

# Centro Español de Metrología

[cem@cem.es](mailto:cem@cem.es)

[www.cem.es](http://www.cem.es)

## DESTACADOS 2023



NIPO: 218240018

**CEM**

**Finalizando un ciclo ..... 2**

**Nuevos desarrollos de patrones, sistemas de medida y proyectos I+D+i ..... 3**

**Servicios prestados..... 7**

**Actividad normativa ..... 8**

**Actividad divulgativa ..... 9**

**Mejora continua..... 12**

**Compromiso exterior ..... 13**

## Finalizando un ciclo

El año 2023 supone el fin del ciclo comprendido por nuestro tercer plan estratégico que ha cubierto el periodo 2021-2023. Este plan estratégico ha estado orientado a la aplicación eficiente de nuestros medios y servicios mediante el desarrollo de actividades de metrología científica, industrial y legal en los campos necesarios para el crecimiento de nuestro sector productivo, protegiendo, al mismo tiempo, los intereses de los ciudadanos y salvaguardando el interés público. Para ello, a lo largo de estos tres años se ha hecho especial hincapié en el impulso de la investigación en ámbitos estratégicos, como la salud, el medioambiente, la metrología cuántica, la metrología química, la digitalización o la energía limpia. Gracias a este plan estratégico, los nuevos laboratorios de estaciones de carga, de magnetismo, de fibras ópticas y de salud están ya en marcha y el laboratorio de metrología cuántica está ya en sus fases finales de implementación.



El año 2023 ha sido también el año de la primera promoción de metrólogos de la Escala de Titulados Superiores de Organismos Autónomos del Ministerio de Industria y Turismo. Esta excelente noticia es nuestra esperanza de futuro, la oportunidad de consolidar los recursos humanos en el CEM y con ello conseguir la tan ansiada masa crítica que nos permita abordar un proyecto de futuro para la metrología española de forma que podamos responder a las necesidades del país. También, las nuevas contrataciones de personal conseguidas con cargo a los proyectos europeos y del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia están siendo un revulsivo para nuestra actividad investigadora.

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

Uno de nuestros principales objetivos es el desarrollo de proyectos de investigación en campos con gran potencial de desarrollo en nuestro país. En esta línea se ha continuado trabajando en los proyectos tanto financiados internamente como por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), como financiados dentro del programa europeo de investigación en metrología. En 2023 han comenzado cinco nuevos proyectos:

- **PrimSpecTemp** que tiene como objetivo desarrollar medidas espectroscópicas de temperatura de gases.
- **MQB-Pascal** que pretende establecer la infraestructura metrológica para proporcional trazabilidad en presión a partir de fenómenos cuánticos.
- **DireK-T** cuyo objetivo es el desarrollar las capacidades para diseminar temperatura termodinámica.
- **INFOTerm** para desarrollar una infraestructura de calibración de fibras ópticas para la medida de la temperatura
- **MADQuantum** para coordinar las capacidades de comunicación cuántica a nivel nacional

### EL CEM EN CIFRAS

Proyectos I+D en curso: 34

Proyectos I+D iniciados en 2023: 5

CMC en la KCDB del BIPM: 302

nº de servicios prestados: 6164

nº comparaciones internacionales: 13

nº comparaciones nacionales: 22

Documentos de calidad modificados o nuevos: 49

nº de publicaciones en congresos y seminarios: 28

nº de artículos en revistas: 9

nº participaciones en organismos: 117

Nº de personas formadas: 314

Nº horas formación interna: 2419

Visitas a la web: 592 000

Visitas a la revista: 186 000

Suscriptores YouTube: 16 500

En el **Área de Electricidad y Energía** se puede destacar que el laboratorio de Estaciones de carga es ya una realidad con la puesta en marcha del sistema de medida de estaciones de carga en corriente alterna y continua hasta 100 kW. Este límite se pretende ampliar en un futuro a corto plazo con la ejecución de la obra para poder ampliar la potencia hasta 350 kW. El área también ha puesto en marcha el laboratorio de medidas magnéticas del que partiendo de un patrón cuántico de resonancia magnética nuclear se ha desarrollado un sistema de medida para caracterizar los patrones de magnetismo en corriente continua. La actividad del laboratorio se ampliará a los patrones de corriente alterna y a la caracterización magnética de materiales.



*Imagen del laboratorio de estaciones de carga*

En el **Área de Longitud e Ingeniería de Precisión**, se ha continuado trabajando en dos proyectos del programa europeo de investigación en metrología. El proyecto PROBETRACE, que finalizó en agosto, donde se ha estudiado la utilización de actuadores piezoeléctricos para la calibración de palpadores de formas como nueva ruta de trazabilidad; se finalizó con éxito la comparación de *flick standards* pilotada por el CEM y se han generado documentos de difusión de los resultados del proyecto.

El proyecto TRACOPTIC, por su parte, aborda los retos que supone dar trazabilidad a las distintas técnicas de microscopía óptica 3D para caracterización de superficies que existen en el mercado. Dentro del mismo se ha participado en tres comparaciones para evaluar los resultados, empleando distintas técnicas, de las mediciones sobre un conjunto de patrones seleccionados, que incluyen patrones de nueva creación, patrones ya existentes en el mercado y muestras específicas de algunas industrias.

El proyecto COMTRAFORCE que contaba con la participación del **Área de Masa y Magnitudes Mecánicas** ha finalizado en el que el área ha contribuido, entre otras actividades, con el desarrollo de gemelos digitales para ensayos de fuerza.

En colaboración con el Área de Termodinámica y Medioambiente, dentro del proyecto COAT liderado por la jefa del Área de Masa y Magnitudes Mecánicas, se han finalizado las medidas de la comparación de medida de temperatura del aire en el Ártico y se ha realizado el desmontaje del experimento en Ny-Alesudn (Svalvard, Noruega). También se han realizado presentaciones de este proyecto en varios congresos y eventos.

El **Área de Termodinámica y Medioambiente** ha puesto en marcha el laboratorio para la calibración de termómetros de fibras ópticas de temperatura distribuida, en el que se han realizado los ensayos iniciales de funcionamiento del equipamiento adquirido.

También es importante resaltar la finalización del proyecto Real-K en el que el área ha colaborado en la asignación de valores de temperatura termodinámica a distintos puntos fijos de mezclas eutécticas. Los resultados del proyecto se han presentado en congresos internacionales.



*Imagen del patrón de barrera láser*

El **Área de Magnitudes Dinámicas** ha finalizado los ensayos de calibración y puesta a punto del nuevo patrón de barrera láser que se ubicará en la nueva instalación del CEDEX y que facilitará la realización de ensayos de cinemómetros en tráfico real. También se ha renovado el sistema de adquisición de datos destinado a recopilar la información procedente de las espiras instaladas en las instalaciones de Horcajo de la Sierra. Por sus características, este nuevo sistema permite ser conectado a la red 4G, función que permitirá dotar de mayor agilidad y flexibilidad al laboratorio de cinemómetros a la hora de realizar actividades de control metrológico.

Las actividades del laboratorio de Salud, dentro del **Área de Química y Salud**, se han visto potenciadas con la contratación de nuevo personal con cargo a los fondos PRTR que ha iniciado la adquisición de equipamiento y ha recibido formación teórico-práctica. También se ha estrechado contactos con la Sociedad Española de Electromedicina e Ingeniería Clínica con la que se ha firmado un convenio de colaboración.

En el campo de materiales de referencia se han preparado mezclas de referencia de vapor de agua para el proyecto PROMETH2O y para la validación de nuevos métodos de análisis de gas natural con alto contenido de hidrógeno en el proyecto DECARB. En relación con el hidrógeno y dentro del proyecto MET4H2 se ha avanzado en la revisión del estado del arte sobre pasivación de cilindros con el fin de seleccionar el más adecuado para la estabilidad de mezclas del cloruro de hidrógeno en matriz hidrógeno.

### ***Metrología cuántica***

Dentro del proyecto COMET, coordinado por el CEM, el **Área de Electricidad y Energía**, en colaboración con IMDEA ha conseguido completar el desarrollo de un dispositivo para tomografía de resistividad eléctrica. También es destacable la finalización exitosa del proyecto Q-Power gracias al que se ha implementado en el CEM un nuevo patrón de potencia basado en los resultados del proyecto Quantum Power de forma que el sistema de medida por muestreo digital se puede trazar directamente al patrón cuántico de tensión alterna del CEM basado en el efecto Josephson.

Además el laboratorio de metrología cuántica de frecuencias ha finalizado la adquisición del equipamiento básico para la realización del patrón de frecuencia óptica: trampa de iones, conjunto de láseres para el enfriamiento, confinamiento y preparación de los iones, láser de alta estabilidad para la interrogación y estabilización de la frecuencia de transición y un peine de frecuencias para la aplicación de la referencia y comparación con otros patrones atómicos. Por otro lado se ha potenciado su actividad con la contratación de nuevo personal con formación en tecnologías cuánticas.

También se ha implementado un nuevo criostato de ciclo cerrado que permite ensayar muestras a temperaturas del orden de 200 mK y aplicar campos magnéticos de 13 T.

El sistema permite investigar y comparar dos muestras simultáneamente. Conjuntamente con la adquisición por el área de un comparador criogénico de corriente se podrá realizar el patrón cuántico de resistencia al más alto nivel metrológico y podrá ser comparado de forma directa con el patrón cuántico del BIPM.

El **Área de Masa y Magnitudes mecánicas** ha continuado con el desarrollo del sistema para proporcionar trazabilidad cuántica en presión. El montaje térmico se ha completado así como el de los sistemas de vacío y presión que están en proceso de mejora, así como el del sistema óptico, para alcanzar las incertidumbres de medida requeridas.

El **Área de Termodinámica y Medioambiente**, en colaboración con el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, ha realizado medidas de los microsensores fotónicos diseñados, que han sido fabricados por el Instituto de Sistemas Optoelectrónicos y Microtecnología (ISOM-UPM) con resultados poco exitosos pero que han abierto la puerta a mejorar el diseño que se espera abordar en 2024.

## Servicios prestados

Una de las principales labores del CEM es la prestación de servicios de metrológicos tanto de calibración como en el campo de la metrología legal. El número total de servicios prestados mantiene una línea ascendente requiriendo un esfuerzo significativo de nuestro personal y de nuestros recursos, destacando en el año

- La realización de las actividades técnicas de vigilancia de mercado de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático (IPFNA) y de medidas materializadas de longitud (MML).
- Se han desarrollado totalmente los procedimientos de certificación voluntaria de los sistemas foto-rojo, video-stop y foto-línea, sistemas que están siendo impulsados para su uso por la Dirección General de Tráfico.
- Se ha renovado el equipamiento del laboratorio de compatibilidad electromagnética para la realización de ensayos en las normas relevantes de la serie IEC 61000-4.
- Se ha iniciado la renovación del comparador interferométrico para la calibración de bloques longitudinales (> 100 mm) que se espera tener operativo de nuevo en 2024.
- Se ha diseñado un sistema para la calibración de actuadores piezoeléctricos compuesto por un codificador interferométrico con óptica plana y una



estructura de bajo coeficiente de dilatación fabricada en INVAR. Se han obtenido incertidumbres inferiores a los 15 nm para desplazamientos de hasta 500  $\mu\text{m}$ .

- Se ha abordado la migración del software asociado al sistema de medición de patrones a trazos, generando un programa en C # con código en abierto.
- Se ha iniciado la optimización del laboratorio de vacío con la adquisición de equipamiento y la automatización de la toma de datos de los medidores de viscosidad molecular



*Montaje experimental para la calibración del palpador de la MMF del CEM mediante actuador piezoeléctrico.*

## Actividad normativa

El impulso de una regulación metrológica eficaz en España es una de las labores esenciales del CEM. A lo largo de 2023 se ha estudiado la posibilidad de regulación de las estaciones de carga de vehículos eléctricos, de los medidores de partículas de gases de escape y de los medidores de emisiones de gases de escape en remoto. En este último caso se ha impulsado la creación de un grupo de trabajo dentro del Comité Técnico de Calibración 82 de UNE “Metrología y Calibración” para estudiar el desarrollo de una normativa para este tipo de equipos.

En cuanto a disposiciones normativas 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.

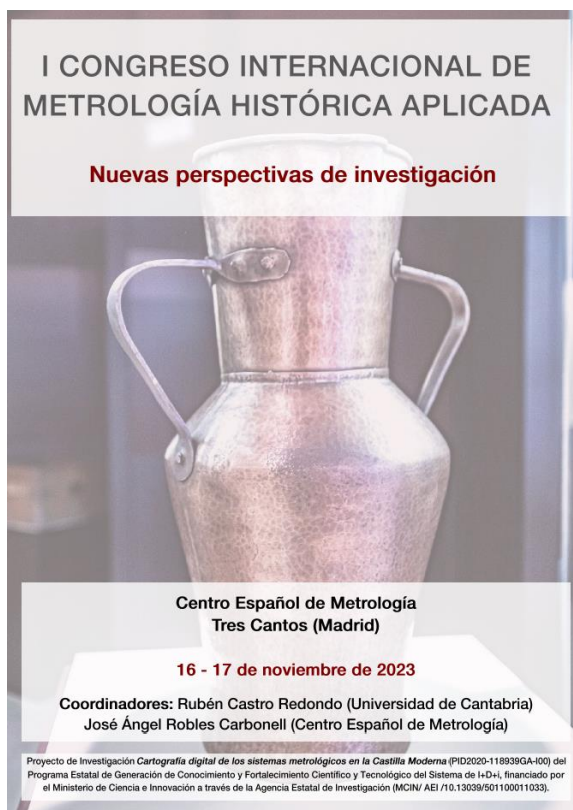
- La modificación de la Orden ICT/155/2020, de 7 de febrero, por la que se regula el control metrológico del Estado de determinados instrumentos de medida.
- El desarrollo Orden de verificadores de medidas eléctricas.

## Actividad divulgativa

El CEM está comprometido con la promoción de la metrología en nuestra sociedad para ayudar a entender su importancia a todos los niveles, desde el bienestar y seguridad de los ciudadanos como en el desarrollo científico y tecnológico. Por ello invertimos nuestro esfuerzo e ilusión en organizar eventos y editando videos y publicaciones, tales como los dos números nuestra revista [e-medida](#) y los vídeos sobre el kelvin y el amperio realizados por el equipo de Quantum Fracture en nuestro canal de [Youtube](#).

### *Eventos celebrados*

Como todos los años celebramos el evento conmemorativo del Día Mundial de la Metrología el 19 de mayo con un seminario híbrido: “Medidas que respaldan al sistema alimentario mundial”. En él contamos con ponentes de talla internacional como el coordinador de la Red Europea de Metrología “*Food Safety*” o la Directora del Centro Nacional de Alimentación. Todos ellos pusieron de relevancia el papel que juega la metrología en proporcionar resultados fiables que permitan garantizar que los alimentos sean seguros para el consumo humano y que estos cumplen con los requisitos reglamentarios nacionales y regionales establecidos para salvaguardarlos.



*Cartel informativo del congreso de metrología histórica*

Pero sin duda el evento más relevante del año fue la celebración del I Congreso Internacional de Metrología Histórica Aplicada que se llevó a cabo en colaboración con la Universidad de Cantabria. El objetivo del congreso fue presentar las investigaciones actuales que se están llevando a cabo en el campo de la metrología histórica.

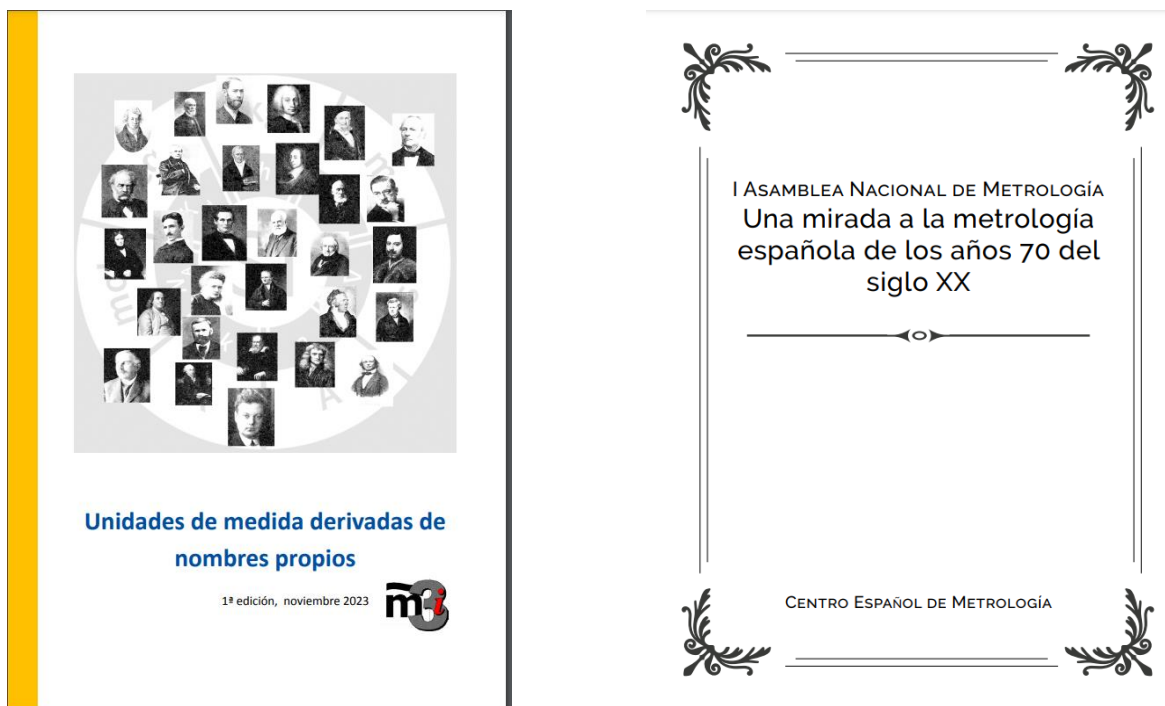
El congreso se celebró en el salón de actos del CEM con transmisión en directo a través de Webex. La asistencia en persona estuvo cerca de los 100 asistentes y cercano a los 150 a través de internet lo que es un logro considerando lo reducido de la comunidad científica interesada en esta temática.

La grabación de este evento está disponible a través de la página web de la Universidad de Cantabria.

## ***Publicaciones y artículos***

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

Este año hemos editado dos libros divulgativos "[Unidades de medida derivadas de nombres propios](#)", elaborado en colaboración con el Comité de Metrología del Instituto de la Ingeniería de España y "[Una mirada a la metrología española de los años 70 del siglo XX](#)", nuestra publicación histórica anual con la que hemos intentado poner de relieve los grandes avances en metrología en España en estos últimos cincuenta años.



*Imagen de las portadas de los libros publicados por el CEM en 2023*

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

- SPEED OF SOUND MEASUREMENTS OF BIOGAS FROM A LANDFILL BIOMETHANATION PROCESS. *Energies* 2023, 16, 2068. <https://doi.org/10.3390/en16042068>
- INVESTIGATIONS OF TYPE 3 NON-UNIQUENESS IN STANDARD PLATINUM RESISTANCE THERMOMETERS BETWEEN 83 K AND 353 K. *Measurement* 216 - 2023- 1128, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2023.112863>.
- CONSTRUCTION AND COMPARISON OF HIGH TEMPERATURE FIXED POINTS AT NRC AND CEM. *Journal of Physics: Conference Series* 2554 -2023- 012007. DOI 10.1088/1742-6596/2554/1/012007.
- METROLOGY FOR CLIMATE ACTION. ISBN: 978-92-822-2286-7 <https://doi.org/10.59161/Rapport202303>.
- CCT-K7.2021 - CIPM KEY COMPARISON OF WATER-TRIPLE-POINT CELLS. *Metrologia* Volume 60 Number 1A DOI 10.1088/0026-1394/60/1A/03002

## 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. En este año es importante resaltar la renovación total del software de gestión SIGECA y su incorporación a WECO (aplicación web del CEM con enfoque generalista para gestión) y además hemos superado:

- Reevaluación ante el Comité Técnico de Calidad de EURAMET del Sistema Integrado de Calidad.
- Revisión por pares (Proyecto EURAMET 1123) en los campos de densidad de sólidos, volumen y gases de referencia.
- Auditoria de renovación de la certificación conforme a la Norma UNE-EN ISO14001.

### *Infraestructuras y edificio*

El mantenimiento y actualización de nuestras instalaciones es una labor continua y esencial para nuestra sostenibilidad. Hemos aprovechado la financiación de los fondos PRTR y nuestro propio presupuesto para proceder a renovar alguna de nuestras grandes instalaciones, como el nuevo grupo electrógeno, o la central fotovoltaica; así como para acometer grandes inversiones en equipamiento, como la adquisición de bancos de ensayo automáticos para etilómetros, el emulador regenerativo para la caracterización de estaciones de carga y de vehículos eléctricos o la actualización y mejora del comparador de bloques de gran longitud.

Respecto al avance de la Transformación Digital del CEM, el avance más relevante ha sido la implantación del nuevo sistema de gestión de expedientes SGE-GESLAB, gestionado a través de WECO. Además caben destacar las siguientes actuaciones:

- Se ha implantado la herramienta ITSM GLPI y se ha puesto en marcha un inventariado automatizado de activos microinformáticos.
- Se ha realizado la definición y diseño del nuevo portal de clientes integrado en el Sistema de Gestión de expedientes (SGE-WECO).
- Se ha realizado un piloto de emisión de Certificados de Calibración Digitales.

- Se ha avanzado en la definición del portal de datos abiertos del CEM y de sus interfaces, al que se incorporarán datos abiertos enlazados del Registro de Control Metrológico y resultados de proyectos de investigación.
- Se ha finalizado la migración a telefonía IP y se ha mejorado la cobertura de red wifi en los laboratorios.

## Compromiso exterior

La participación en foros internacionales como BIPM, EURAMET, OIML o WELMEC ha sido muy activa habiéndose participado en cerca de 120 reuniones de comités técnicos tanto nacionales como internacionales. Puede destacarse la elección de nuestra compañera M<sup>a</sup> Dolores del Campo Maldonado como próxima presidenta de EURAMET para el periodo 2024-2027 y como presidenta del Comité Consultivo de Termometría.

En 2023 se firmó el convenio de colaboración con el Real Observatorio de la Armada, laboratorio asociado al CEM y se renovaron los convenios con el Instituto de Óptica del CSIC y el Laboratorio Central de Electrotecnia así como con EXOLUM, Canal de Isabel II y ENAGAS, como laboratorios colaboradores con el CEM.

A nivel nacional también se renovaron los convenios con UNE, UNED y se han firmado nuevos convenios con la Universidad de Comillas y el IES Antonio Machado. Este último tiene especial relevancia ya que es el primer convenio de prácticas firmado entre un IES y una entidad de la Administración General del Estado y ha sido utilizado como ejemplo para adaptar los nuevos modelos normalizados de prácticas de FP en la Comunidad de Madrid. También se ha firmado un nuevo convenio con la Sociedad Española de Electromedicina e Ingeniería Clínica.

Debemos hacer especial mención a la firma del Protocolo general de actuación entre ENAC, UNE y CEM para el desarrollo de un espacio de entendimiento que permita mejorar la infraestructura de la calidad tanto en España como en sus relaciones con la Red Europea de Infraestructura de la Calidad. Fruto de esta colaboración se creó una página web (<https://www.infraestructuracalidad.es/>) para darla visibilidad.

A nivel internacional, el CEM firmó nuevos Memorandos de Entendimiento con los Institutos Nacionales de Metrología de Georgia (GEOSTM) y de Costa Rica (LACOMET) y con la Red Europea de Metrología “*Pollution Monitoring*” (POLMO).