



# BOLETIN 2T

Abril/Mayo/Junio

**Intercomparaciones entre Laboratorios  
Mejora de propiedades físico-química de  
metales**

---

## Intercomparaciones entre Laboratorios

Las intercomparaciones entre laboratorios constituyen uno de los pilares fundamentales de la calidad metrológica y de la competencia técnica en el ámbito de los ensayos y calibraciones. A través de estos ejercicios, los laboratorios comparan sus resultados con los de otras entidades —a menudo bajo la coordinación de un proveedor reconocido— con el fin de evaluar su desempeño, detectar posibles desviaciones y demostrar la fiabilidad de sus mediciones frente a patrones de referencia nacionales o internacionales.

Además de su valor técnico, las intercomparaciones son un requisito normativo para los laboratorios acreditados según la Norma ISO/IEC 17025:2017, que regula la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. El apartado 7.7 de dicha norma establece que los laboratorios deben "asegurar la validez de los resultados" mediante diversas actividades, entre las cuales se incluyen los ensayos de aptitud y las comparaciones interlaboratorios. Esto significa que no basta con aplicar procedimientos correctos o calibrar instrumentos: es necesario demostrar, con evidencias objetivas, que los resultados producidos son equivalentes a los obtenidos por otros laboratorios competentes.

La política de ENAC sobre intercomparaciones (NT-03)

En España, la aplicación práctica de este requisito se desarrolla a través de la Política de ENAC sobre participación en intercomparaciones y ensayos de aptitud, recogida en el documento NT-03. Esta norma técnica tiene como objetivo asegurar que todos los laboratorios acreditados o en proceso de acreditación participen de forma planificada, periódica y eficaz en programas de intercomparación que cubran las magnitudes y rangos de su alcance acreditado.

La NT-03 define criterios sobre:

- La selección del proveedor de intercomparación, que debe estar acreditado según la Norma ISO/IEC 17043 (Requisitos generales para los ensayos de aptitud), o, si no lo está, demostrar competencia técnica y trazabilidad suficientes.
- La frecuencia de participación, que depende de la naturaleza de las magnitudes y del riesgo asociado a la medición. Por ejemplo, ENAC recomienda que cada magnitud o método cubierto por el alcance se verifique al menos una vez cada ciclo de acreditación.
- La evaluación de resultados, considerando los criterios de desempeño establecidos por el organizador (como el z-score o el En-score), así como la interpretación de los resultados no satisfactorios y la implantación de acciones correctivas.
- La documentación y trazabilidad, exigiendo que el laboratorio mantenga registros actualizados de los ejercicios realizados, resultados obtenidos y medidas adoptadas.

De esta manera, la política NT-03 garantiza que la participación en intercomparaciones no sea una mera formalidad administrativa, sino una herramienta efectiva de control y mejora continua.

#### Proveedores de intercomparación en España e internacionalmente

España cuenta con organismos de gran prestigio que organizan intercomparaciones en diversas áreas metrológicas. Entre ellos destacan:

- CEM (Centro Español de Metrología): actúa como laboratorio nacional de referencia y coordina comparaciones en las principales magnitudes físicas (masa, temperatura, presión, humedad, electricidad, etc.). Los programas del CEM tienen reconocimiento internacional y sirven de base para establecer la trazabilidad metrológica en el país.
- INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial): organiza intercomparaciones en los campos de temperatura, humedad y presión, entre otros, con especial enfoque en instrumentación industrial y patrones secundarios.
- LCOE (Laboratorio Central Oficial de Electrotecnia) y CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas): también ofrecen programas de intercomparación en áreas específicas, como electricidad o materiales de construcción.

A nivel internacional, existen múltiples proveedores acreditados bajo la ISO/IEC 17043, reconocidos por organismos como ILAC y EA, entre los que destacan:

- EURAMET (European Association of National Metrology Institutes), que organiza comparaciones entre institutos nacionales europeos para asegurar la equivalencia metrológica en el marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MRA).
- PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Alemania), NPL (National Physical Laboratory, Reino Unido), LGC Standards y BIPEA (Francia), que ofrecen programas reconocidos en todo el mundo.
- Organismos regionales en América, Asia y Oceanía, coordinados por asociaciones como SIM, APMP o COOMET.

La elección del proveedor adecuado depende del tipo de magnitud, el nivel de exactitud requerido y el reconocimiento del ejercicio dentro del marco de acreditación correspondiente.

## La participación del Centro Tecnológico del Metal

El laboratorio del Centro Tecnológico del Metal (CTMETAL) mantiene un firme compromiso con la calidad metrológica y la mejora continua de sus procesos de calibración y ensayo. Con el fin de cumplir los requisitos de la ISO/IEC 17025 y de la política NT-03 de ENAC, el laboratorio participa activamente en diversos ejercicios de intercomparación que cubren las principales magnitudes de su alcance.

Durante los años 2024 y 2025, el CTMETAL participará en las siguientes comparaciones interlaboratorios:

- INTA 2024 TH-E: Termopar tipo K
- INTA-SCT11 2025-01 TH-E: Cámara climática
- INTA 2023-08 TH-E: Termómetro en aire y termohigrómetro
- INTA 2024-18 PR-E: Manómetro de presión hidráulica
- CEM-M-25-03: Balanza analítica
- CEM-M-25-05: Báscula puente
- CEM-M-25-01: Pesas E2 de 1 mg a 20 kg (1 kg; 500 g; 100 g; 1 g)
- CEM-25-M-02: Pesas M1 de 1 mg a 20 kg (5 kg; 500 g; 50 g; 1 g; 500 mg)

Estos ejercicios permiten al laboratorio:

- Evaluar la exactitud y repetibilidad de sus mediciones frente a patrones nacionales.
- Identificar posibles desviaciones o errores sistemáticos.
- Validar la competencia del personal técnico y la adecuación de los procedimientos utilizados.
- Documentar evidencias objetivas de conformidad para auditorías internas y externas de acreditación.

Cada intercomparación implica un proceso estructurado que abarca la recepción del material o patrón de referencia, su medición bajo condiciones controladas, la devolución de resultados al organizador y el análisis estadístico del desempeño. Los resultados obtenidos son revisados por el responsable técnico y, en caso de detectarse desviaciones, se aplican acciones correctivas y preventivas documentadas en el sistema de gestión de calidad del laboratorio.

## Beneficios y valor añadido de las intercomparaciones

Más allá del cumplimiento normativo, las intercomparaciones aportan beneficios estratégicos y operativos para los laboratorios:

1. Aseguran la comparabilidad internacional de los resultados, garantizando que las mediciones realizadas por el laboratorio sean coherentes con las de otros centros de referencia.
2. Reforzan la confianza de los clientes y organismos reguladores, al ofrecer evidencia objetiva de la competencia técnica.
3. Fomentan la mejora continua, al identificar oportunidades de optimización en los procedimientos, equipos o condiciones ambientales.
4. Contribuyen a la trazabilidad metrológica, fortaleciendo el vínculo entre las mediciones del laboratorio y los patrones nacionales o internacionales.
5. Favorecen la cooperación técnica entre laboratorios, permitiendo el intercambio de conocimiento y el fortalecimiento de la comunidad metrológica.

Las intercomparaciones entre laboratorios representan mucho más que un requisito administrativo: son una práctica esencial para asegurar la calidad, la transparencia y la confianza en los resultados de medición. Su correcta planificación y ejecución permiten a los laboratorios demostrar su competencia técnica y fortalecer la credibilidad ante clientes, organismos de acreditación y la sociedad en general.

El Centro Tecnológico del Metal, mediante su participación activa en los programas de intercomparación organizados por INTA y CEM, reafirma su compromiso con la excelencia técnica, la trazabilidad metrológica y la mejora continua. Esta estrategia no solo consolida su posición como laboratorio de referencia en el ámbito industrial, sino que también contribuye al fortalecimiento del sistema nacional de calidad en España.

# Mejora de propiedades físico-química de metales

Los metales han sido, desde los albores de la civilización, materiales esenciales para el desarrollo tecnológico e industrial. Sin embargo, las exigencias actuales en sectores como la automoción, la energía, la aeronáutica o la construcción demandan metales con mayor durabilidad, resistencia a la corrosión y mejor comportamiento mecánico y térmico. Por ello, la mejora de las propiedades físico-químicas de los metales se ha convertido en una de las principales líneas de investigación en ciencia e ingeniería de materiales.

## 1. Fundamentos de la mejora físico-química

Las propiedades físico-químicas de un metal —como su dureza, tenacidad, conductividad, resistencia a la oxidación o comportamiento frente al desgaste— dependen de su composición química, estructura cristalina y microestructura. Mediante el control de estos factores, los científicos y técnicos pueden modificar y optimizar el rendimiento del material para aplicaciones específicas.

Los métodos más comunes para mejorar estas propiedades pueden agruparse en tres categorías principales:

- Tratamientos térmicos, que modifican la estructura interna del metal mediante ciclos controlados de calentamiento y enfriamiento.
- Tratamientos superficiales, que actúan sobre la capa exterior del material para mejorar su resistencia frente al desgaste, la oxidación o la corrosión.
- Modificación de la composición química o microestructural, mediante aleaciones o adición de elementos en proporciones controladas.

## 2. Tratamientos térmicos: control de la microestructura

El tratamiento térmico es uno de los métodos más antiguos y eficaces para modificar las propiedades de los metales. Entre los procesos más empleados se encuentran:

- Temple y revenido: el temple consiste en calentar el metal (normalmente acero) a alta temperatura y enfriarlo bruscamente para aumentar su dureza. El revenido posterior se realiza a una temperatura más baja para reducir la fragilidad y aumentar la tenacidad.
- Recocido: se utiliza para eliminar tensiones internas, mejorar la ductilidad y facilitar el mecanizado.
- Normalizado: homogeneiza la estructura del acero y mejora su resistencia y comportamiento frente a esfuerzos cíclicos.

Estos procesos modifican la distribución de fases y la morfología de los granos cristalinos, lo que se traduce en un ajuste fino de las propiedades mecánicas.

### 3. Tratamientos superficiales: protección y funcionalización

El entorno al que están expuestos los metales puede degradarlos con el tiempo, especialmente por corrosión, oxidación o desgaste mecánico. Para mitigar estos efectos, se aplican tratamientos que actúan sobre la superficie, tales como:

- Nitruración y cementación: introducen nitrógeno o carbono en la superficie del metal, generando una capa endurecida sin alterar el núcleo. Se emplean en engranajes, ejes y componentes de alta fricción.
- Galvanizado: recubrimiento con zinc para proteger al acero de la corrosión.
- Anodizado (en aluminio): genera una capa de óxido controlada que mejora la resistencia a la corrosión y permite la coloración decorativa.
- Recubrimientos por deposición física o química (PVD y CVD): crean capas delgadas de materiales duros o resistentes al calor, muy utilizados en herramientas de corte y componentes aeronáuticos.
- Pulido electrolítico o pasivado: procesos químicos o electroquímicos que eliminan impurezas y forman capas protectoras estables.

Estos tratamientos permiten combinar estética, funcionalidad y durabilidad, extendiendo la vida útil de los componentes metálicos en entornos exigentes.

### 4. Aleaciones y nanocompuestos metálicos

Una estrategia fundamental para mejorar las propiedades físico-químicas es la formación de aleaciones, es decir, la incorporación de elementos adicionales al metal base. Ejemplos clásicos son:

- Aceros inoxidables, donde la adición de cromo (Cr) y níquel (Ni) proporciona resistencia a la oxidación y a la corrosión.
- Bronce y latón, combinaciones de cobre con estaño o zinc, que mejoran la resistencia mecánica y la maleabilidad.
- Superalloys de níquel o titanio, empleadas en turbinas y motores aeronáuticos por su excelente comportamiento a altas temperaturas.

En los últimos años, la investigación ha avanzado hacia el desarrollo de nanocompuestos metálicos, en los que se incorporan nanopartículas cerámicas o de carbono a la matriz metálica. Estas adiciones mejoran de forma significativa la dureza, la conductividad térmica o la resistencia al desgaste, manteniendo una baja densidad.

## 5. Tratamientos avanzados y tecnologías emergentes

Las nuevas tecnologías de modificación de metales combinan métodos tradicionales con avances en ingeniería de superficies, simulación computacional y control de procesos. Entre ellas destacan:

- Implantación iónica, donde se introducen iones en la superficie del metal para modificar sus propiedades químicas sin alterar su composición global.
- Laser cladding (revestimiento por láser): permite depositar capas metálicas con gran precisión y adherencia, mejorando la resistencia al desgaste.
- Texturización por láser o plasma, que genera microestructuras superficiales diseñadas para mejorar la fricción, la adhesión o el comportamiento tribológico.
- Metalurgia aditiva (impresión 3D metálica), que posibilita fabricar piezas con geometrías optimizadas y controlar la microestructura capa a capa, abriendo nuevas posibilidades en el diseño funcional de materiales.

Estas tecnologías representan el futuro de la ingeniería metalúrgica, al permitir personalizar las propiedades del material según su aplicación final.

## 6. Sostenibilidad y economía circular en la mejora de metales

En el contexto actual, la mejora de las propiedades físico-químicas no puede desvincularse de los principios de la sostenibilidad y la economía circular. Las estrategias de refuerzo y recubrimiento prolongan la vida útil de los metales, reduciendo el consumo de materias primas y la generación de residuos. Además, los procesos de tratamiento térmico y superficial se optimizan para minimizar el consumo energético y el uso de productos químicos contaminantes.

La combinación de eficiencia energética, durabilidad y reciclabilidad se ha convertido en un objetivo prioritario para la industria metalúrgica moderna.