidad de los procesos de producción de un modelo de analizador de gases de escape y de un modelo de opacímetro.
- La implantación de un sistema de verificación de cinemómetros de velocidades medias o de tramo de forma remota, en conformidad con lo establecido en la Orden ICT155/2020.
- La certificación de un nuevo modelo de cinemómetro sobre aeronave.
- La puesta en marcha unas nuevas instalaciones para la verificación de cinemómetros en las instalaciones del CEDEX en la M-607.

Actividad normativa

La actualización y mejora de la regulación metrológica en España es una de las responsabilidades del CEM. Entre las actividades desarrolladas cabe destacar la publicación de:

- Real Decreto 207/2022, de 22 de marzo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias para ampliar la designación del Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) y del Laboratorio Central Oficial de Electrotecnia de la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial, depositarios de patrones nacionales de medida.
- Orden ICT/953/2022, de 3 de octubre, por la que se declaran los patrones nacionales de las magnitudes fluencia neutrónica y corriente eléctrica para valores superiores a 1 000 A en corriente alterna de baja frecuencia e impulsional.
- Resolución de 19 de mayo de 2022, de la Secretaría General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, por la que se publica la Directriz 1/2022, de 19 de mayo, para la evaluación de las cabinas que alojan cinemómetros.

También se ha trabajado en:

- La modificación de Real Decreto 244/2016, de 3 de junio, por el que se desarrolla la Ley 32/2014 de 22 de diciembre, de Metrología.
- La modificación Real Decreto 1342/2007, de 11 de octubre por el que se aprueba el estatuto del Centro Español de Metrología.
- La modificación de la Orden ICT/155/2020, de 7 de febrero, por la que se regula el control metrológico del Estado de determinados instrumentos de medida.
- El desarrollo Orden de verificadores de medidas eléctricas.

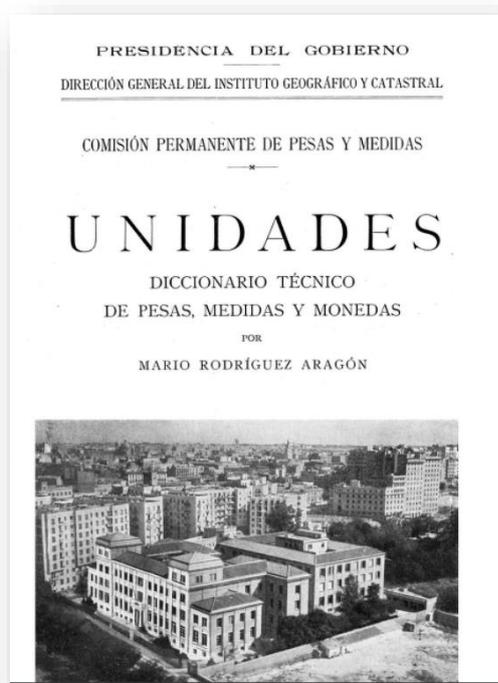
Actividad divulgativa

La difusión de la metrología es una de las principales misiones del CEM y un año más el CEM ha invertido un gran esfuerzo en organizar eventos y editando videos y publicaciones, tales como nuestra revista [e-medida](#) y los dos nuevos video realizados por el equipo de Quantum Fracture en nuestro canal de [Youtube](#). Nuestro objetivo es que no sólo los expertos y técnicos especialistas reconozcan la importancia de la metrología, sino que esta sea reconocida por la sociedad en general.

En 2022 también se procedió a reorganizar la página de publicaciones del CEM con el fin de que sea más amigable y accesible para el público. Asimismo se ha digitalizado el archivo histórico del CEM, que contiene documentación de la Comisión de Pesas y Medidas y de la Comisión Nacional de Metrología y Metrotecnica. Tiene documentación desde 1849 a 1982. Se pueden acceder a sus archivos tras solicitud (más información en [Digitalización del archivo histórico de la Comisión de Pesas y Medidas](#)).

Eventos celebrados

Sin duda, el evento del año ha sido la celebración del 7º Congreso Español de Metrología en Ávila durante los días 26 a 29 de septiembre al que asistieron cerca de 350 congresistas y se presentaron 91 ponencias orales y 50 poster, entre los cuales se contaron diversas contribuciones realizadas por el personal del CEM.



Entre otros eventos, destacan el webinar celebrado con motivo del día mundial de la metrología el 20 de mayo, centrado en la temática "Digitalización". Este webinar contó con expertos de otros institutos nacionales de metrología y expertos que pusieron en relieve el desafío que la comunidad metrología tiene que afrontar en este nuevo mundo digital. Por otro lado, el día 14 de diciembre se presentó la re-edición del libro de Mario Rodríguez Aragón "[Unidades: Diccionario técnico de pesas, medidas y monedas](#)" que contó con la presencia de sus familiares más directos.

Figura 3. Portada del libro de Mario Rodriguez Aragón

Las grabaciones de estos eventos están disponibles en nuestro canal de [Youtube](#).

Publicaciones y artículos

Todas las publicaciones editadas por el CEM están disponibles de forma gratuita en el apartado “Divulgación” de nuestra [página web](#).

Entre los libros que hemos editado en 2022 se cuenta "[Unidades fuera del SI utilizadas en la vida diaria](#)" y "[Personajes españoles relevantes en el campo de la metrología](#)" ambos libros realizados en colaboración con el Comité de Metrología del Instituto de la Ingeniería de España.

En el campo de la metrología legal se actualizaron las guías para la evaluación de la conformidad y verificación de registradores de temperatura y termómetros.

Entre los artículos científicos publicados por el personal del CEM en revistas revisadas por pares podemos destacar:

- “A method for using Josephson voltage standards for direct characterization of high performance digitizers to establish ac voltage and current traceability to SI”. Meas. Sci. Technol. 34 -2023- 015003 -17pp-.
- “Photonic and optomechanical thermometry”. MPDI Optics 2022 3 159–176. <https://doi.org/10.3390/opt3020017>.
- “Calibration uncertainty of non-catching precipitation gauges”. Sensors 22 -17- :6413 DOI: 10.3390/s22176413.
- “Correlation between insulation resistance and temperature measurement error in type k and type n mineral insulated, metal sheathed thermocouples”. International Journal of Thermophysics 43 -3- DOI: 10.1007/s10765-021-02967-x.
- “Thermoelectric stability of dual-wall and conventional type K and N thermocouples”. Measurement Science and Technology 33 -7- DOI: 10.1088/1361-6501/ac57ee.
- “Calibration of non-catching precipitation measurement instruments - a review”. Meteorological Applications 28 -3- DOI: 10.1002/met.2002.

Mejora continua

Sistema de gestión de la calidad

Para el cumplimiento de sus compromisos, el CEM dispone de un Sistema Integrado de Gestión de la Calidad que está en continua evolución y mejora. Durante 2022 podemos destacar la superación con éxito de:

- Revisión por pares (Proyecto EURAMET 1123) en los campos de fuerza y par de torsión, masa y calidad.
- Auditoria de renovación de la acreditación de la Norma UNE-EN ISO 17020.
- Auditoria de seguimiento de la certificación conforme a la Norma UNE-EN ISO14001.

Infraestructuras y edificio

La actualización y mejora de las infraestructuras del CEM es una de las prioridades del centro que aseguran su buen funcionamiento. Dentro de las actuaciones que se han realizado, destaca la adquisición de una nueva máquina enfriadora y la reparación de una de las climatizadoras, ambas necesarias para el aseguramiento de las condiciones climáticas en los laboratorios. Con respecto a la eficiencia energética, destacar el cambio progresivo de iluminarias de tipo halógeno a tipo led, reduciendo así el consumo energético. Por último, para asegurar el funcionamiento de las partes críticas, se ha realizado la instalación de nuevos SAIS.

Respecto al avance de la Transformación Digital del CEM, cabe destacar las siguientes actuaciones:

- Mejora de la gestión interna mediante implantación de nuevas herramientas colaborativas e integración de procesos de gestión de Calidad en el sistema de gestión de expedientes WECO.
- Implantación de una nueva herramienta TIC para la mejora de los procedimientos de control horario, solicitud de permisos y vacaciones y seguimiento del teletrabajo.
- Celebración del primer evento híbrido con la asistencia de público y ponentes en modalidad presencial y remota.

- Implantación de la nueva aplicación del Registro de Control Metrológico, sobre cuya experiencia se fundamentará la construcción de la futura Plataforma de Metrología Legal.
- En materia de ciberseguridad se ha avanzado en la adecuación del CEM al Real Decreto 311/2022 por el que se regula el Esquema Nacional de Seguridad, actualizando normativas, procedimientos, análisis de riesgos y realizando un plan de adecuación al nuevo decreto con el horizonte de 2023.

Finalmente, se ha continuado el proceso de renovación de equipos e infraestructuras TIC, señalando la renovación de PC y servidores de apoyo a la actividad de los laboratorios como logros principales.

Compromiso exterior

La participación en foros internacionales como BIPM, EURAMET, OIML o WELMEC ha sido muy activa con casi 120 participaciones en comités y organismos. Además en la 27ª Conferencia General de Pesas y Medidas, nuestra compañera M^a Dolores del Campo Maldonado ha sido re-elegida por otros cuatro años como miembro del Comité Internacional de Pesas y Medidas.

En 2022 se firmaron convenios de mecenazgo para la financiación del 7º Congreso Español de Metrología con las empresas I-DE, Contadores de Zaragoza (Contazara), Exolum y UNE. Además, se firmó un convenio con la Fundación Internacional y para Iberoamérica de Administración y Políticas Públicas (FIIAAP F.S.P.) relativo la participación de ambas entidades en el proyecto de hermanamiento “Strengthening of insitutional as well as human capacities of Georgian National Agency for Standards and Metrology (GEOSTM) according to the International/EU Best practices”(CÓDIGO: GE 18 ENI EC 05 21).

A nivel internacional, el CEM firmo nuevos Memorandos de Entendimiento con los Institutos Nacionales de Metrología de Uruguay (LATU) y Sudáfrica (NMISA), además de prorrogar por cinco años adicionales el Memorando de Entendimiento con el Laboratorio Nacional de Presión de Chile (perteneciente a ENAER). Con ello se fortalecen las alianzas del CEM en Latinoamérica y se profundiza su colaboración en el continente africano.