



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE INDUSTRIA, ENERGÍA  
Y TURISMO

**CEM** CENTRO ESPAÑOL  
DE METROLOGÍA

# Metrología y Nanotecnología

**Dr. Emilio Prieto**

Centro Español de Metrología (CEM)

*Presidente Comité AENOR GET15*

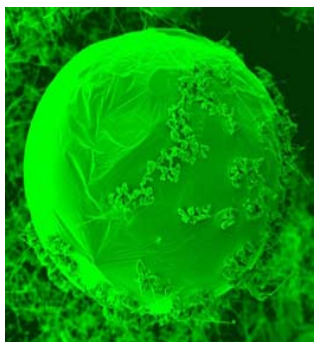
*"Normalización en nanotecnologías"*



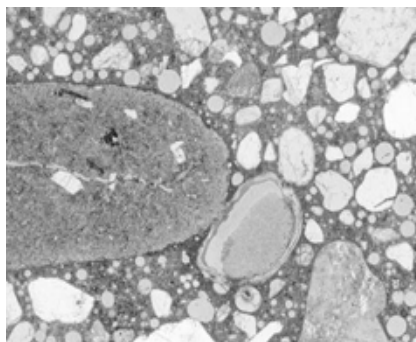
GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE INDUSTRIA, ENERGÍA  
Y TURISMO

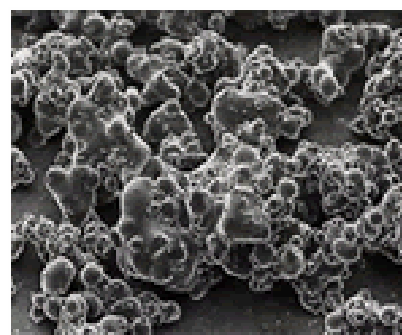
## algunos nano-objetos



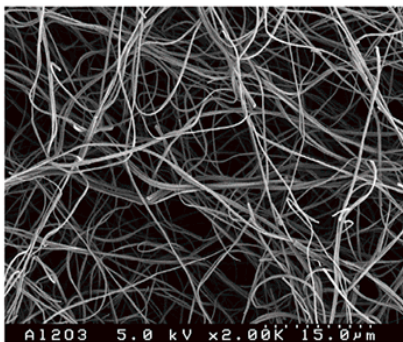
nanopartícula (NP)



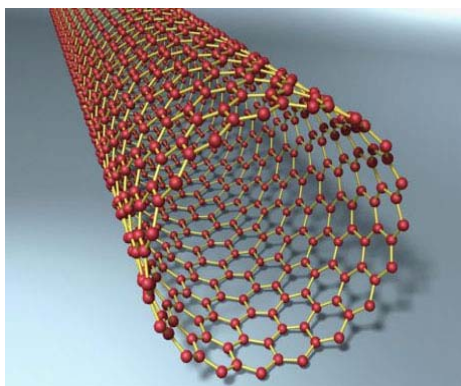
agregado



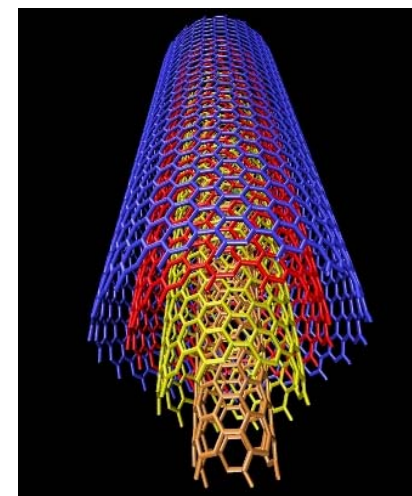
aglomerado de NPs



nanofibras



SWCNT – nanotubo de carbono  
de pared sencilla



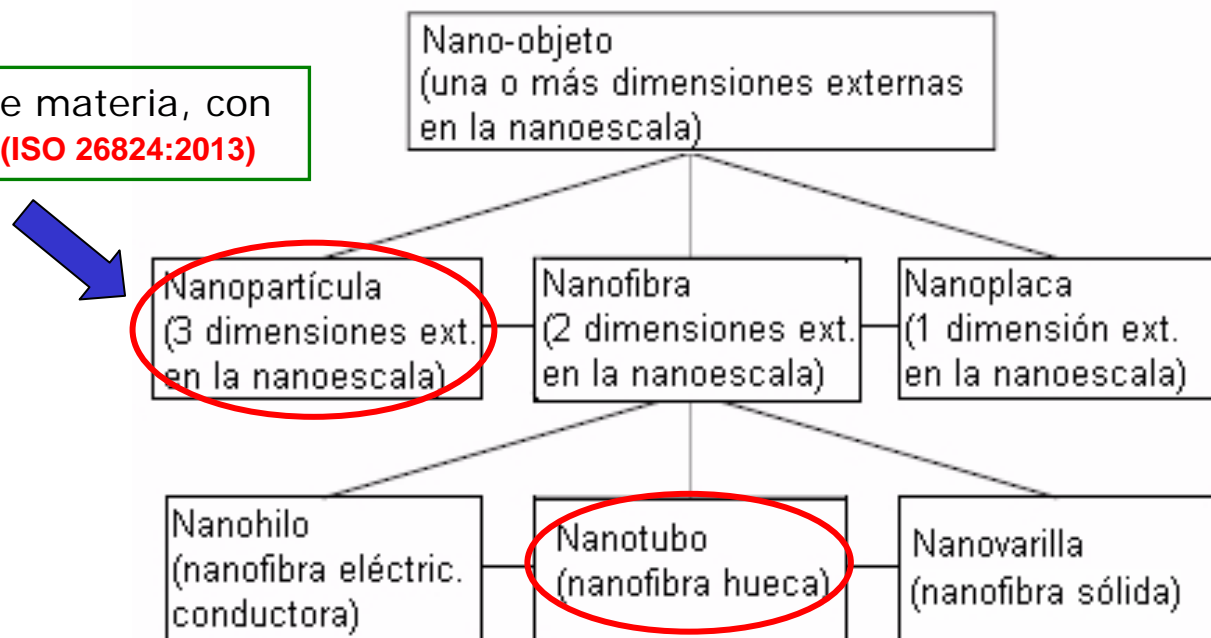
MWCNT – nanotubo de carbono  
de pared múltiple

## Algunas definiciones

**nanoescala:** Rango de dimensiones **desde aprox. 1 nm a 100 nm**, en la que los materiales pueden mostrar propiedades nuevas e inusuales (ISO/TS 27687)

**nanotecnología:** aplicación del conocimiento científico al control y utilización de la materia en la nanoescala (ISO/TS 80004-1)

**Partícula:** Pieza minúscula de materia, con límites físicos bien definidos (ISO 26824:2013)





GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE INDUSTRIA, ENERGÍA  
Y TURISMO

## Algunas definiciones

### **metrología:**

**Ciencia de la medición.** Comprende todos los aspectos, tanto teóricos como prácticos, de las mediciones, cualesquiera que sean sus **incertidumbres** y los campos de la ciencia y de la tecnología en que tengan lugar.

Cubre tres actividades principales:

- 1) **Definición de las unidades** de medida (SI),
- 2) **Realización práctica de las unidades** de medida por métodos científicos,
- 3) **Diseminación de las unidades**, mediante **cadena de trazabilidad** adecuadas, determinando y documentando los **resultados de medida** y sus **incertidumbres**.

**nanometrología:** la ciencia de la medición, **en la nanoescala**.

Juega un papel crucial en la producción y caracterización de nanomateriales y nanodispositivos.

## Algunas definiciones

**Mensurando:** Magnitud (Propiedad) objeto de medición.

Puede parecer trivial pero un mensurando mal definido puede llevar a confusión al comparar distintos resultados.

P. ej., la expresión "**diámetro medio de nanopartícula**" puede referirse a distintos mensurandos, vistos bajo **distintas técnicas de medición**: Así, el **diámetro de Feret (\*)** es diferente del "**diámetro esférico equivalente**" y del "**diámetro hidrodinámico**", a menudo incorrectamente denominado "**diámetro físico**".

(\*) distancia entre dos rectas paralelas y tangentes en lados opuestos de la partícula  
**[ISO 13322-1:2004]**

**Incertidumbre:** Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando.

**SIEMPRE** debe acompañar al resultado de medida.

$$\boxed{\text{Resultado de medida}} \pm \boxed{\text{Incertidumbre}}$$

(Valor numérico x unidad de medida)



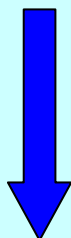
GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

### Exactitud ≠ Precisión



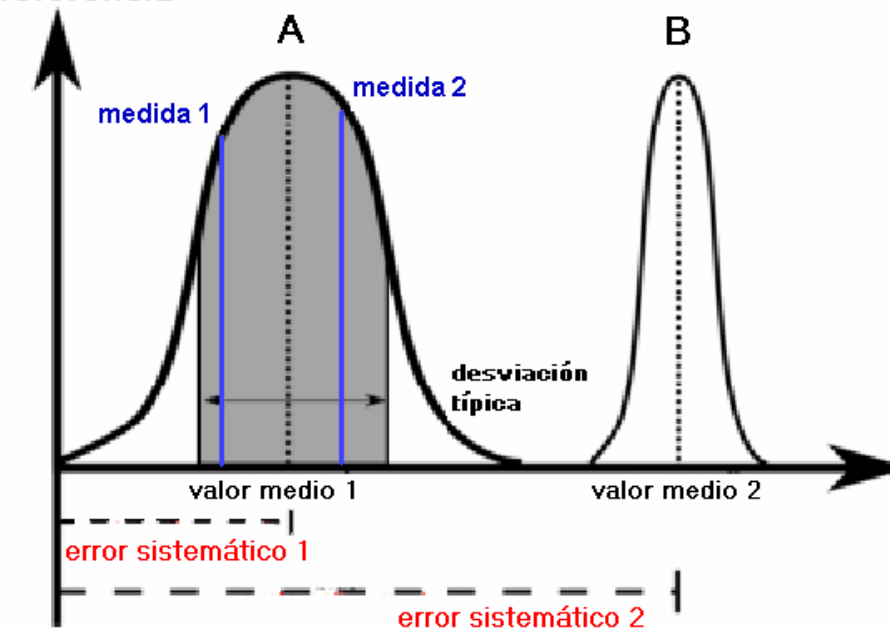
proximidad al valor de referencia o convencionalmente verdadero



proximidad entre indicaciones o resultados

- medida 1 más exacta que medida 2 (más próxima al VR).
- A más exacto que B (menor error sistemático (*bias*)).
- B más preciso que A (menor desviación típica).

Valor de referencia



### Error ≠ Incertidumbre

diferencia entre valor medido y valor de referencia

Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando

Teoría de errores



Estimación de incertidumbres (GUM y Supl.)

## Fuentes de Incertidumbre

No necesariamente independientes

- a) Definición incompleta o inapropiada del **mensurando**
- b) Realización imperfecta de la definición del **mensurando**
- c) **Muestreo** no representativo (la muestra medida puede no representar al mensurando)
- d) Efectos de **condiciones ambientales** no conocidos con exactitud, o medidos de forma incorrecta
- e) Error del **operador**; p. ej., en la lectura de instrumentos analógicos
- f) **Resolución** finita del instrumento de medida
- g) Incertidumbre de **patrones de medida** y/o **materiales de referencia**
- h) Incertidumbre de **valores de constantes y otros parámetros** procedentes de fuentes externas, y utilizados en el algoritmo de cálculo del resultado de medición
- i) **Correcciones** de errores sistemáticos
- j) **Hipótesis** del método o procedimiento de medida
- k) **Variabilidad** en la observación repetida del mensurando (repetibilidad, reproducibilidad, homogeneidad, ...)
- l) ...

## Referencias útiles

Evaluation of measurement data – An introduction to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" and related documents, JCGM 104:2009

[http://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM\\_104\\_2009\\_E.pdf](http://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM_104_2009_E.pdf)

Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement

JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections)

En español en <http://www.cem.es/sites/default/files/gum20digital1202010.pdf>

Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" – Propagation of distributions using a Monte Carlo method, JCGM 101:2008

[http://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM\\_101\\_2008\\_E.pdf](http://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM_101_2008_E.pdf)

En español en <http://www.cem.es/sites/default/files/suplemento20120de20gum.pdf>

Evaluation of measurement data – Supplement 2 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" – Extension to any number of output quantities, JCGM 102:2011

[http://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM\\_102\\_2011\\_E.pdf](http://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM_102_2011_E.pdf)

Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment, JCGM 106:2012. [http://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM\\_106\\_2012\\_E.pdf](http://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM_106_2012_E.pdf)

International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM 3rd edition), JCGM 200:2012 (JCGM 200:2008 with minor corrections)

[http://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM\\_200\\_2012.pdf](http://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM_200_2012.pdf)

En español en <http://www.cem.es/sites/default/files/vim-cem-2012web.pdf>



En nanotecnología es necesaria también una **estimación** (y reducción) **de incertidumbres** en todas las técnicas de medición y caracterización

- **interferometría láser (visible y rayos X),**
- **laser Doppler,**
- **sensores inductivos y capacitivos, piezoeléctricos (PZTs),**
- **elipsometría, *variable-angle spectroscopic ellipsometry (VASE),***
- **espectroscopía óptica**
- **microscopía óptica: Nomarski, de reflexión interna total (TIRM),  
confocal, ...**
- **perfilometría de contacto,**
- ***total integrated and angle-resolved scatterometry (TIS, ARS),***
- **STM, AFM, SNOM, ...**
- **difracción de rayos X,**
- **microscopía electrónica y de difracción (XTEM, STEM, SEM, HRSEM),**
- **Espectroscopía Raman and *Fourier transform infrared absorption,***
- **Espectroscopías Auger (AES), *X-ray photoelectron (SPS) &  
backscattering (RBS),***
- **fluorescencia de rayos X**
- **.../...**

Exigido en las propuestas de normas o especificaciones  
ISO o CEN sobre medición y caracterización



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE INDUSTRIA, ENERGÍA  
Y TURISMO

## Problemas de medición en nanotecnología

- a) Dificultad para realizar mediciones de **dimensiones críticas** con **incertidumbre nanométrica o inferior**.
- b) Para medir bien se requiere desarrollar una **infraestructura nanometrológica sólida (trazabilidad)**
- c) **Equivalencia/Compatibilidad entre distintos métodos** de medición:  
¿Miden realmente el **mismo mensurando** ?
- d) **Temor a los efectos** sobre el Medio Ambiente, la Salud y la Seguridad (**medición necesaria** para confirmar/rebatir).
- e) **Dificultades** para dar el salto a la **producción masiva**.

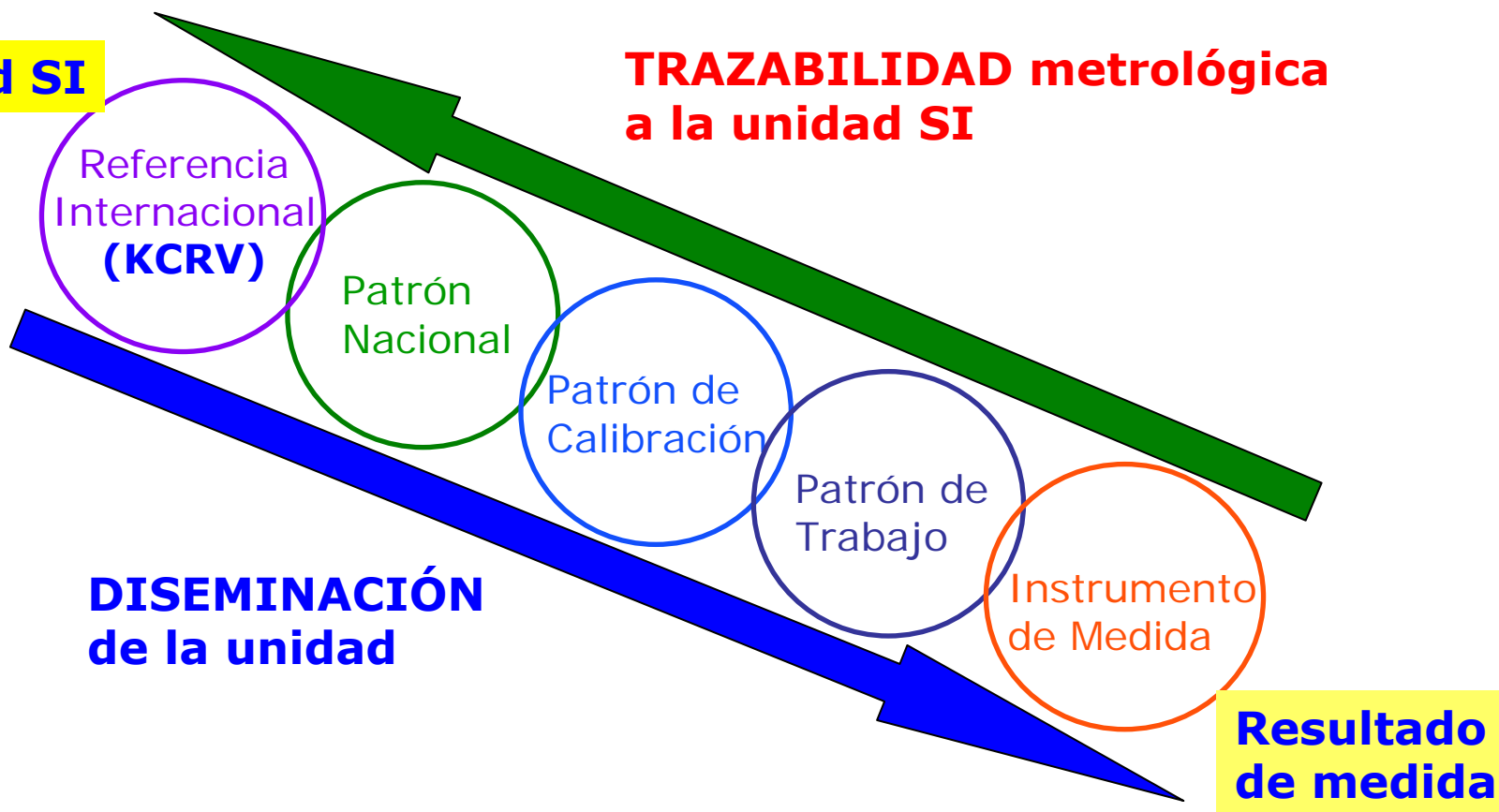


GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE INDUSTRIA, ENERGÍA  
Y TURISMO

**Unidad SI**

**TRAZABILIDAD metrológica  
a la unidad SI**



**¿Cómo estimar y reducir  $U$  en la nanoescala ?**

- Reducir el número de pasos
- Búsqueda de trazabilidad directa (inherente) a la unidad SI



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

# ¿Qué ofrece el CEM?



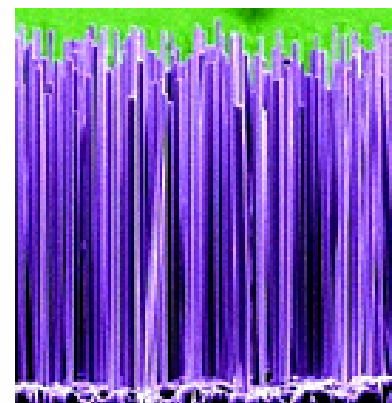
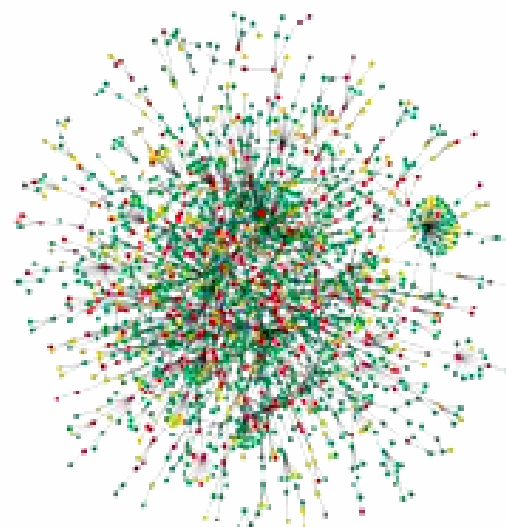


GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE INDUSTRIA, ENERGÍA  
Y TURISMO

## nanopartículas: propiedades medibles (> 17)

- catalytic properties
- composition
- concentration
- crystalline phase
- water solubility/hydrophilicity
- fat solubility/oleophilicity
- **size**
- hydrodynamic size
- particle size measurement/distribution
- length
- **shape**
- **surface area**
- surface charge
- surface chemistry
- zeta potential
- purity
- dustiness



## nanopartículas: técnicas de medición (> 11)

Tomado de Good Practice Guide No. 119, *Determination of the Size and Size Distribution of Spherical Nanoparticle samples*, Dr R.D.Boyd, Dr A.Cuenat (NPL), Dr F.Meli (METAS), T.Klein, Dr C.G.Frase (PTB Braunschweig), G.Gleber, Dr M.Krumrey (PTB Berlin), Dr A.Duta, Dr S.Duta (INM), Dr R.Hogstrom (MIKES) and Dr E.Prieto (CEM), National Physical Laboratory, 2011, ISSN 1368-6550.

Técnica	Rango (nm)	Individual o colectiva	muestra	Comentarios
<b>TEM</b>	1 - 1000	Individual	Depositada sobre rejilla	Da información adicional sobre <b>forma, estructura interna y composición química</b> . Por ello se ve como la <b>técnica más avanzada</b> . Conlleva un <b>alto coste de instalación</b> , requiere <b>personal altamente cualificado</b> y plantea <b>problemas con la aglomeración de NPs</b> . <b>Trazabilidad al metro, por referencia a la red del Silicio (Rec. CCL/WG-N 2013)</b>
<b>SEM</b>	10 - 10000	Individual	Depositada sobre rejilla	Similar al TEM, con <b>menor resolución</b> , puede caracterizar <b>partículas de mayor tamaño</b> , con <b>preparación más sencilla de la muestra</b> .

## nanopartículas: técnicas de medición

Técnica	Rango (nm)	Individual o colectiva	muestra	Comentarios
<b>SPM</b>	0,5 - 3000	Individual	Depositada sobre sustrato	Su mayor ventaja sobre <b>TEM</b> y <b>SEM</b> son sus <b>menores costes de implantación y funcionamiento</b> . Ofrece una <b>ruta de trazabilidad directa mediante SPMs metrológicos</b> . Además, la aglomeración de NPs no es un gran problema. <b>Artefactos derivados de forma y estado de la punta</b> .
<b>DLS</b> (Dynamic light scattering)	0,5 - 1000	Colectiva	En suspensión	Técnica bien establecida. Proporciona <b>resultados fiables en partículas monodispersas y no aglomeradas</b> en suspensión. Mide el <b>radio hidrodinámico</b> , no el físico. <b>En muestras polidispersas</b> , pesan las NPs grandes y los aglomerados, <b>sesgando los resultados</b> .
<b>PTA</b> (particle tracking analysis)	30 - 1000	Individual	En suspensión	Basado en el mismo principio que el <b>DLS</b> pero rastreando el comportamiento de NPs individuales, que puede relacionarse con su <b>radio hidrodinámico</b> . Supera los problemas de polidispersión y aglomeración del DLS. Sin embargo, presenta otros, con número bajo de partículas y con bajas concentraciones.

## nanopartículas: técnicas de medición

Técnica	Rango (nm)	Individual o colectiva	muestra	Comentarios
<b>CLS</b> (Centrifuga   Liquid Sedimenta- -tion)	40 - 300	Colectiva	En suspensión	Utiliza el principio de sedimentación de la fase líquida y absorción de la luz para determinar la <b>distribución de tamaños</b> . Da información sobre el <b>diámetro esférico equivalente</b> de <b>suspensiones mono y polidispersas</b> de NPs. Mejor resultado con NPs grandes.
<b>SAXS</b> (Small angle X- ray scattering)	2 - 300	Colectiva	En suspensión	Técnica versátil aplicable a un <b>amplio rango de muestras, tanto mono como polidispersas</b> . Da información sobre <b>tamaños y formas</b> . <b>Altos costes de instalación</b> (algunos sistemas utilizan radiación de Síncrotrón) y complicados análisis de datos.
<b>Scanning mobility particle sizer</b>	3 - 1000	Colectiva	Aerosoles	Mide la <b>distribución de tamaños</b> y la <b>concentración de aerosoles sub-<math>\mu\text{m}</math></b> , por detección eléctrica de la movilidad. Muy utilizado en la industria para <b>análisis ambiental</b> de NPs. Mide el <b>diámetro aerodinámico</b> , no el físico.



## nanopartículas: técnicas de medición

Técnica	Rango (nm)	Individual o colectiva	muestra	Comentarios
<b>FFF</b> (Field Flow Fractionation) + DLS o SAXS	1 - 100	Colectiva	En suspensión	Fraccionamiento de suspensiones de NPs mediante flujo asimétrico, combinado con técnicas que aumentan su capacidad, como el <b>DLS</b> para analizar <b>muestras polidispersas</b> , o el <b>SAXS</b> para determinar online su <b>forma y tamaño</b> .
<b>Ultra centrifugado</b>	4 - 100	Colectiva	En suspensión	Supera las limitaciones del <b>CLS</b> utilizando <b>mayores fuerzas centrífugas</b> . Analiza con éxito <b>muestras tanto monodispersas como polidispersas</b> . Mide el <b>radio hidrodinámico</b> .
<b>X-ray Disc Centrifugación</b>	10 - 100	Colectiva	En suspensión	Técnica utilizada durante muchos años, particularmente <b>adaptada a polvos inorgánicos</b> , que tienden a ser fuertes absorbentes de rayos X. Mayor sensibilidad frente a <b>pequeñas partículas</b> que el <b>CLS</b> .

## Técnica SPM: Categorías de SPMs

Norma ISO 11952:2014, *Surface chemical analysis - Scanning-probe microscopy - Determination of geometric quantities using SPM: Calibration of measuring systems.*

**A. SPM metrológico** con **interferómetros láser integrados** en los 3 ejes.  
**Trazabilidad directa** a la unidad SI (m) a través de la longitud de onda del láser utilizado

**B. SPMs** con **sensores de posición integrados**.  
(bandas extensométricas, *encoders*, sensores capacitivos y/o inductivos)  
**calibración:**

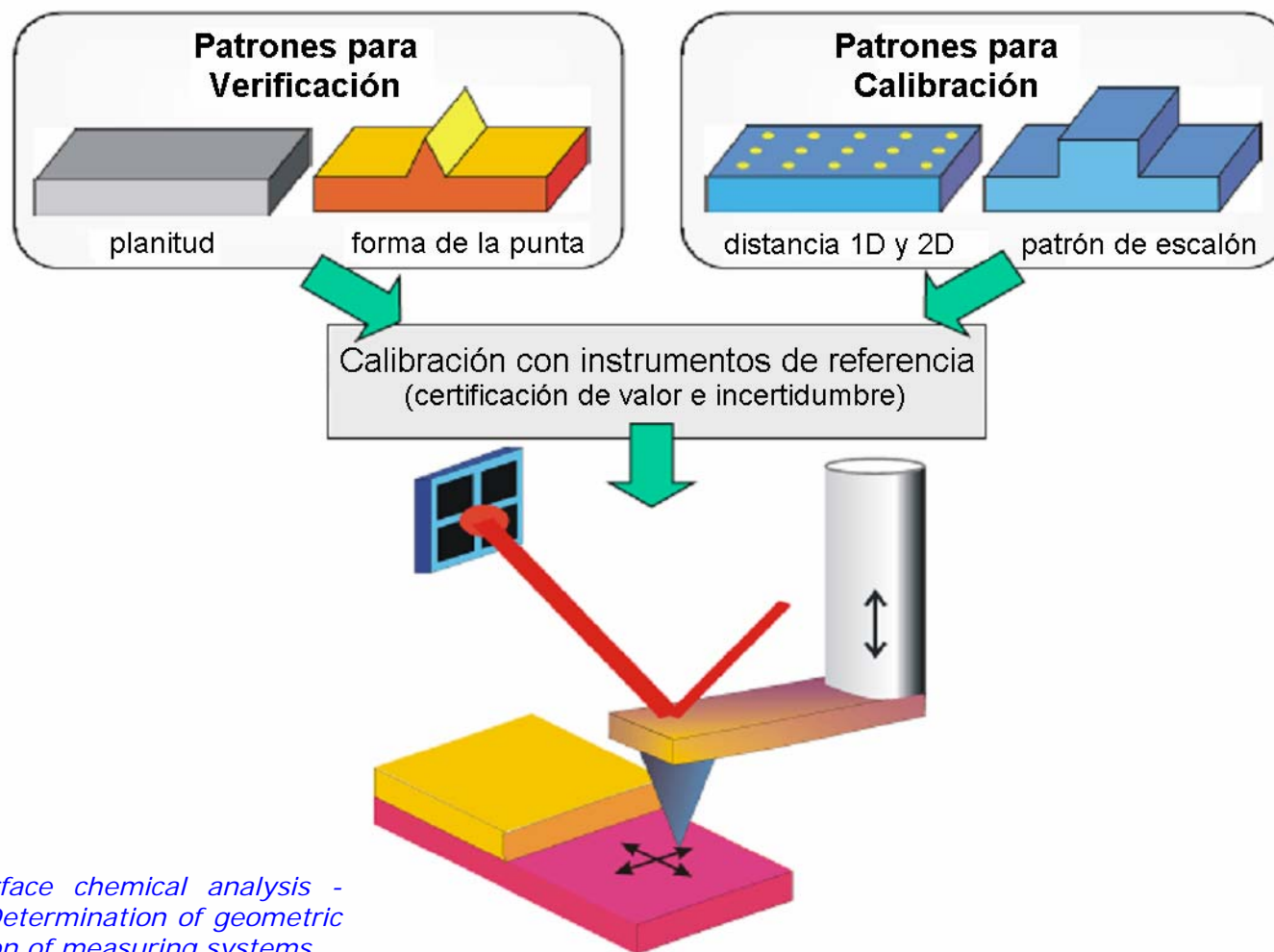
- a) acoplando **interferómetros**, o
- b) mediante **patrones de calibración**

- lazo cerrado: control activo de posición, con lazo de control
- **lazo abierto**: observación de la posición sin realimentación activa

**C. SPMs convencionales** con **posicionado mediante act. piezoeléctricos**.  
**calibración:** habitualmente mediante **patrones de calibración**



## Calibración de SPMs tipos B y C



Norma ISO 11952:2014, *Surface chemical analysis - Scanning-probe microscopy - Determination of geometric quantities using SPM: Calibration of measuring systems.*

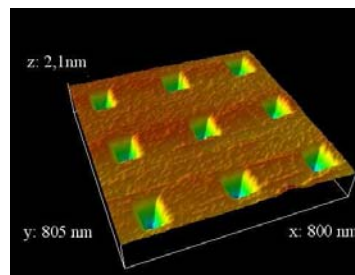
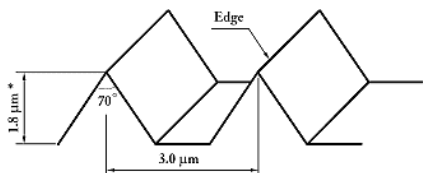
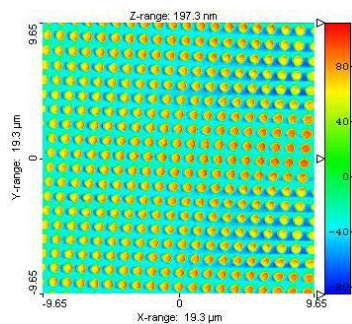
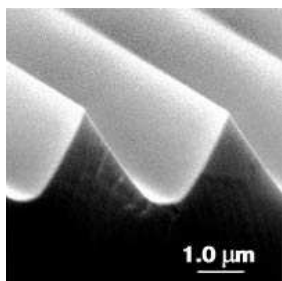
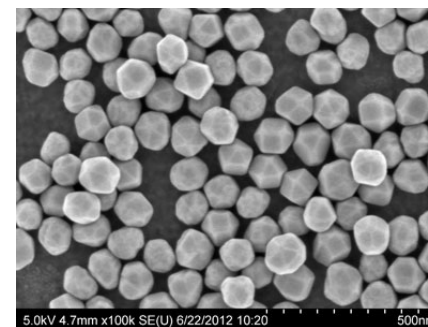
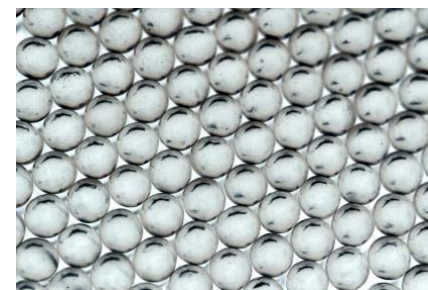
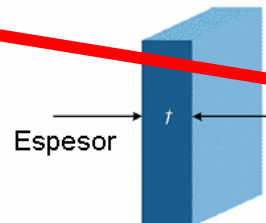
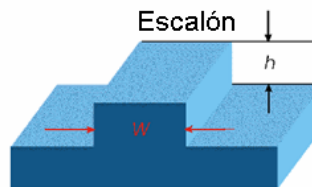
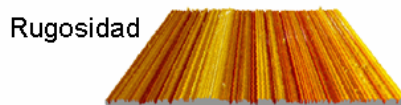
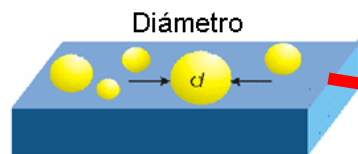
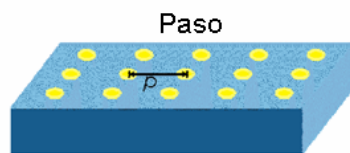
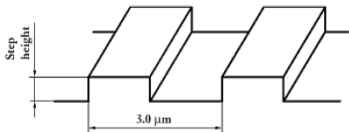
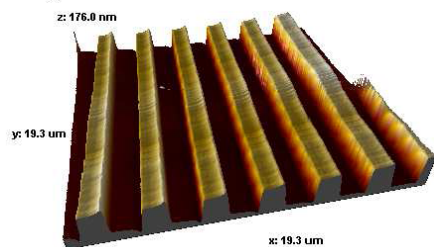


GOBIERNO DE ESPAÑA

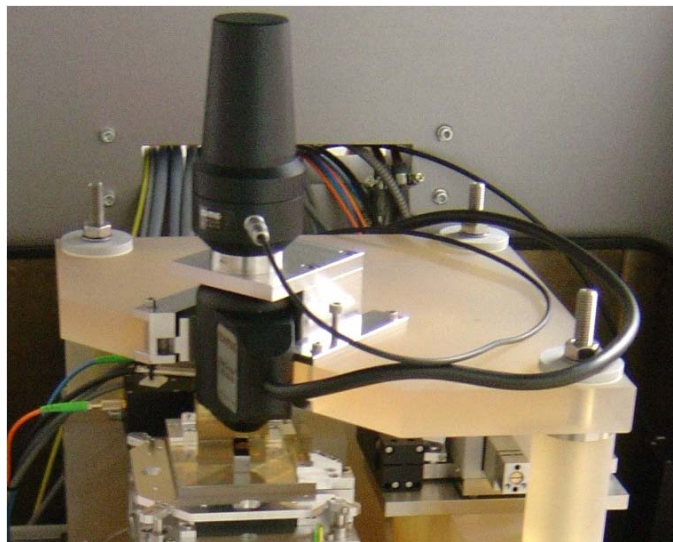
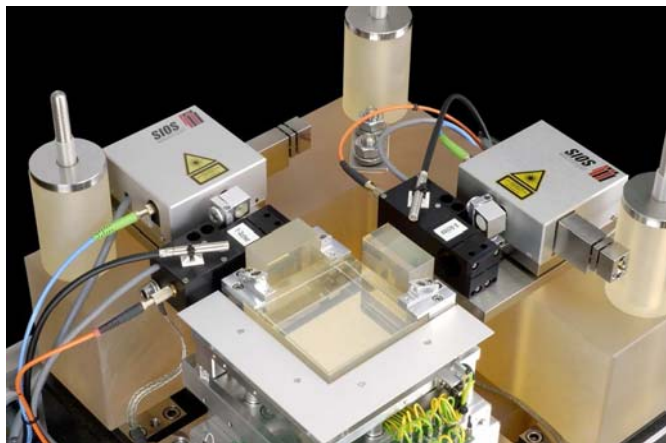
MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

# Diferentes tipos de patrones

## nanopartículas patrón (RM y CRM) (látex, Au)



## SPM metrológico del CEM



**Gran rango:** (25 x 25 x 5) mm  
**Tamaño de muestras:** (50 x 50 x 10) mm  
**Resolución:** 0,1 nm  
**Sin error de Abbe:** *offset* < 0,1 mm  
**Arquitectura abierta:** diferentes sensores

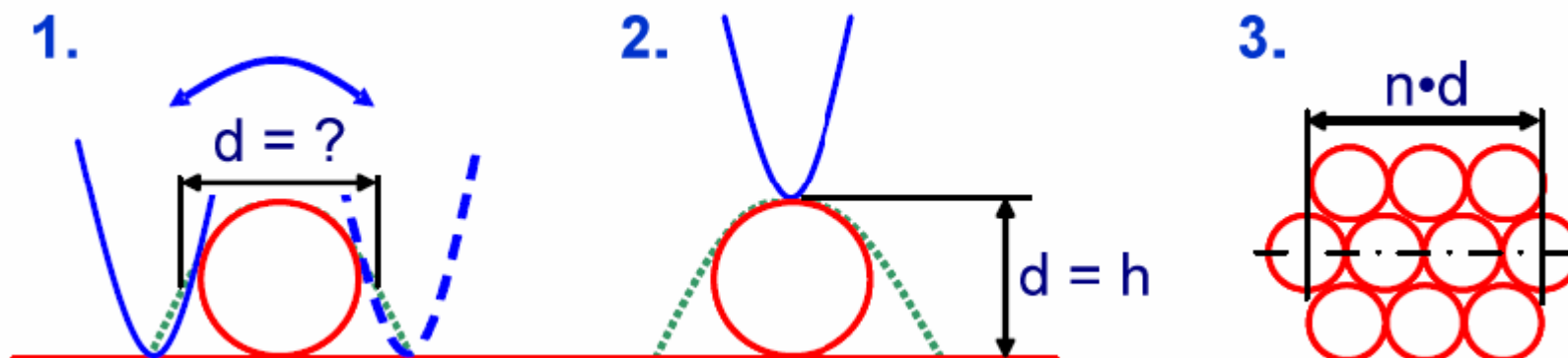




GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE INDUSTRIA, ENERGÍA  
Y TURISMO

## Medición de nanopartículas mediante SPM



**Palpado lateral** (muy influido por la punta) (convolución y simulación)

**Midiendo su altura:**  $d=h$  solo si la distancia de interacción de la punta sobre la NP y sobre la superficie de referencia es la misma.

**Distancia lateral entre NPs extremas** de un empaquetamiento (si esféricas y monotamaño)

Ej.: Comparación EURAMET - medición de nanopartículas "patrón"

Participantes	Método
PTB (Berlín, DE)	<b>SAXS</b>
PTB (Braunschweig, DE)	<b>TSEM</b>
INM (RO)	<b>SEM</b>
METAS (CH)	<b>AFM</b>
MIKES (FI)	AFM
INRIM (IT)	AFM
NPL (UK)	<b>DLS</b>



Producto	Material	Diámetro nominal	Fabricante
NIST RM 8011	Oro coloidal	<b>10 nm</b>	NIST
NIST RM 8012	Oro coloidal	<b>30 nm</b>	NIST
NIST RM 8013	Oro coloidal	<b>60 nm</b>	NIST
IRMM-304	Sílice coloidal	<b>40 nm</b>	IRMM
Duke 3050A	Poliestireno	<b>50 nm</b>	Duke (Thermo Scientific)
Duke 3100A	Poliestireno	<b>100 nm</b>	Duke (Thermo Scientific)

## Ej.: Comparación EURAMET - medición de nanopartículas "patrón"

*Traceable size determination of nanoparticles, a comparison among European metrology institutes, F. Meli et al., Meas. Sci. Technol. 23 (2012) 125005, <http://dx.doi.org/10.1088/0957-0233/23/12/125005>.*

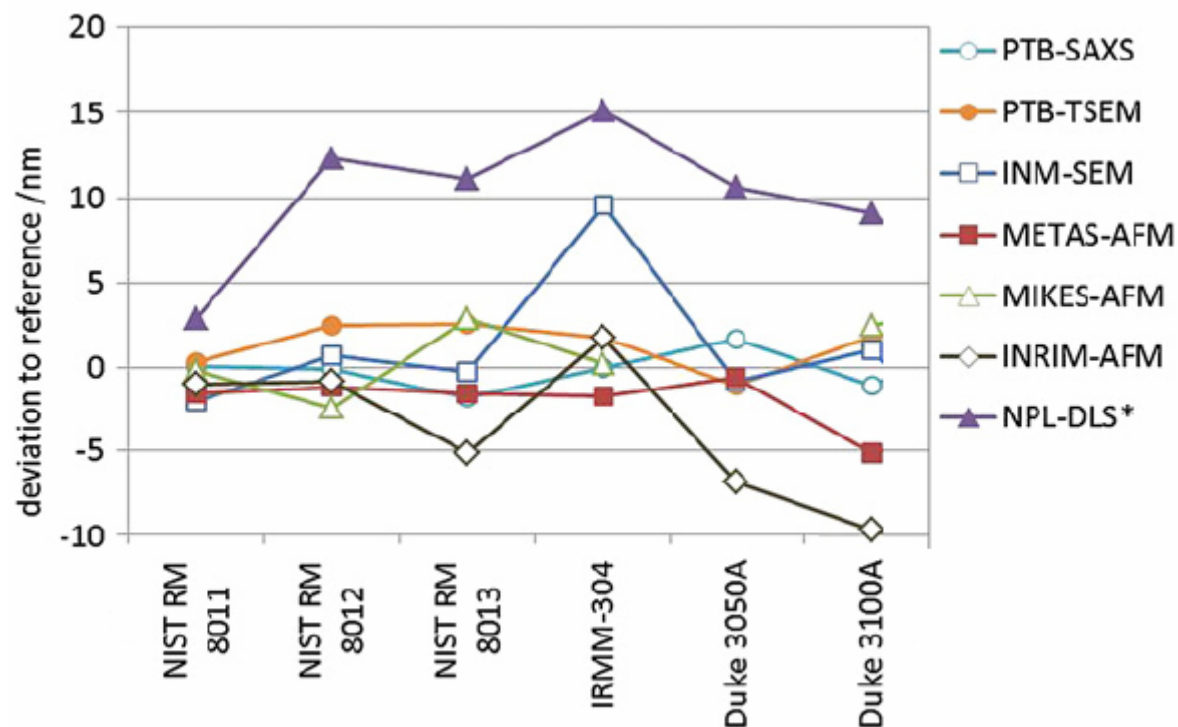
Valores de  $d_{ref}$ ,  $u_c(d_{ref})$ ,  $U_{95}$  y  $u_{desc}$  (ésta para obtener consistencia)

	<b>NIST RM 8011 (10 nm)</b>	<b>NIST RM 8011 (30 nm)</b>	<b>NIST RM 8011 (60 nm)</b>	<b>IRMM 304 (40 nm)</b>	<b>Duke 3050A (50 nm)</b>	<b>Duke 3100A (100 nm)</b>
$d_{ref}$ (nm)	8,74	25,37	54,55	25,72	45,51	97,03
$u_c(d_{ref})$ (nm)	0,22	0,87	0,99	0,27	0,59	1,47
$U_{95}$ (nm)	0,44	1,74	1,99	0,53	1,19	2,84
$u_{desc}$ (nm)	0	1,60	1,76	0	0	2,50



Ej.: Comparación EURAMET - medición de nanopartículas "patrón"

Desviaciones respecto a valores de referencia



El método DLS siempre dio valores superiores (e incompatibles) a los otros.

**DLS da el diámetro hidrodinámico** mientras que **SEM, TSEM y AFM dan diámetros geométricos**

**iTema Importante!**

**NORMALIZACIÓN**

### **ISO/TC 229 - Nanotechnologies**

ISO/TC 229/JWG 02 "Measurement and characterization"

ISO/TC 229/TG 02 "Consumer and societal dimensions of nanotechnologies"

ISO/TC 229/WG 03 "Health, Safety and Environmental Aspects of Nanotechnologies"

### **ISO/TC 201 - Surface Chemical Analysis**

ISO/TC 201/SC 04 "Depth profiling"

ISO/TC 201/SC 06 "Secondary ion mass spectrometry"

ISO/TC 201/SC 07 "Electron spectroscopies"

ISO/TC 201/SC 9 - Scanning probe microscopy

ISO/TC 201/SC 09/WG 03 "Basic dimensional calibration of SPMs"

Representados en España por:

**AENOR AEN/GET15 "Nanotecnologías"**

Contacto: Pilar PÉREZ PARADELO, [piperez@aenor.es](mailto:piperez@aenor.es)

## ISO/TC 229 - Nanotechnologies – Algunas normas publicadas hasta hoy

### [ISO 10801:2010](#)

Nanotechnologies -- Generation of metal nanoparticles for inhalation toxicity testing using the evaporation/condensation method

### [ISO 10808:2010](#)

Nanotechnologies -- Characterization of nanoparticles in inhalation exposure chambers for inhalation toxicity testing

### [ISO/TR 11360:2010](#)

Nanotechnologies -- Methodology for the classification and categorization of nanomaterials

### [ISO/TR 11811:2012](#)

Nanotechnologies -- Guidance on methods for nano- and microtribology measurements

### [ISO/TS 11931:2012](#)

Nanotechnologies -- Nanoscale calcium carbonate in powder form -- Characteristics and measurement

### [ISO/TS 11937:2012](#)

Nanotechnologies -- Nanoscale titanium dioxide in powder form -- Characteristics and measurement

### [ISO/TS 12025:2012](#)

Nanomaterials -- Quantification of nano-object release from powders by generation of aerosols

### [ISO/TR 12885:2008](#)

Nanotechnologies -- Health and safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies

### [ISO/TS 12901-1:2012](#)

Nanotechnologies -- Occupational risk management applied to engineered nanomaterials -- Part 1: Principles and approaches

### [ISO/TS 12901-2:2014](#)

Nanotechnologies -- Occupational risk management applied to engineered nanomaterials -- Part 2: Use of the control banding approach

### [ISO/TR 13014:2012](#)

Nanotechnologies -- Guidance on physico-chemical characterization of engineered nanoscale materials for toxicologic assessment

### [ISO/TR 13121:2011](#)

Nanotechnologies -- Nanomaterial risk evaluation

### [ISO/TS 13830:2013](#)

Nanotechnologies -- Guidance on voluntary labelling for consumer products containing manufactured nano-objects

## ISO/TC 229 - Nanotechnologies – Algunas normas publicadas hasta hoy (cont.)

### [ISO/TS 14101:2012](#)

Surface characterization of gold nanoparticles for nanomaterial specific toxicity screening: FT-IR method

### [ISO/TR 16197:2014](#)

Nanotechnologies -- Compilation and description of toxicological screening methods for manufactured nanomaterials

### [ISO/TS 16550:2014](#)

Nanotechnologies -- Determination of silver nanoparticles potency by release of muramic acid from Staphylococcus aureus

### [ISO/TS 17200:2013](#)

Nanotechnology -- Nanoparticles in powder form -- Characteristics and measurements

### [ISO/TS 27687:2008](#)

Nanotechnologies -- Terminology and definitions for nano-objects -- Nanoparticle, nanofibre and nanoplate

### [ISO 29701:2010](#)

Nanotechnologies -- Endotoxin test on nanomaterial samples for in vitro systems -- Limulus amoebocyte lysate (LAL) test

### [IEC/TS 62622:2012](#)

Artificial gratings used in nanotechnology -- Description and measurement of dimensional quality parameters

### [ISO/TS 80004-4:2011](#)

Nanotechnologies -- Vocabulary -- Part 4: Nanostructured materials

### [ISO/TS 80004-5:2011](#)

Nanotechnologies -- Vocabulary -- Part 5: Nano/bio interface

### [ISO/TS 80004-6:2013](#)

Nanotechnologies -- Vocabulary -- Part 6: Nano-object characterization

### [ISO/TS 80004-7:2011](#)

Nanotechnologies -- Vocabulary -- Part 7: Diagnostics and therapeutics for healthcare

### [ISO/TS 80004-8:2013](#)

Nanotechnologies -- Vocabulary -- Part 8: Nanomanufacturing processes

## ISO/TC 229 - Nanotechnologies – Algunas normas en desarrollo

### [ISO/NP TR 12885](#)

Nanotechnologies -- Health and safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies

### [ISO/NP TR 16196](#)

Nanotechnologies -- Compilation and description of sample preparation and dosing methods for engineered and manufactured nanomaterials

### [ISO/AWI TR 18637](#)

General framework for the development of occupational exposure limits for nano-objects and their aggregates and agglomerates

### [ISO/AWI TR 18196](#)

Nanotechnologies -- Measurement method matrix for manufactured nano-objects

### [ISO/DTS 19006](#)

DCFH-DA assay for evaluating nanoparticle-induced intracellular reactive oxygen species (ROS) production

### [ISO/AWI 19007](#)

Modified MTS assay for measuring the effect of nanoparticles on cell viability

### [ISO/NP TR 19057](#)

Nanotechnologies -- Use and application of cellular in vitro tests and methodologies to assess nanomaterial biodurability

### [ISO/NP TS 19337](#)

Characteristics and measurement methods of nano-object working suspensions required for validity evaluation of in vitro toxicity testing

### [ISO/NP TS 19590](#)

Nanoparticles -- Detection and characterization using single-particle ICP-MS

### [ISO/NP TR 19601](#)

Nanotechnologies -- Nano-object aerosol generators for inhalation toxicity studies

### [ISO/AWI 19805](#)

Nanotechnologies -- Guidelines for collection and sample preparation of airborne nanoparticles for microscopy techniques

### [ISO/AWI TR 20489](#)

Separation and size fractionation for the characterisation of metal-based nanoparticles in water samples

### [ISO/TS 80004-2](#)

Nanotechnologies -- Vocabulary -- Part 2: Nano-objects: Nanoparticle, nanofibre and nanoplate

## Conclusiones:

- Los avances en nanociencia y en nanotecnología dependen de la capacidad para medir propiedades en la nanoescala, con la exactitud e incertidumbre requeridas.
- La metrología clásica ha alcanzado sus límites de resolución y exactitud, y no es válida para garantizar el cumplimiento de los nuevos requisitos exigidos por la nanotecnología o la nanofabricación.
- Se requieren nuevas técnicas e instrumentos de medida para dar soporte a nanociencia y nanotecnología.
- Los INM son piezas clave para asesorar y dotar de trazabilidad a Centros de I+D y a la industria.

## Conclusiones:

- Ciencia e industria deben esforzarse en comprender e integrar la metrología en sus procesos de investigación y fabricación: Contar con trazabilidad metrológica y obtener resultados exactos y reproducibles, es imprescindible para poder comparar resultados y productos.
- La medición es crucial para admitir/rebatir la preocupación existente sobre el Medio Ambiente, la Salud y la Seguridad. Medir es conocer para decidir.
- ISO y CEN producen normas internacionales sobre nanotecnología, cubriendo aspectos como terminología y nomenclatura, medición y caracterización, salud, seguridad y medio ambiente, propiedades de nanomateriales o análisis de superficies.
- Ciencia e industria deben involucrarse en los procesos de normalización en nanotecnologías, única forma de aportar conocimiento a las normas, y orientarlas a procesos productivos y sectores de mercado de interés.

**Gracias por vuestra atención**

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