

**Emilio Prieto Estéban**

Ingeniero de ICAI

Jefe del Área de Longitud del Centro Español de Metrología



# MEDIR PARA CONOCER

**El conocimiento objetivo está basado en el “método científico”. Éste comienza por la observación de fenómenos que nos llaman la atención.** Prácticamente al mismo tiempo que se produce la observación surgen una o varias preguntas acerca del porqué de lo observado. El paso inmediato consiste en formular una hipótesis al respecto. Es aquí donde comienza la experimentación, con objeto de confirmar la hipótesis e inferir nuevos comportamientos que probarán su validez en casos más particulares. Este paso es el que verdaderamente separa la ciencia de otras disciplinas.

El diseño de experimentos no es una tarea fácil y exige la construcción de un modelo teórico que considere las distintas contribuciones e influencias, así como su peso relativo en los efectos observados (coeficientes de sensibilidad). Cuanto más se acerque el modelo a la realidad, más difícil será definirlo, pero más sencillo será demostrar el cumplimiento de las hipótesis de trabajo. En todo este proceso, la matemática proporciona la herramienta adecuada para poder dar forma a las ideas e interpretar los resultados.

## La Metrología

Una de las disciplinas de la ciencia, situada horizontalmente en la base del conocimiento, y ciencia en sí misma, es la Metrología, ya

que no existe experimentación sin instrumentos de medición, y no existe confirmación de hipótesis si el método de medición no es el apropiado o los instrumentos empleados carecen del poder de resolución y la exactitud adecuadas. La Metrología es probablemente la ciencia más antigua del mundo, por nacer con las primeras observaciones, y su conocimiento para medir correctamente es una necesidad fundamental en la práctica de todas las profesiones con sustrato científico.

Ya se trate de investigación básica o aplicada, o de desarrollo industrial y tecnológico, el concurso de la Metrología, la ciencia de la medida, es fundamental para el progreso global. Las constantes

físicas fundamentales, que condensan nuestro conocimiento del universo, y de las cuales depende el progreso de la astronomía, la óptica, la nanociencia o la física atómica, por citar algunos ejemplos, son conocidas cada vez con menor incertidumbre, gracias a la mejora constante de los métodos de medición ([www.codata.org](http://www.codata.org)).

El progreso de la ciencia siempre ha estado íntimamente ligado a los avances en la capacidad de medición. La medición es el medio para describir los fenómenos naturales de forma cuantitativa. Como dijo Mendeleev, *“la Ciencia comienza donde empieza la medición, no siendo posible la ciencia exacta en ausencia de mediciones”*.

La Metrología comprende todos los aspectos, tanto teóricos como prácticos, que se refieren a las mediciones, cualesquiera que sean sus incertidumbres, y en cualesquiera de los campos de la ciencia y de la tecnología en que tengan lugar, pudiendo definirse, *in extenso*, como “la ciencia que tiene por objeto el estudio de las propiedades medibles, las escalas de medida, los sistemas de unidades, los métodos y técnicas de medición, la evolución de éstos, 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”.

Las mediciones juegan un importante papel no solo en el ámbito científico, sino en la vida diaria de las personas. Ya sea café, agua, electricidad o calor, todo se compra y se vende tras efectuar procesos de medición y ello afecta a nuestras economías privadas. El comercio, el mercado y las leyes que los regulan dependen de la Metrología y del empleo de unidades comunes. Se estima que, en la Europa actual, las mediciones suponen un coste equivalente a más del 1% del PIB combinado, con un retorno económico equivalente de entre el 2% y el 7% del PIB.

#### La Metrología cubre tres actividades principales:

- La definición de las unidades de medida internacionalmente aceptadas.
- La realización práctica de las unidades de medida por métodos científicos.
- El establecimiento de las cade-

nas de trazabilidad, para referir cualquier medición a patrones nacionales o internacionales.

#### La Metrología se considera asimismo dividida en tres categorías, cada una de ellas con diferentes niveles de complejidad y exactitud:

- La Metrología Científica, que se ocupa del desarrollo de los patrones de medida de las unidades básicas, así como de su mantenimiento y evolución.
- La Metrología Industrial, que asegura la exactitud de los instrumentos de medida empleados en la industria.
- La Metrología Legal, que se ocupa de aquellas mediciones que influyen sobre la transparencia de las transacciones comerciales, la salud y la seguridad de los ciudadanos.

Todas las disciplinas científicas requieren de la Metrología y ésta, a su vez, necesita el concurso de todas las disciplinas (Física, Química, Ingeniería, Matemáticas, Estadística, Informática) en una combinación necesaria de conocimientos teóricos y aplicaciones prácticas.

#### Magnitudes y unidades

El concepto de medición puede ser definido como el “proceso por el cual se determina el valor de una magnitud física, mediante un experimento, utilizando capacidades técnicas”.

Los métodos de medición son muy diversos y sus principios se asientan sobre las distintas ramas de la ciencia. Independientemente del procedimiento utilizado, toda



→ Prensa Hidráulica del Laboratorio de Masa

medición de cualquier magnitud física se reduce a la determinación experimental de la relación entre la magnitud dada y otra semejante, admitida como unidad.

La historia ha conocido un número enorme de unidades, incluso varias para las mismas magnitudes, lo que ha creado dificultades en el comercio internacional y en el intercambio de resultados de investigaciones científicas. El sistema métrico decimal, creado en la época de la Revolución Francesa para servir “*en todos los tiempos y para todos los pueblos*” acabó con tal situación. Hoy día, es el Sistema Internacional, conocido por sus siglas SI, evolución del sistema métrico original, el de uso legal en España y en los países de la Convención del Metro (51 firmantes y 20 asociados). ⇒

**Ya se trate de una investigación básica o aplicada, o de desarrollo industrial y tecnológico, el concurso de la Metrología, la ciencia de la medida, es fundamental para el progreso local.**

### Incertidumbre de medida

En una medición, la diferencia entre el valor medido y el verdadero valor (siempre inalcanzable) se debe tanto a imperfecciones del instrumento como a la(s) técnica(s) utilizada(s), al efecto de las condiciones ambientales, y a las limitaciones del experimentador, por citar unos cuantos factores. La diferencia entre el valor medido y el valor tomado como verdadero se denomina error de medición.

El concepto de incertidumbre, el más importante de la Metrología, va más allá del concepto de error, empleado hasta hace algunos años, con el que no debe confundirse. La incertidumbre del resultado de una medición refleja la imposibilidad de conocer exactamente el valor de lo que se está midiendo (el mensurando), incluso tras haber corregido los efectos sistemáticos identificados, debido a los efectos aleatorios y a la propia incertidumbre de las correcciones.

Son numerosas las fuentes posibles de incertidumbre en una medición, entre ellas la definición incompleta del mensurando, la realización imperfecta de su definición, la medición errónea de las condiciones ambientales, la resolución de los instrumentos de medida, la incertidumbre de los patrones de medida, de las cons-

tantes universales o de otros parámetros tomados de fuentes externas y utilizados en los algoritmos de tratamiento de los datos, las hipótesis establecidas en el método de medida, la variabilidad de las observaciones, etc.

### Organismos metroológicos

El sistema jerárquico de diseminación de las unidades de medida, mediante sucesivas comparaciones de patrones y calibración de los elementos situados en niveles metroológicos inferiores, alcanza a los instrumentos de medida empleados en los procesos de fabricación industrial, garantizando así la calidad individual de bienes y servicios.

La Conferencia General de Pesas y Medidas, compuesta por los representantes de los Estados Miembros y Asociados de la Convención del Metro, analiza los informes presentados por el Comité Internacional de Pesas y Medidas sobre propagación y mejora del Sistema Internacional de Unidades (SI), aprueba los resultados de nuevas determinaciones metroológicas y resoluciones científicas de ámbito internacional y decide sobre cuestiones de organización y desarrollo de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM)(www.bipm.org).

El BIPM mantiene contacto con más de setenta y cinco Organizaciones Internacionales en las que la Metrología juega un papel importante, entre ellas p. ej., la Unión Astronómica Internacional, La Agencia Internacional de Energía Atómica, el Centro Internacional de Física de la Materia Condensada y las Uniones Internacionales de Física y de Química Pura y Aplicada.

En España, es el Centro Español de Metrología el máximo órgano responsable en materia de Metrolo-



gía y, junto con sus laboratorios asociados (ROA, IFA-CSIC, CIEMAT, INTA, LCOE, TPYCEA e ISCIII), el encargado de realizar y mantener los patrones nacionales de las unidades de medida, así como su equivalencia internacional y su diseminación a nivel nacional.

### Conclusión

El método científico es el único que permite avanzar en el conocimiento del universo de manera objetiva. Para ello, la experimentación y la medición son imprescindibles. La Metrología trata de que las mediciones, en cualesquiera de los campos de la ciencia y de la tecnología en que tengan lugar, sean lo más exactas posibles.

El metrólogo es el científico dedicado a la Metrología y, aunque no existe como especialidad en nuestras facultades, el avance científico y tecnológico hace cada vez más necesario el conocimiento de ésta en los estudios de las distintas carreras técnicas (física, química, ingeniería) o en estudios de postgrado, para saber medir mejor, contribuyendo así al progreso científico, el desarrollo tecnológico, el bienestar social y la calidad de vida. ■

