



## A la medida de la competitividad industrial en México

30 años de Cooperación Técnica entre el PTB y el CENAM





El PTB contribuye, por encargo del Gobierno Federal Alemán, al mejoramiento de las condiciones marco para el desempeño de actividades económicas y por lo tanto fomenta el desarrollo de la metrología.

On behalf of



Federal Ministry  
for Economic Cooperation  
and Development

<b>01/</b>	<b>Cooperación técnica: ¿Por qué conmemoramos estos 30 años?</b>	<b>4</b>
	Alemania y México: 30 años de colaboración en metrología	5
	CENAM y PTB: cooperación fructífera sostenida en el tiempo	7
<b>02/</b>	<b>¿Para qué medir?</b>	<b>8</b>
	Un soporte clave para la toma de decisiones en la industria	9
	El Centro Nacional de Metrología, la clave para una industria mexicana competitiva	10
	El Instituto Nacional de Metrología de Alemania, socio estratégico en la cooperación internacional	12
<b>03/</b>	<b>Primera etapa de la cooperación entre CENAM y PTB</b>	<b>14</b>
	Cooperación bilateral	15
	Apertura al mercado global	16
	Primer acuerdo de cooperación	17
	Balance de la primera etapa de cooperación	18
<b>04/</b>	<b>Segunda etapa: del asesoramiento al intercambio</b>	<b>20</b>
	Cooperación técnica en la región con el apoyo del CENAM	21
	Cooperación científico-tecnológica entre el PTB y el CENAM	22
	Cooperación triangular y otros proyectos regionales	23
<b>05/</b>	<b>Tercera etapa: cooperación actual en desarrollo sostenible</b>	<b>24</b>
	Energía sustentable y fortalecimiento de la Infraestructura de la Calidad	25
	Proyectos regionales, con participación de México:	
	- Innovación en Economía Verde mediante la inclusión de Infraestructura de la Calidad	27
	- Biodiversidad y protección del clima	28
	- Energías renovables y eficiencia energética	29

<b>06/</b>	<b>De la visión a la aplicación en la industria</b>	<b>30</b>
	Calidad, equidad y competitividad	31
	MESURA: impulso integral a lo largo de la cadena de valor de las industrias	32
	Redes eléctricas inteligentes: Smart Grids	36
	Patrones de tiempo y frecuencia: sustento indispensable de las nuevas tecnologías	38
	CENAM contribuye al funcionamiento del sistema Galileo	40
	Calentadores y paneles solares: un abanico de servicios para los fabricantes locales	41
	Acústica de la salud, seguridad y ambiente: control activo del ruido en vehículos	42
	Materiales de referencia para múltiples industrias	43
	Exportación de aguacates, con garantía de calidad	44
	Metrología legal, para garantizar la seguridad de los ciudadanos	45
	Nanotecnología en industria y gobierno	46
	Mediciones de caudales: precio justo y sostenibilidad de los procesos	48
	Uso de sensores en industria automotriz: hacia el auto inteligente	50
<b>07/</b>	<b>Testimonios</b>	<b>52</b>
	José Arnulfo del Toro	53
	Antonio Sierra Gutiérrez	54
	Mildred Castro Hernández	56
	Guillermo Aguirre Esponda	57
	Jorge Vázquez Murillo	58
	Wilhelm Kosegarten Gallagher	59
	Enrique Velázquez	60
	Álvaro Alejandro Marroquín Mora	61
	Martín Arriaga Alberto	62
	Gerardo Arredondo Aceves	63
	Olga Lucía Pesca	64

# 01/

**Cooperación técnica:  
¿Por qué conmemoramos  
estos 30 años?**



© iStock

## Alemania y México: 30 años de colaboración en metrología

La colaboración PTB – CENAM comenzó en 1989 por un acuerdo entre los gobiernos de Alemania y México, un año después de la creación formal del Centro Nacional de Metrología (CENAM) por la Ley Federal de Metrología y Normalización del 26 de enero de 1988, y cinco años antes de que el CENAM fuese inaugurado, el 29 de abril de 1994. El acuerdo ha incluido colaboración preponderantemente en metrología, pero también en otros componentes de la Infraestructura de la Calidad: normalización y acreditación.

A lo largo de todos estos años el apoyo que el CENAM ha recibido del PTB ha sido invaluable, incluyendo los temas de asistencia técnica y estratégica para el equipo directivo original. En los primeros años fueron múltiples asesorías y estancias de capacitación para los primeros metrologos del CENAM que, si bien tenían una sólida formación científico-técnica con posgrados en diferentes universidades del mundo, la mayoría carecía de capacitación adecuada

en temas de metrología. Con los expertos del PTB y en sus laboratorios recibieron el mejor entrenamiento en cada uno de sus campos.

En paralelo hubo intercambio en otras modalidades, como visitas de mediano plazo de expertos del PTB, que apoyaron en la planeación y organización de los laboratorios. Algunos de ellos muy recordados, como el Dr. Hans von Martens, experto en vibraciones que tuvo largas y muy provechosas estancias en CENAM, entre 1993 y 2000, que contribuyeron a que este grupo sea uno de los mejores en su clase.

Otra modalidad de apoyo ha sido la adquisición para el CENAM de equipos de medición, patrones de referencia y otros componentes de *hardware*, que normalmente han sido acompañados de entrenamientos, transferencia de información y apoyo en la implementación. Tal es el caso del radiómetro criogénico donado por el PTB al CENAM

en 1997, seguido de un entrenamiento de seis meses para una de las metrólogas y la contratación del PhD en Física Wolfgang Schmid, que implementó la referencia nacional para mediciones radiométricas.

Un aspecto importante de la colaboración ha sido su evolución. En un inicio el apoyo fue en temas estratégicos, desde la conceptualización hasta la planeación y realización. En una siguiente fase estuvo centrado en consolidar las Capacidades de Medición y Calibración incluidas en el Acuerdo de Reconocimiento Mutuo. Se promovió de manera decidida la consolidación de la Infraestructura de la Calidad en todos sus componentes, y con ello el apoyo al desarrollo industrial y económico y a Pequeñas y Medianas Empresas (PYMEs).

Parte de ello han sido participaciones del CENAM en proyectos con empresas alemanas como Volkswagen, Continental y la Cámara Mexicano-Alemana de Comercio e Industria.

En esta fase, desde hace algunos años, instancias internacionales como la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico reconocieron el avance de México en los aspectos más básicos y, en consecuencia, el PTB ha orientado sus esfuerzos hacia nuestro país en apoyar programas destinados a mitigar el cambio climático, promover las energías sustentables y lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En paralelo, como en la fase anterior, el PTB ha solicitado y contado con la participación del CENAM en su apoyo para proyectos semejantes en los institutos nacionales de metrología del Sistema Interamericano de Metrología. La cooperación entre Alemania y México en materia de metrología, normalización y acreditación, y la consolidación de la Infraestructura de la Calidad, ha sido un caso de éxito.

En la actualidad los temas de la colaboración son, en gran medida, los Objetivos de Desarrollo Sostenible avalados por la Organización de las Naciones Unidas: salud, ambiente, energía, así como los retos de actualidad en industria 4.0, metrología digital, economía verde y otros más.

El CENAM agradece al PTB este soporte de largo plazo, manifiesta su convencimiento respecto a los grandes frutos nacionales y regionales que esto ha creado y renueva su deseo de un largo plazo de éxitos conjuntos en colaboración en metrología.

**Dr. Victor José Lizardi Nieto**

Director General

Centro Nacional de Metrología de México, CENAM



# CENAM y PTB: cooperación fructífera sostenida en el tiempo

La base para la cooperación técnica del PTB con México fue creada en enero de 1989 con la firma de un acuerdo de cooperación bilateral en el área de la metrología, la normalización y el aseguramiento de la calidad. Marca 30 años de exitosa cooperación con nuestras contrapartes mexicanas.

Me hace muy feliz especialmente que, en este año, aparte de los 25 años de existencia del CENAM, se cumpla este memorable aniversario.

El desarrollo económico sustentable y una integración en el mercado global, así como la protección de los consumidores y del medio ambiente, requieren de una Infraestructura de la Calidad, es decir, que el trabajo conjunto de la metrología, la normalización, la evaluación de la conformidad y la acreditación funcione. Los requisitos que debe cumplir una IC de este tipo figuran en normas internacionales.

El área de cooperación internacional del PTB cumple un rol muy importante para reforzar estos sistemas en nuestros países socios.

Mirando hacia atrás, el PTB mantiene una cooperación durante muchos años con diferentes instituciones de la Infraestructura de la Calidad de México, especialmente con el CENAM, en cuyo desarrollo el PTB participó con mucho empeño. Esto hace que la relación sea naturalmente muy estrecha.

El CENAM se ha transformado para el PTB en un socio importante de nuestra cooperación internacional en la región y participa adicionalmente en forma competente y confiable en la cooperación triangular. Para la continuidad del desarrollo de la cooperación científico-tecnológica ya se crearon relaciones fructíferas a nivel bilateral y europeo entre los distintos laboratorios, que van a reforzarse todavía más en el futuro.

Esta publicación, en honor a este acontecimiento, es también un testimonio de la historia en común del CENAM y del PTB, del fuerte vínculo y de la amistad entre ambos institutos, países y especialmente entre los colaboradores mexicanos y alemanes.

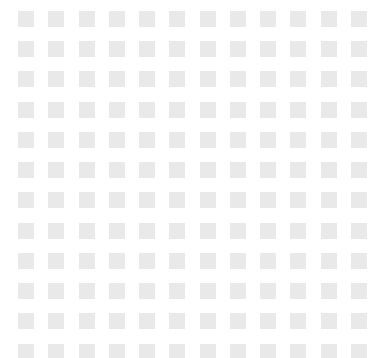
Documenta también muy especialmente los empeños para seguir cooperando en el futuro en proyectos comunes con un elevado nivel científico. Con mucha alegría espero la continuación de esta colaboración.

Quiero expresar mi agradecimiento especial a todos los participantes por su infatigable trabajo durante más de 30 años y les deseo a los lectores una entretenida lectura.

**Prof. Dr. Joachim H. Ullrich**

Presidente

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB



# 02/

¿Para qué medir?

# Un soporte clave para la toma de decisiones en la industria

Durante el proceso de fabricación y ensamblaje de un Boeing 737 –uno de los modelos de mayor impacto en la historia de la aviación comercial– se emplean más de 367 mil partes, fabricadas por cientos de proveedores, de 21 países distintos<sup>1</sup>. Cada uno de ellos comprende cabalmente el significado de las palabras clave en el universo de las mediciones y que se asocia con la Infraestructura de la Calidad: metrología, normalización, ensayos y acreditación.

Con enorme impacto en la economía, el comercio, la salud, la industria, la investigación y la vida diaria, las mediciones requieren de instrumentos y sistemas confiables que le brinden sustento.

Las características de las carreteras, los límites para la velocidad, las dimensiones y pesos de los transportes de carga, los horarios de las líneas aéreas, la seguridad de los

vuelos, el espacio de los asientos, las emisiones vehiculares, el agua embotellada, los filtros solares<sup>1</sup>, los relojes digitales y analógicos, la bomba de gasolina, las básculas (tanto del comercio como las empleadas para pesar contenedores), los medidores de energía eléctrica y de agua, la tecnología para medir glucosa, o ácido úrico en sangre, el viscosímetro que se emplea en calidad de pinturas, los medidores de flujo de gas y petróleo, el equipo de ultrasonido que permite identificar la veta de un yacimiento de plata, todos ellos, y numerosos instrumentos más, arrojan datos que son utilizados para tomar decisiones de importancia.

<sup>1</sup> ¡De acuerdo! La ciencia a tu medida, edición n° 5, Transporte, octubre 2005.



# El Centro Nacional de Metrología, la clave para una industria mexicana competitiva

Para que las mediciones que se realizan en el país sean exactas y puedan dar resultados uniformes y comparables en cada uno de los instrumentos utilizados, México cuenta con el Centro Nacional de Metrología (CENAM), con sus laboratorios dotados de equipos únicos en el país y un grupo de profesionales altamente capacitados.

La uniformidad de las mediciones sólo puede lograrse cuando éstas se realizan con trazabilidad a una referencia común. En México estas referencias son los patrones nacionales que mantiene el CENAM.

El CENAM como instituto nacional de metrología tiene a su cargo la responsabilidad de establecer y mantener esos patrones nacionales de medición, desarrollar y ofrecer servicios metrológicos como calibración de instrumentos y patrones, certificación y desarrollo de materiales de referencia, y brindar asesorías y capacitaciones en todas sus ramas.

Ello implica también anticiparse a lo que vendrá, generando referencias de mediciones en nuevas áreas, como sucede hoy con las telecomunicaciones, la energía solar, los nuevos materiales constructivos, los contaminantes asociados al cambio climático, la inocuidad alimentaria o la insonorización de vehículos, entre un abanico de nuevos desafíos. Con la convicción de que las empresas mexicanas que producen innovación deben contar con mediciones de calidad para poder integrarse en cadenas de valor globales.

El destinatario final de sus actividades es la sociedad en su conjunto. Con mayor eficiencia en el funcionamiento de los mercados, la metrología da soporte a los sistemas de calidad e innovación, impulsa al comercio internacional, la preservación del ambiente y la protección del consumidor. Como organismo descentralizado del gobierno federal, coordinado por la Secretaría de Economía, sus funciones y atribuciones surgen de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización del 1º de julio de 1992.

Pero la necesidad de contar con el CENAM se manifestó tiempo atrás y se remonta a los años 70, inscribiéndose como un hito en esa dirección la creación del Laboratorio de Metrología para la Industria Eléctrica y Electrónica, en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional.

Varios años después, su construcción se materializó finalmente en el municipio de El Marqués, Querétaro –su ubicación actual– siendo inaugurados sus laboratorios el 29 de abril de 1994.



© PTB

El kilogramo, el metro, el segundo, el kelvin, el ampere, la candela y el mol son las siete unidades de base del Sistema Internacional de Unidades (SI). El CENAM ha establecido los patrones de medición para todos ellos, pero además ha desarrollado alrededor de 70 patrones nacionales en áreas como electromagnetismo, frecuencia, fuerza, presión, flujo, volumen, acústica y fotometría, así como sistemas de referencia en mediciones químicas.

Mantiene un estrecho contacto con otros laboratorios nacionales y con organismos internacionales relacionados con la metrología, con el fin de asegurar el reconocimiento internacional de los patrones nacionales de México y, consecuentemente, promover globalmente la aceptación de los productos y servicios del país.

Esta perspectiva tiene como antecedente la entrada de México al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT) en 1986, que enfrentó a las empresas a las reglas del comercio internacional.

No obstante, el nivel de exactitud requerido en las mediciones es cada vez más exigente. Por ejemplo, áreas como el control del tiempo y la frecuencia son de vital importancia, porque de estos depende la calidad de los servicios



Edificio de Servicios Integrales del CENAM en El Marqués, Querétaro

© PTB/Ulises Bravo Olvera

de telefonía y la sincronización en redes de comunicación. Hoy más que nunca las mediciones son fundamentales para la industria, convirtiéndose en sinónimo de rentabilidad, y en requisito *sine qua non* para la integración de las cadenas de valor globales.

El CENAM, siendo el instituto nacional de metrología de México no lleva a cabo actividades regulatorias. La Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento establecen la responsabilidad de la Secretaría de Economía y otros organismos, como la Comisión Nacional de Normalización y la Procuraduría Federal del Consumidor, para aplicar las disposiciones establecidas por la ley.

El CENAM cuenta con un Consejo Directivo integrado por la Secretaría de Economía, los subsecretarios cuyas atribuciones se relacionen con la materia, de las Secretarías de Hacienda y Crédito Público; Energía; Educación Pública; Comunicaciones y Transportes; un representante de la Universidad Nacional Autónoma de México; un representante del Instituto Politécnico Nacional; el Director General del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; representantes de la Confederación Nacional de Cámaras Industriales; de la Cámara Nacional de la Industria de Transformación y de la Confederación Nacional de Cámaras de Comercio.

# El Instituto Nacional de Metrología de Alemania, socio estratégico en la cooperación internacional



Sede del PTB en Berlín

© PTB/Fotografie

El *Physikalisch-Technische Bundesanstalt*, conocido por sus siglas como PTB, es la máxima autoridad alemana en metrología. Se lo considera un precursor del llamado modelo de Triple Hélice, que ve en la vinculación entre la industria, el gobierno y la universidad, la clave para el desarrollo económico y social de los países.

Fue fundado en 1887 por Werner von Siemens (creador de la conocida empresa) y el célebre físico y médico Hermann von Helmholtz, con la finalidad de desarrollar y conservar los patrones eléctricos.

Luego de su fundación, extendió rápidamente su perfil metroológico científico, originando una gama de servi-

cios destinados a la industria, en particular en forma de calibraciones de instrumentos de medición. En la década de 1970, esto condujo a la fundación del *Deutscher Kalibrierdienst* (Servicio de Calibración Alemán), que delegó las tareas de servicio a laboratorios acreditados de gestión privada y permitió que PTB se concentrara en tareas de medición más exigentes.

Con dependencia del Ministerio Federal de Economía y Energía, tiene dos sedes ubicadas en Braunschweig y en Berlín, donde trabajan cerca de 1900 personas orientadas especialmente a la investigación metrológica, la realización y diseminación de las unidades del SI, la metrología legal y la cooperación internacional.

El PTB realiza investigación y desarrollo en estrecha cooperación con universidades, instituciones de investigación e industria, con un presupuesto aproximado de 210 millones de euros.

Desde hace más de 50 años, el PTB aporta su competencia clave a la cooperación internacional y, por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, apoya a países en desarrollo y emergentes en el avance de su Infraestructura de la Calidad. Ésta comprende la totalidad de las áreas de trabajo en metrología, normalización y ensayos, de la gestión de calidad y la evaluación de la conformidad, incluyendo la certificación y la acreditación.

La Infraestructura de la Calidad contribuye de forma esencial al desarrollo económico y social de un país, y al fortalecimiento de la protección del consumidor. Al mismo tiempo, constituye una condición previa imprescindible para el cuidado del ambiente, el desarrollo de energías renovables y un sistema fiable de salud.

El PTB está comprometido con la política de desarrollo del Gobierno Federal Alemán y actúa según los objetivos internacionales, tales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Declaración de París.



Sede del PTB en Braunschweig

© PTB/Fotografie

# 03/

**Primera etapa de la cooperación  
entre CENAM y PTB**



# Cooperación bilateral



© PTB/Fotografie

Firma del Convenio CINVESTAV-PTB. De izq. a der.: Dr. Dieter Kind, presidente PTB, Adolfo Hegewisch, embajador de México en Alemania

En las últimas décadas México y Alemania han mantenido fuertes lazos de cooperación técnica, científica y educativa. La formalización de ese vínculo data de 1974, con la firma del Convenio Básico sobre Cooperación Científica y Tecnológica.

Una serie de instrumentos regulan la cooperación bilateral. En 1977 ambas naciones suscribieron el Convenio de Cooperación Cultural, que incluye aspectos de cooperación científica y educativa. En acuerdos posteriores, se privilegió la cooperación en aspectos vinculados con la protección del ambiente, la optimización de recursos forestales y tropicales, la conservación de la naturaleza, la seguridad nuclear, la identificación de residuos industriales peligrosos y las tecnologías sustentables, entre otros. En 1996 ambos países firmaron un Acuerdo Marco de Cooperación que unifica los criterios de los instrumentos anteriores. Un año más tarde, suscribieron el Convenio de Cooperación Técnica, y en 2007, la Declaración Conjunta México – Alemania denominada “Perspectivas comunes para una cooperación más intensa”<sup>2</sup>.



<sup>2</sup> Secretaría de Relaciones Exteriores de México, 17 de julio de 2018, <https://embamex.sre.gob.mx/alemania/index.php/es/la-embajada/cooperacion-tecnica-cientifica-y-educativa>

## Apertura al mercado global

Ya en el campo de las mediciones, los primeros antecedentes de cooperación se remontan a los años 1980, cuando el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) mantiene contacto con el PTB en busca del aseguramiento metrológico de sus patrones. Tras los primeros contactos, el PTB realizó una visita técnica con el fin de realizar un análisis de la situación nacional en metrología, normalización y evaluación de la conformidad que dio por resultado el establecimiento de un acuerdo formal entre ambos países.

En forma paralela, la apertura de México hacia el mercado global iniciada en 1986 con la entrada al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT), y profundizada con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, obligaron a la industria mexicana a salir del proteccionismo que una política de fronteras cerradas había permitido en las décadas anteriores. Aquellas industrias que deseaban participar en un mercado que se globalizaba con

rapidez necesitaban alcanzar mayores niveles de calidad y contar con los medios adecuados para demostrar a sus clientes que sus productos cumplían con las normas y requisitos técnicos establecidos.

Eso puso de relieve la necesidad de México de disponer de toda una Infraestructura de la Calidad que contemplara la metrología, la normalización, la acreditación y la evaluación de la conformidad.

En la práctica, significó la sistematización y articulación de diferentes entidades, como el instituto nacional de metrología, los organismos de normalización, los organismos de la evaluación de la conformidad y una red de laboratorios secundarios de calibración y ensayos.



© PTB/Fotografie

# Primer acuerdo de cooperación

Tras una serie de negociaciones preliminares, en enero de 1989 se firmó el Acuerdo de Cooperación Técnica en el área de Metrología, Normalización, Ensayos y Aseguramiento de la Calidad entre la Secretaría de Educación Pública (SEP) de México y el Ministerio Federal de Economía (BMWI) de Alemania. Las instituciones ejecutoras designadas en el convenio serían el CINVESTAV, por México, y el PTB, por parte de Alemania.

A lo largo de ocho páginas, la SEP y el BMWI acordaron las bases de la cooperación. El documento contenía un programa de acción sobre cinco líneas prioritarias:

- Elaborar un programa para el mejoramiento de la metrología científica, industrial y legal en México.
- Establecer una relación entre los patrones nacionales del PTB y los existentes en la Sección de Metrología del CINVESTAV.
- Enviar expertos del PTB u otras instituciones alemanas con el fin de brindar asesoría al CINVESTAV.
- Capacitar en metrología y disciplinas afines al personal del CINVESTAV.
- Asesorar al CINVESTAV para la adquisición y envío de equipos para laboratorios metrológicos.

El objetivo central era brindar soporte al que habría de ser el laboratorio nacional mexicano en su fase de instalación, mediante la capacitación del personal (principalmente en el PTB), asesorías por parte de expertos del PTB y apoyo para el equipamiento.

Implementado entre 1989 y 2003, este convenio representó un apoyo total de dos millones de euros<sup>3</sup>, otorgados por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo. Se dividió en 105 meses-persona de capacitación para el personal del CENAM y 12 meses-persona de soporte técnico de parte de expertos del PTB en diversas áreas<sup>4</sup>.

El desarrollo de las actividades y los recursos asignados al proyecto lograron exitosos resultados en el corto plazo<sup>5</sup>, tomando en consideración que el CENAM fue una realidad tan solo cinco años después de la firma del convenio y, para 2003, ya era considerado uno de los principales institutos nacionales de metrología de América Latina.

3 PTB-Mitteilungen 113 (2003); pág 16-26.

4 Echeverría, Seiler, Nava- Jaimes, A case study in technical cooperation Germany - México"; PTB-Mitteilungen 113 (2003).

5 Schroerswarz, R. "Die technische Zusammenarbeit der PTB in Lateinamerika"; PTB-Mitteilungen 113 (2003); PP 16-26.



# Balance de la primera etapa de cooperación

El balance de la cooperación técnica hacia septiembre del 2003 daba saldo positivo, inscribiéndose los siguientes logros:

- Se habilitaron los edificios de la antigua CONAFRUT en Querétaro para crear una infraestructura para los laboratorios, los talleres y oficinas mediante la capacitación y asesoría para la construcción de ciertas áreas.
- Los laboratorios de metrología se encontraban listos para operar.
- Se disponía de un número considerable de personas capacitadas para mantener los patrones del CENAM.
- La parte organizativa había sido organizada de modo tal que podía hacer frente a las tareas previstas.
- Se dio inicio a la prestación de servicios a la industria, el comercio y el sector público.

<b>1989</b>	Acuerdo de Cooperación Técnica en el área de Metrología, Normalización, Ensayos y Aseguramiento de la Calidad entre la Secretaría de Educación Pública (SEP) de México y el Ministerio Federal de Economía (BMWI) de la República Federal Alemana.
<b>1997</b>	Convenio de Cooperación Técnica entre el gobierno de la República Federal de Alemania y el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.
<b>2003</b>	Memorándum de Entendimiento entre el CENAM y el PTB para la metrología científica, industrial, legal y otras áreas avanzadas de la metrología <sup>6</sup> .

Al final de este período, el CENAM había efectuado una participación exitosa en diferentes comparaciones<sup>7</sup> con otros institutos metrologógicos. Entre ellas, las del Sistema Interamericano de Metrología (SIM), para la metrología de vibraciones, al igual que en otras mediciones comparativas con el PTB –como, por ejemplo, en los campos de torque, vacío, fuerza, flujo de líquidos y gases, presión y masa– todas con resultados positivos que permitieron clasificar positivamente la capacidad técnica del CENAM.

El CENAM también fue apoyado y asesorado por el PTB en sus esfuerzos de afiliación internacional, siendo aceptado en 2001 como observador en la 7ª Reunión del “Comité Consultivo para la Cantidad de Sustancia”, del Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM), y como miembro regular, en 2004.

También en virtud del acompañamiento del PTB, el CENAM fue considerado miembro fundador del Comité Consultivo para Acústica, Vibraciones y Ultrasonido en 1998, propuesto en el CIPM un año antes.

Asimismo, desde 1994, el CENAM ha sido miembro de nueve comités técnicos de la *International Measurement Confederation*, a través de la Sociedad Mexicana de Instrumentación. También desde ese año participa en un programa de aseguramiento de la calidad de mediciones ambientales junto con los Estados Unidos y Canadá, promovido por la *National Oceanic and Atmospheric Administration* y durante el período del proyecto ejerció la presidencia del SIM durante varios años.

El CENAM participó en los primeros esfuerzos realizados en el continente americano para promover el reconocimiento mutuo de los sistemas de metrología y acreditación.

<sup>6</sup> Desde entonces, el Memorándum de Entendimiento ha sido renovado regularmente hasta la actualidad.

<sup>7</sup> Cooperación en Metrología PTB/CENAM, PN 1985.2526.3 / 95005.



En el área de Flujo y Volumen del CENAM se realiza la certificación de sistemas de medición

© CENAM

Fue fundador signatario de la *North American Metrology Cooperation*, establecida en 1994 e integrada con posterioridad como la subregión norteamericana del SIM. También en ese año, los organismos de acreditación y de metrología de la región norteamericana establecieron la *North American Calibration Cooperation*, siguiendo el ejemplo de la *Western European Calibration Cooperation* que era la organización regional más avanzada en materia de acreditación en aquella década. Las acciones de colaboración entre el PTB y el CENAM a lo largo de esos años han sido muy numerosas.

Algunas de esas acciones, consideradas dignos ejemplos de cooperación técnica, tuvieron lugar durante los primeros años de construcción del CENAM.

Sin duda contribuyeron con la puesta en marcha de los laboratorios de Flujo y Volumen, Fuerza, Presión y Par Torcional, Viscosidad, Metrología Dimensional, Capacitancia, Resistencia Eléctrica Cuantizada, Tensión y Corriente Eléctrica Alterna, Potencia Óptica, Acústica, Ultrasonido y Vibraciones, y Metrología de Materiales.

# 04/

**Segunda etapa:  
del asesoramiento al  
intercambio**

# Cooperación técnica en la región con el apoyo del CENAM

Después de la finalización del primer convenio, hacia fines de 2003, el CENAM continuó recibiendo apoyo a través de la cooperación técnica del PTB en temas puntuales y mediante fondos de proyectos regionales.

Pero debido al grado de desarrollo que alcanzó el Centro en sus capacidades de medición con el transcurso de los años, inició un camino de colaboración con otros institutos nacionales de metrología (INM) de América Latina y el Caribe en el desarrollo de nuevas capacidades.

Ese nuevo escenario el CENAM, apoyado por el PTB, signó un sinnúmero de asesorías y colaboraciones que lejos de perseguir una retribución económica estuvieron motivadas por la convicción de los especialistas del CENAM de la necesidad de alcanzar en conjunto, entre todos los INM de la región, un estándar elevado en relación con la calidad de las mediciones. Esto incluyó estancias de entrenamiento en el CENAM para personal de otros INM y la provisión de servicios (calibraciones, cursos, asesorías y ensayos de aptitud) en el marco de varios proyectos de cooperación internacional del PTB en América Latina y el Caribe.

Una vez que el personal del CENAM se había capacitado, colaboró con el PTB para transferir esos conocimientos a los técnicos de otros INM de la región, con el apoyo económico del PTB para los traslados y los gastos de estancia. En el lapso 1997–2013 se realizaron 69 estancias de capacitación para expertos de 16 países.

También, brindó asesorías integrales a otros países de la región mediante el programa MESURA.

## MESURA

Mediante el programa MESURA, que consiste en un conjunto de técnicas que permiten su aplicación sistemática y flexible, según las necesidades del usuario, el CENAM ha contribuido con el fortalecimiento de otros institutos nacionales de metrología. Entre ellos:

- Proyecto de Restructuración, Equipamiento y Aseguramiento Metrológico para los laboratorios del *Bureau of Standards Jamaica* (junio de 2006 a julio de 2007).
- Proyecto de transferencia de la metodología MESURA del CENAM al Centro Nacional de Metrología de Panamá (CENAMEP) (noviembre 2008–junio 2009).
- Proyecto de aplicación de MESURA en PYMEs del Uruguay en colaboración del CENAM con el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), (junio–diciembre 2010).
- Proyecto de aplicación conjunta CENAM-CENAMEP para planeación de metrología química en los sectores agua, aire, alimentario y salud (julio 2012–junio 2013).
- Proyecto de fortalecimiento de la Infraestructura de la Calidad para apoyar en la planificación estratégica del Instituto Nacional de Metrología (INM) de Colombia (julio–noviembre 2012).
- Proyecto de transferencia de la metodología MESURA del CENAM al INM de Colombia (agosto–diciembre 2012).
- Proyecto de transferencia de la metodología MESURA *Global Metric*, Grupo Zambrano de Colombia (febrero 2013–agosto 2014).
- Proyecto conjunto CENAM-LATU de aplicación de MESURA para desarrollo local en PYMEs de Uruguay y México (agosto 2015–junio 2016).
- Proyecto de aplicación conjunta de la metodología MESURA con el INM y el Programa de Transformación Productiva (PTP) de Colombia en cadenas productivas del sector alimentario (agosto 2015–marzo 2016).
- Proyecto de transferencia de MESURA al Instituto Nacional de Calidad de Perú y aplicación en empresas de manufactura (enero–abril 2017).
- Proyecto de planeación e implementación de los laboratorios del *Belize Bureau of Standards*, Belice, (marzo–agosto 2019).

# Cooperación científico-tecnológica entre el PTB y el CENAM

Al mismo tiempo, el nivel técnico que alcanzó el CENAM le permitió participar junto al PTB en actividades de cooperación científico-tecnológica entre las que pueden mencionarse investigaciones conjuntas sobre el desarrollo de patrones y métodos de medición, el desarrollo conjunto de materiales de referencia certificados y métodos de referencia, e investigaciones destinadas a medir las propiedades de ciertos materiales.

Algunos ejemplos de esta colaboración han sido:

- Desarrollo de métodos de medición de aniones y cationes a nivel trazas (2009).
- Proyecto entre BAM-PTB-CENAM, sobre “Trazabilidad de análisis de gases basados en espectrometría para mediciones ambientales” (2010).
- Medición de campos ultrasónicos en agua y de potencia ultrasónica en los laboratorios de ultrasonido del PTB (2010).
- Desarrollo de métodos de vibrometría láser para altas frecuencias (2010).

En los últimos años, esta colaboración científica se ha ampliado notablemente, con la participación activa del CENAM en los programas *European Metrology Research Programme* y *European Metrology Programme for Innovation and Research*.

Algunos de los proyectos realizados bajo ese esquema han sido:

- “Estándares primarios para materiales desafiantes”,
- “Herramientas de medición para la gestión inteligente de la estabilidad y la calidad de suministro eléctrico”,
- “Trazabilidad en las mediciones de mercurio”, y
- “Monitoreo y diseminación de la nueva unidad de kilogramo del SI a través de esferas de silicio natural”.



Capacitación sobre el Programa MESURA brindada por el CENAM al Instituto Nacional de Calidad de Perú (INACAL)

© CENAM



# Cooperación triangular y otros proyectos regionales

Los avances realizados por el CENAM lo ubicaron como uno de los institutos nacionales de metrología de referencia en América Latina y el Caribe. Eso le permitió participar en proyectos de cooperación triangular para transferir sus capacidades a la región y beneficiarse del intercambio con otros países del continente en el marco de proyectos regionales. En esta etapa destacan los siguientes proyectos:

- Cooperación triangular Metrología en Gas Natural en América Latina, (2007–2015)
- Cooperación triangular entre México-Alemania-Ecuador-Paraguay para la implementación del proyecto “Fortalecimiento de la Infraestructura de la Calidad”, (2010–2015).
- Participación en el Comité Técnico del proyecto regional *NMI-Metrology User Relations*, (2009–2014).
- Participación en el proyecto regional “Infraestructura de la Calidad para Energías Renovables y Eficiencia Energética en América Latina y el Caribe”, (2011–2016).
- Participación en el proyecto regional “*Capacity Building in Technical and Scientific Organizations Using Regional Experiences and Knowledge (CABUREK)*”, (2016–2018).



Reunión en CENAM por Convención de Minamata destinada a proteger la salud humana y el ambiente de las emisiones y liberaciones antrópicas de mercurio y compuestos de mercurio

© CENAM

# 05/

**Tercera etapa: cooperación  
actual en desarrollo sostenible**

# Energía sustentable y fortalecimiento de la Infraestructura de la Calidad

Desde 2013, la cooperación bilateral entre el CENAM y el PTB se centra en la energía sustentable y el fortalecimiento de una Infraestructura de la Calidad que pueda acompañar la transición energética en México, con servicios competentes y reconocidos.

En los últimos años, el gobierno mexicano implementó varias políticas nacionales para aumentar la participación de las energías renovables en el suministro energético, cuya fuente son principalmente los combustibles fósiles. En el sector de la energía, se han emprendido importantes reformas estructurales para obtener, como mínimo, un 35 % de la producción energética a partir de fuentes de energía limpias para 2024.

Asimismo, en el marco de las negociaciones internacionales en torno al cambio climático, el gobierno de México se ha comprometido a metas ambiciosas para promover las energías limpias y la mitigación de gases de efecto invernadero. No obstante, el gran potencial de la energía solar apenas se aprovecha en el país, entre otros factores debido a la percepción de riesgos tecnológicos y comerciales, los que constituyen una gran barrera para que los desarrolladores de proyectos inviertan en tecnologías solares.

Por tal razón, en diciembre de 2013 comenzó a implementarse el proyecto bilateral “Fortalecimiento de la Infraestructura de la Calidad para energías renovables y eficiencia energética en México” posicionando al CENAM como impulsor del incremento de la oferta de servicios competentes entre las instituciones de la Infraestructura de la Calidad, orientados estos a la demanda, para la aplicación de políticas nacionales en el sector energético vinculadas con energías renovables y eficiencia energética.

El proyecto se desarrolló en el marco del programa alemán-mexicano “Energía Sustentable en México”. Para garantizar que las acciones cumplieran con las políticas mexicanas en materia de energías renovables y eficiencia energética se integró un Comité de Gestión que estuvo conformado por la Dirección General de Normas, la Secretaría de Energía, la Comisión Nacional para el Uso



© Shutterstock

Eficiente de la Energía (CONUEE), el CENAM, la Entidad Mexicana de Acreditación, la Asociación de Normalización y Certificación, A.C., la Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación S.C., Normalización y Certificación Electrónica S.C. y el PTB.

Con una duración de cuatro años (2013–2017), se centró en varios ejes temáticos: el aseguramiento de la calidad de las instalaciones fotovoltaicas, instalaciones termosolares y lámparas LED, el aseguramiento de la calidad de la energía en sistemas eléctricos de potencia, la promoción de sistemas de gestión de la energía y el desarrollo de un departamento de cooperación técnica internacional en el CENAM.

El aporte del CENAM estuvo principalmente dirigido al desarrollo de la infraestructura metrológica primaria y secundaria y la capacitación de laboratorios secundarios.

Durante el transcurso del proyecto se pudieron desarrollar 19 nuevos servicios de la Infraestructura de la Calidad para energía fotovoltaica, termosolar y LED, contando 14 de ellos con reconocimiento internacional.

Por otra parte, también surgió como resultado del proyecto el empleo – por parte de las empresas energéticas – de cuatro nuevos servicios metrológicos del CENAM para monitorear la calidad de la energía.

Asimismo, resultó muy promisorio para el futuro energético de las PYMEs en México el trabajo de introducción a la gestión de la energía. A lo largo de 18 meses, participaron en esa iniciativa 21 empresas, que fueron acompañadas en la implementación de su sistema de gestión de la energía, alcanzando, en promedio, un nivel de incorporación del 70%.

En ese sentido, como resultado del proyecto, se constató un ahorro anual de energía de superior al 57,7 GWh, lo que equivale a 62 millones de pesos mexicanos. De acuerdo con estimaciones de la CONUEE, ese ahorro se podría utilizar para abastecer 32 mil hogares mexicanos durante un año.

Sin embargo, debido a que, al término del proyecto, todavía quedaban servicios de la Infraestructura de la Calidad por consolidar y ampliar, se acordó la continuación de esta colaboración a través de un proyecto bilateral consecutivo, el que está implementándose en la actualidad y que se extenderá hasta 2021.

Para apuntalar la transición energética en México, se debe contar con servicios de aseguramiento de la calidad, ya

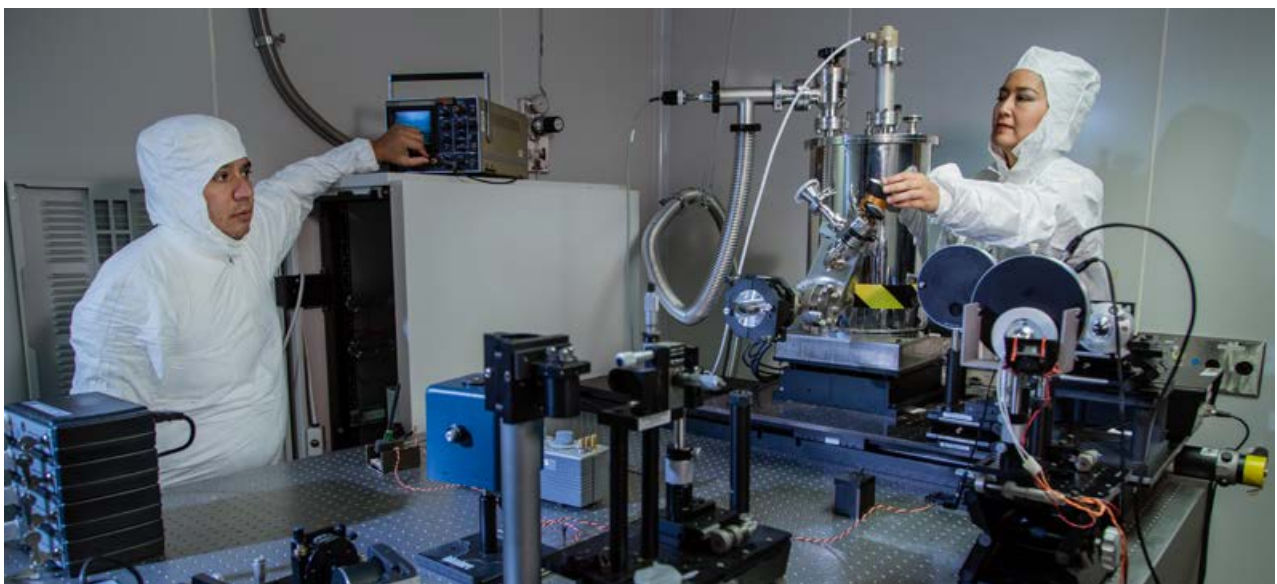
que no resulta razonable exigir criterios de seguridad y calidad en las licitaciones y los programas de fomento si no se cuenta con instrumentos y metodologías que permitan realizar verificaciones fiables.

También es necesario considerar que la constatación del ahorro real de energía y de las posibilidades adicionales de ahorro energético, con vistas a la planificación política, también se sustenta en mediciones fiables y reconocidas a nivel internacional.

Con la implementación de este proyecto se aspira al logro de una mejor tecnología de medición y control, que contribuya además a superar los nuevos retos relativos a la fiabilidad y estabilidad de las redes eléctricas públicas, originados en la creciente incorporación de las energías renovables a las redes de transmisión y de distribución.

Asimismo, se pretende consolidar los servicios de la Infraestructura de la Calidad para energía fotovoltaica y termosolar para toda la cadena de valor en ambas tecnologías, con el fin de asegurar la calidad del sistema instalado completo y apoyar la productividad nacional.

Parte de esa experiencia está siendo transferida a instituciones de la Infraestructura de la Calidad en Cuba y la República Dominicana, en el marco de un componente de cooperación triangular.



Radiómetro criogénico del CENAM, para la realización del Patrón Nacional de Flujo Radiante que se utiliza en la medición de la energía transportada por campos electromagnéticos (potencia óptica). En la foto: Héctor Alfonso Castillo Matadamas, Coordinador Científico – Metrología Física y Anayansi Estrada Hernández, Metróloga.

© PTB/Ulises Bravo Olvera

# Proyectos regionales, con participación de México:

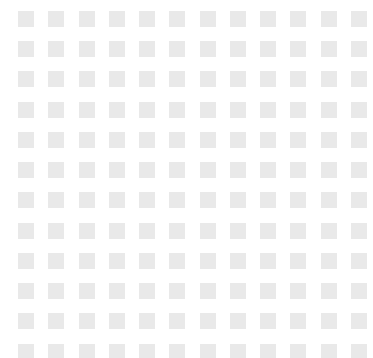
## Innovación en Economía Verde mediante la inclusión de Infraestructura de la Calidad

El proyecto regional del PTB para el lapso 2016–2019 y que cuenta con la cooperación de México, busca mejorar las condiciones para el desarrollo de una Economía Verde en Latinoamérica y el Caribe, al apoyar el desarrollo de servicios de la Infraestructura de la Calidad nuevos y mejorados que sean relevantes para la Economía Verde, definida como una economía baja en carbono, que haga uso eficiente de recursos y sea socialmente inclusiva.

Para apoyar el proceso de transición hacia la Economía Verde en la región, el proyecto se enfoca en tres áreas prioritarias: basado en una evaluación inicial de la necesidad de servicios de la Infraestructura de la Calidad de las partes interesadas de la Economía Verde, las actividades del proyecto promueven la cooperación entre actores de la Economía Verde e instituciones de la Infraestructura de la Calidad, para finalmente apoyar la mejora y el desarrollo de la Infraestructura de la Calidad para la Economía Verde. El enfoque metodológico involucra la consultoría técnica y organizacional, el desarrollo de capacidades y la organización de actividades de sensibilización a nivel nacional y regional, así como procesos de cooperación.

Los servicios de la Infraestructura de la Calidad relevantes incluyen servicios de medición y ensayo para apoyar el desarrollo de nuevas tecnologías, productos innovadores y sistemas de monitoreo. Además, el proyecto fomenta la elaboración de nuevas normas y certificaciones para sistemas de gestión, personas, productos y servicios, y la acreditación de laboratorios de ensayo y calibración, así como de organismos de certificación, inspección y verificación. Posibles ámbitos de intervención podrían estar relacionados con la gestión de residuos y reciclaje, ciudades y construcción sostenibles, movilidad, producción más limpia, cadenas de valor globales y turismo verde.

Un Comité Asesor compuesto por organizaciones regionales de metrología (Sistema Interamericano de Metrología, SIM), normalización (Comisión Panamericana de Normas Técnicas, COPANT) y acreditación (Cooperación Interamericana de Acreditación, IAAC), así como representantes de organizaciones relevantes al campo de la Economía Verde tales como organismos de Naciones Unidas y la Comisión Económica para Latinoamérica y el Caribe (CEPAL), brinda apoyo en la planificación y la implementación del proyecto.



## Biodiversidad y protección del clima

El PTB, por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, impulsó un proyecto denominado “Fondo Regional de Infraestructura de la Calidad para la Biodiversidad y la Protección del Clima en América Latina y el Caribe”, para el período 2014–2021.

Su objetivo es ofrecer nuevos e innovadores servicios para fortalecer las áreas de biodiversidad y clima a través de las capacidades de las instituciones nacionales de la Infraestructura de la Calidad.

La Organización de los Estados Americanos (OEA) participa como contraparte política del proyecto, mientras que las instituciones encargadas de su implementación son el SIM, COPANT y IACC, cuyas organizaciones miembros están directamente involucradas en la ejecución del proyecto.

El proyecto está siendo implementado mediante una estructura novedosa en lo referente a la cooperación internacional, como es la estructura de un fondo regional. Las instituciones nacionales de la Infraestructura de la Calidad presentan propuestas de subproyectos, de manera conjunta, que son evaluadas y elegidas de acuerdo con criterios definidos por un Comité de Gestión del proyecto. CENAM participa en los siguientes subproyectos:

1. Realizar el espectro de radiación en el rango de escala de UV.
2. Asegurar la calidad de mediciones para patrones primarios de gases en calidad de aire – metrología química para emisiones vehiculares.
3. Infraestructura de la Calidad para trazabilidad de las mediciones en gases de efecto invernadero.
4. Desarrollo de metodologías para el análisis de la composición del biogás, estudio de viabilidad de la producción de material de referencia y apoyo a la difusión.

5. Aseguramiento de las mediciones de opacidad en gases de emisión vehicular en Centros de Inspección Técnica Vehicular.
6. Desarrollo e implementación de herramientas analíticas para el aseguramiento de la calidad y la trazabilidad en las mediciones de elementos tóxicos en peces del Amazonas.
7. Metrología para Meteorología y Climatología.



## Energías renovables y eficiencia energética

La OEA, la COPANT, la IAAC, el SIM y el PTB han acordado cooperar en el marco del proyecto regional “Infraestructura de la Calidad para Energías Renovables y Eficiencia Energética en América Latina y el Caribe”. El objetivo de este proyecto es fortalecer las capacidades de las organizaciones regionales de la Infraestructura de la Calidad SIM, COPANT e IAAC y la de sus miembros nacionales para ofrecer servicios en el área de eficiencia energética y energías renovables y promover la coordinación entre las instituciones con el fin de apoyar la implementación nacional y regional de políticas de energía.

Desde fines del 2017 se cuenta con dos componentes subregionales, centroamericano y andino, por las que se apoya de manera especial a las instituciones de la Infraestructura de la Calidad de los países participantes, así como las iniciativas de integración regional.

### Percepción de eficiencia

En México, la percepción de valor que la población otorga a la eficiencia energética como un criterio que decide la compra fue uno de los pilares de la encuesta del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Observaron que, junto con precio y marca, la eficiencia energética tiende a ser el primer criterio de la población al adquirir automóviles y electrodomésticos.







# Calidad, equidad y competitividad



En el laboratorio de Análisis y Certificación de Gases se cuenta con un sistema de análisis de gases con un principio de medición infrarrojo de transformadas de Fourier. Fue realizado en cooperación BIPM-CENAM y apoyado en virtud de la cooperación con el PTB. En la foto: Diana Gabriela Ramírez Flores, Metróloga – Especialidad de Análisis de Gases Puros.

© PTB/Ulises Bravo Olvera

*El mayor impacto macroeconómico de un sistema de unidades bien definido son menores costos de transacción y mejor eficiencia productiva.*

Las actividades que realiza el CENAM han demostrado ser de gran relevancia e impacto, principalmente en tres esferas: la *calidad de vida de la población* (inocuidad alimentaria, diagnósticos y tratamientos médicos, protección del ambiente, seguridad e higiene laboral, en la seguridad en los accesos viales y los espacios públicos), en la *equidad en las transacciones comerciales* (medición de cantidad y calidad de productos y servicios) y en la *competitividad*

*de industrias y empresas* (calidad de productos y servicios, productividad y mejora de procesos, innovación y desarrollo de nuevos productos, desarrollo de equipos especiales).

Muchos de los avances que llegan a la sociedad reflejan el camino transitado, desde los laboratorios de investigación hasta la aplicación industrial.

# MESURA: impulso integral a lo largo de la cadena de valor de las industrias

La metodología MESURA genera un conjunto de recomendaciones para fortalecer los sistemas de medición de la entidad o el sector productivo, a partir de la identificación de los requerimientos de medición de la industria, y el diagnóstico de los sistemas de medición (los equipos, los procedimientos y el personal).

Dos de los problemas más agudos detectados en las primeras interacciones que el CENAM tuvo con sus usuarios fue la falta de una infraestructura metrológica y del conocimiento o experiencia sobre el papel de las mediciones en su desempeño diario.

Como una estrategia para abordar esa problemática nació el programa MESURA que se ha revelado de gran impacto en la industria. Busca reemplazar el enfoque tradicional de asistencia tecnológica por una mirada más sistémica del producto bajo análisis, que incluya no sólo a la empresa consultante sino a toda la cadena de valor.

Para ello genera soluciones innovadoras, al abarcar la etapa de producción, los actores principales, la transformación de los materiales, la comercialización y las normativas vigentes, entre otros aspectos. Emplea un conjunto de técnicas que permiten su aplicación sistemática y flexible.



Para evaluar el desempeño de Laser trackers mediante patrones prototipo, y prestar servicios de medición y caracterización de patrones y prototipos con geometrías complejas el CENAM tiene un laboratorio con ambiente controlado, equipado con un láser Tracker con alcance de medición de 80 m radiales. En la foto: Iván Espinosa Nulutagua, Metrólogo – Especialidad de Forma e Instrumentos Industriales.

© PTB/Ulises Bravo Olvera

La asesoría parte de conocer las necesidades de medición de la industria y las organizaciones científicas y tecnológicas, el fortalecimiento de las mediciones para el control de los procesos y el análisis de la infraestructura metrológica de los sistemas de medición.

El objetivo de esta metodología es ofrecer un soporte interdisciplinario, sólido, para el aseguramiento metrológico de los sectores industriales del país, así como de todo tipo de instituciones académicas, de investigación y de gobierno, que requieran una base confiable que garantice la validez de sus mediciones.

*La primera etapa* consiste en un estudio y análisis de las necesidades industriales a nivel de la línea de producción. En *la segunda etapa*, cada especialista trabaja en las instalaciones de la empresa, en el lugar donde se realizan las calibraciones, mediciones o pruebas, y realiza un diagnóstico más profundo de los sistemas metrológicos, incluidos los equipos, las competencias de recursos humanos, los métodos y procedimientos, y cualquier otra variable de influencia. El diagnóstico conlleva un análisis de brechas entre la situación existente y la deseada.

*La tercera etapa* también es realizada por los metrólogos especializados y consiste en un programa detallado para abordar las brechas en términos de trazabilidad de equipos, capacitación de recursos humanos, validación de métodos, etc. Finalmente, en *la cuarta etapa*, el programa de trabajo lo ejecuta la empresa en estrecha colaboración con el CENAM, según sea necesario.

Uno de los primeros casos exitosos de este programa tuvo lugar entre 1995-1996 y fue protagonizado por un grupo industrial de cervecerías en México, que tomó el programa para sus seis plantas, con resultados altamente beneficiosos.

Dada su probada eficacia, la metodología de MESURA ha sido compartida por el CENAM a otros institutos de metrología de la región, en Colombia, Uruguay, Perú y Panamá.



© PTB/Fotografie

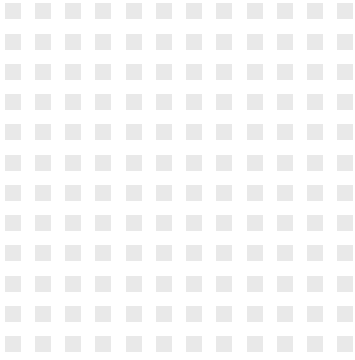
En Colombia CENAM aplicó la metodología de MESURA en el asesoramiento al Programa de Transformación Productiva (PTP) con el fin de determinar la demanda y oferta de laboratorios requeridos para el control de calidad de los productos, y lograr superar barreras técnicas, dando cumplimiento a los estándares de acceso.

Se realizó un diagnóstico en metrología, normalización y evaluación de la conformidad los subsectores lácteos, hortofrutícola, chocolatería-confitería de la cadena de agroalimentos (*Véase experiencias recientes en la industria en los testimonios del capítulo 7*).

*Esta publicación presenta sólo algunos de los trabajos que realiza el CENAM, ya que su propósito central ha sido mostrar los resultados de la cooperación con el PTB.*

*Un equipo de trabajo formado por más de 320 especialistas plantea a diario nuevas estrategias vinculadas con las mediciones, buscando aumentar la calidad y la competitividad de la industria.*





# Redes eléctricas inteligentes: Smart Grids



© Shutterstock

México cuenta con un enorme potencial de recursos renovables y su matriz de generación energética está integrada por una diversidad importante de tecnologías para su correcto aprovechamiento y para hacer más eficiente el Sistema Eléctrico Nacional. Se considera, al día de hoy, que las “redes eléctricas inteligentes” (*Smart Grids*) son el futuro del suministro de electricidad, ya que permiten que los consumidores se conviertan en participantes interactivos de una red de distribución eléctrica.

Al aprovechar su capacidad doméstica de generación, pasan de ser receptores pasivos de electricidad, a ser participantes activos en la cadena de suministro de energía, integrando excedentes de su propia producción eléctrica al sistema eléctrico del país.

Para esto se requiere, entre otras cosas, que puedan registrar su consumo de electricidad en tiempo real.

En México, la capacidad de generación eléctrica del Sistema Eléctrico Nacional vio un aumento sustancial; se registró un incremento superior al 65% entre 2000 y 2015, al pasar de 40 504 MW a 67 703 MW<sup>8</sup>. Durante este período, la participación del sector privado en la capacidad instalada total también aumentó considerablemente; con un crecimiento de 6% al 45%.

En este proceso de crecimiento, el CENAM actúa como referente técnico de la Secretaría de Energía, en el programa de Redes Eléctricas Inteligentes, que tiene como objetivo apoyar la modernización de la Red Nacional de Transmisión y de las Redes Generales de Distribución, para mantener una infraestructura confiable y segura, que satisfaga la demanda eléctrica de manera económi-

<sup>8</sup> Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México, CEPAL, 2018. CEPAL. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43612/1/S1800496\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43612/1/S1800496_es.pdf)

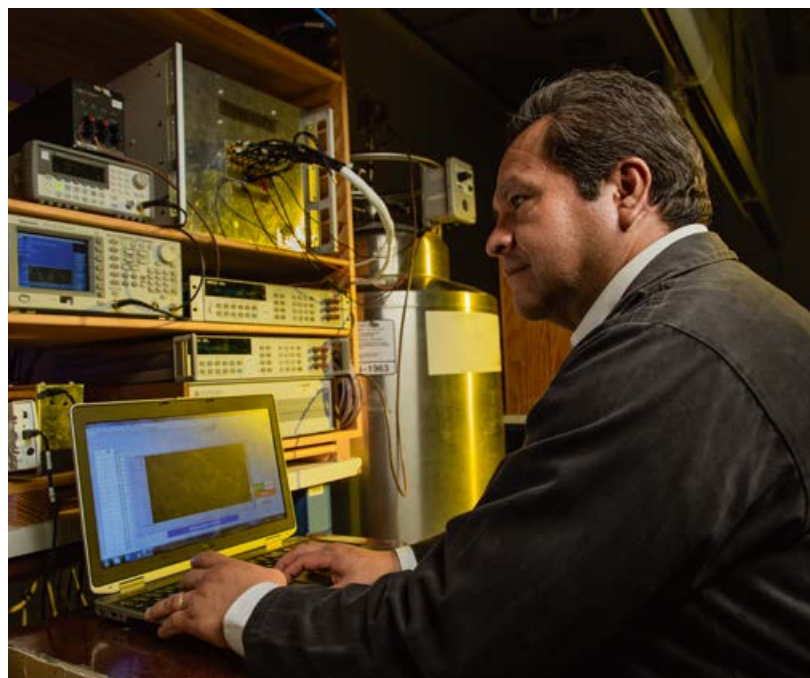
camente eficiente y sustentable. Estas nuevas tecnologías promoverían la reducción de costos del sector eléctrico, la provisión de servicios adicionales a través de sus redes, la energía limpia y la generación limpia distribuida, permitiendo una mayor interacción entre los dispositivos de los usuarios finales y el Sistema Eléctrico Nacional. Los pequeños productores participan a nivel de generación eléctrica distribuida, mientras que los productores de energía con capacidades mayores de 500 kW integran el mercado eléctrico mayorista.

Por otro lado, al ser las energías renovables intermitentes por naturaleza (dependen de la presencia del sol, del viento, entre otros) esas fluctuaciones, que en general afectan la red eléctrica, deben medirse de manera adecuada. El CENAM busca estudiar las tecnologías de medición, aplicables a este tipo de energía, a fin de garantizar las mediciones de flujo de potencia necesarias. Luego, teniendo la información, el Centro Nacional de Control de Energía puede tomar decisiones que le permitan evitar contingencias, como la caída de una línea de transmisión.

Para que la red inteligente sea operativa, también se requiere de una cierta uniformidad de criterios técnicos de medición, con la finalidad de que no prevalezca alguna metodología de medición sobre la otra, lo cual podría ocasionar problemas. Esos criterios son elaborados por el CENAM, que, para asegurar la calidad y la utilización de los mejores métodos, participa y realiza estudios comparativos de métodos de medición sobre redes eléctricas inteligentes con otros países como Argentina, Brasil, Colombia, Chile, recientemente El Salvador, Costa Rica, y también con Estados Unidos y Canadá.

El desafío es que el flujo eléctrico sea continuo, confiable, diverso (que no dependa de una sola fuente de energía) e incluso, en el sentido de que puede compararse la energía de un pequeño productor que genera energía con paneles solares en su casa, o de un inversionista que maneje un gran parque fotovoltaico. Los criterios técnicos para la interconexión son los mismos.

En México desde hace 18 años, la unidad de tensión eléctrica continua, el volt, se reproduce a partir del efecto Josephson en el CENAM. Este es un efecto cuántico que se produce en estructuras superconductoras. En la foto: Enrique Navarrete García, Coordinador Científico – Grupo de Efecto Josephson Programable.



© PTB/Ulises Bravo Olvera

# Patrones de tiempo y frecuencia: sustento indispensable de las nuevas tecnologías

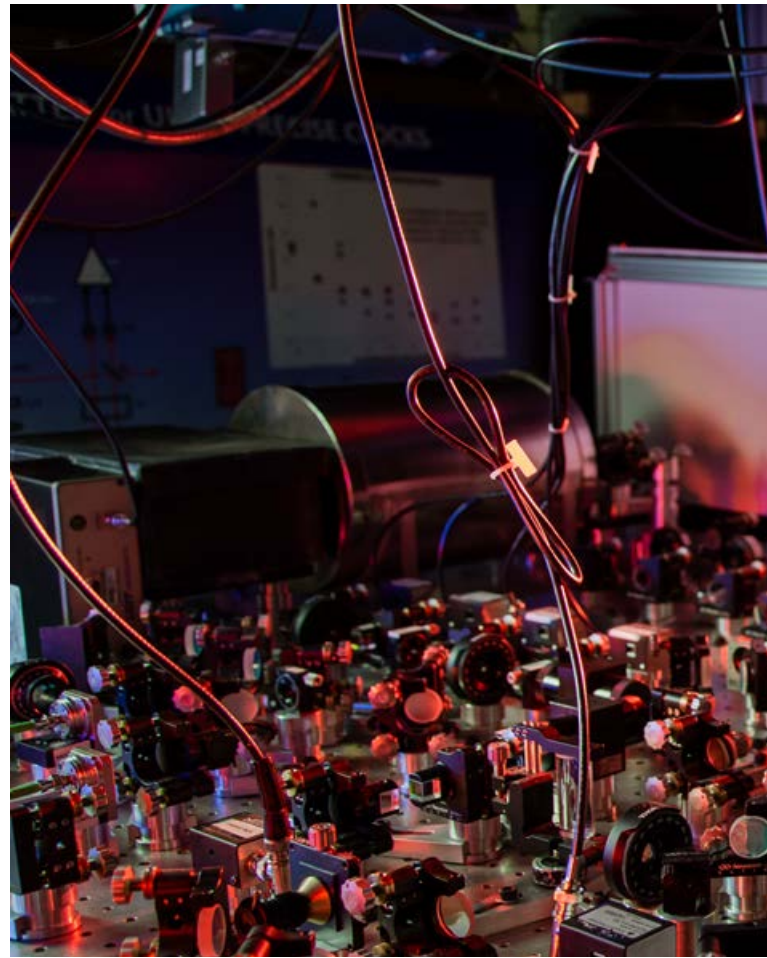
Las telecomunicaciones, los sistemas de navegación y localización, las redes eléctricas inteligentes, los sistemas financieros, las ciudades inteligentes, son algunas de las aplicaciones tecnológicas que requieren de mediciones de tiempo y sincronía de alta exactitud. Muchas de estas aplicaciones están relacionadas con los sectores estratégicos y de seguridad nacional, base del desarrollo de cualquier nación moderna.

Asimismo, las mediciones de tiempo tienen un impacto económico de enorme importancia en la actividad nacional. Solo el sector de telecomunicaciones, cuya operatividad depende de la sincronización de sus redes, generó el 3,5% del Producto Interno Bruto mexicano en 2017<sup>9</sup>.

La Hora Oficial de México se genera en base a la operación de una serie de relojes atómicos ubicados en el CENAM. La variabilidad de la Hora Oficial es cercana a 0,03 millo-nésimas de segundo por año y es independiente de las variaciones en la rotación terrestre.

La sincronización en las redes informáticas actuales es fundamental para su operación, dado que es requisito indispensable determinar cuándo ocurren los eventos en cada aspecto de su gestión (seguridad, planificación y depuración de la red).

La correcta sincronización proporciona un único marco de referencia entre todos los dispositivos de la red. La demanda de sincronía a la Hora Oficial a través del *Network Time Protocol* que brinda el CENAM a través de su servidor de tiempo, ha tenido un incremento exponencial en su demanda, llegando actualmente a 200 millones de peticiones por día.



Adicionalmente, existe un efecto multiplicador en la sincronía con la Hora Oficial. Como muestra, los 99,5 millones de dispositivos móviles que existen en el país<sup>10</sup> son sincronizados a través de las redes de sus proveedores.

En el futuro inmediato, la transición a la industria 4.0 implica el uso de Redes Sensibles al Tiempo (*Time Sensitive Network*). Dependiendo de la ubicación del dispositivo en

9 Instituto Federal de Telecomunicaciones, <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/comunicado62actualizaciondelbit18062017.pdf>

10 Datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), febrero 2018





Fuente atómica o reloj de átomos fríos del CENAM. Se trata de un proyecto de largo alcance que tiene como objetivo la reproducción primaria de la unidad de tiempo. En la foto: Carlos Andrés Ortiz Cardona, Coordinador Científico – Grupo de Tiempo y Frecuencia.

© PTB/Ulises Bravo Olvera

el proceso, el nivel de sincronía requerido podrá estar por debajo de 1 microsegundo. Asimismo, el empleo de redes 5G requerirá de niveles de sincronía que ya no podrán ser cubiertos por los medios tradicionales, como los Sistemas Satelitales de Navegación Global, siendo necesario que estas redes se sincronicen directamente a laboratorios como el CENAM.

El CENAM cuenta con la referencia de tiempo y frecuencia que México requiere para afrontar los retos en la implantación de las nuevas tecnologías, apoyar la metrología primaria, las aplicaciones científicas, así como para el sector productivo y la sociedad en general.

# CENAM contribuye al funcionamiento del sistema Galileo



Antena del Sistema Galileo en CENAM

© CENAM



Receptor satelital del Sistema Galileo en CENAM

© CENAM

Galileo es el programa europeo de radionavegación y posicionamiento satelital desarrollado por la Unión Europea conjuntamente con la Agencia Espacial Europea. Este programa dota a la Unión Europea de una tecnología independiente del GPS estadounidense y el GLONASS ruso. El sistema se pudo poner en marcha el 15 de diciembre del 2016.

La primera estación de monitoreo del sistema Galileo en América se encuentra operativa desde marzo de 2019 en instalaciones del CENAM.

Esto ha sido posible en virtud de la colaboración que mantiene con la Agencia Espacial Mexicana, que a su vez colabora con la Agencia Espacial Europea.

El sistema Galileo está comenzando a funcionar y para ello requiere de estaciones terrenales de monitoreo para verificar su estado de salud.

La elección del CENAM obedece a la valoración de sus capacidades de medición en tiempo y frecuencia – únicas en el país –, con una estabilidad que solo ofrecen los relojes atómicos.

Compuesta de un receptor satelital y una antena, la estación terrestre que está en el CENAM requiere de una referencia de frecuencia muy estable, que el CENAM genera a partir de un reloj atómico de máser de hidrógeno.

Dentro de los términos de la colaboración se ha establecido que los datos que el CENAM obtenga mediante esta estación podrán ser compartidos con usuarios potenciales, como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, por ejemplo, en cuestiones de geología de localización. La condición es que se promuevan fines científicos, no comerciales, para hacer investigación.

El receptor no solamente ve el sistema Galileo, sino que también registra otras constelaciones de satélites como GPS, el GLONASS ruso y el Beidou chino, debido a que por cuestiones de seguridad, se recurre a la redundancia de datos.

# Calentadores y paneles solares: un abanico de servicios para los fabricantes locales

La transformación de la radiación del sol en calor (energía solar térmica) o en electricidad (energía fotovoltaica) son la clave del funcionamiento de calentadores solares y paneles fotovoltaicos. A la hora de aprovechar este recurso renovable, resulta crucial medir la radiación solar que incide en la superficie de la Tierra, tarea que requiere del empleo de instrumentos conocidos como piranómetros. Se trata de sensores diseñados para medir la densidad del flujo de radiación solar, en términos de kilovatios por metro cuadrado, en un campo de 180 grados. El CENAM desarrolló la capacidad de calibrar piranómetros patrón y piranómetros a campo. En virtud de ello, los fabricantes de calentadores solares de agua, al igual que los laboratorios de prueba en México pueden ahora recurrir en el país a este servicio.

Con la intención de cubrir las necesidades prioritarias de los fabricantes de módulos o paneles solares, el CENAM desarrolló también el servicio de clasificación de simuladores solares de área grande (simuladores que miden un módulo completo) bajo la norma internacional UNE-EN 60904-9.

Las industrias etiquetan sus paneles solares, asignándoles un valor de dólares por watt en función de la información que brindan los simuladores solares, de ahí su relevancia. Otro servicio ha sido la calibración de celdas solares de tipo comercial, del tipo que se utiliza para monitoreo en campos de producción. Esas celdas fueron calibradas con trazabilidad al PTB.

En 2019 el CENAM desarrolló un nuevo servicio: la calibración de espectroradiómetros para radiación solar. El espectroradiómetro es un equipo importante dentro de la capacidad de clasificación de simuladores, pero además las empresas que hacen mediciones con celdas solares necesitan asegurar la fuente de emisión de las pruebas e incluso la medición directa del sol (para sol nublado, o despejado).

Los espectroradiómetros son empleados por laboratorios secundarios, en investigación y en la academia, y le brindan al fabricante confiabilidad en las mediciones de las fuentes.<sup>11</sup>

11 Miden la radiación espectral en diferentes rangos



En este laboratorio del CENAM se mantiene al patrón primario para la medición de temperaturas mayores a 961,78 °C que es el origen de la trazabilidad en México para proveer referencias confiables para las mediciones de temperatura por termometría de radiación. En la foto de izq. a der.: David Cywiak Córdova, Metrólogo – Especialidad de Termometría de Radiación y Emisividad, José Efraín Hernández López, Metrólogo – Especialidad de Termometría de Radiación.

# Acústica de la salud, seguridad y ambiente: control activo del ruido en vehículos

El CENAM tiene a su cargo el mantenimiento y la mejora de los sistemas de medición que permiten homologar y dar trazabilidad a las mediciones acústicas que se realizan en el país.

Las áreas de mayor impacto se vinculan con la protección ambiental, la salud y la seguridad. También resultan de relevancia las mediciones acústicas en el sector manufacturero, para control de calidad de productos y acústica de materiales.

Niveles sonoros en el ambiente, ruidos en ámbitos laborales, control de ruido, confort en la industria automotriz, potencia acústica de electrodomésticos, caracterización de materiales para acondicionamiento de recintos, son algunas de las aplicaciones con creciente demanda de ensayos y mediciones.



Las mediciones de acústica tienen múltiples aplicaciones. En la industria automotriz la insonorización de cabinas es una de ellas

# Materiales de referencia para múltiples industrias

El CENAM desarrolla y certifica materiales de referencia. En sus laboratorios se generaron, entre otros, los primeros materiales de referencia de América Latina y el Caribe para la detección de Organismos Genéticamente Modificados en harina de soya.

La importancia de ese desarrollo fue de gran magnitud ya que permitió dejar de importar ese material, lo que significaba mayores costos y tiempos de espera, y el uso de una referencia que no se ajustaba totalmente a las exigencias locales.

Los materiales de referencia certificados son empleados para mejorar la calidad de los productos, optimizar los procesos industriales, reducir costos de producción, y mejorar la competitividad en el mercado.

Para que las industrias puedan alcanzar esos objetivos, el CENAM dispone de diferentes materiales de referencia certificados los que se utilizan principalmente como pa-

trones de medición de cantidad de sustancia y tienen aplicación en el ramo de alimentos, ambiente, salud, industria petroquímica y de cerámicos, entre otros.

También se los usa como referencia de diferentes propiedades, como mecánicas (densidad, viscosidad) y ópticas (reflectancia, transmitancia y absorbancia espectrales, índice de refracción).



Material de referencia del tequila

© CENAM/Axel Becerril



En el laboratorio de Espectrometría de Masas con plasma acoplado se realizan mediciones de elementos químicos a nivel de trazas en metales y sales de alta pureza, y se miden elementos químicos (contaminantes, tóxicos y de carácter nutricional) para la certificación de materiales de referencia de matriz compleja sintética y natural, que son de venta a los usuarios de laboratorios y se emplean en ensayos de aptitud. En la foto: (de izq. a der.): María del Rocío Arvizu Torres, Supervisora del Grupo de Espectrometría de Masas, Edith Valle Moya, Coordinadora Científica – Grupo de Espectrometría de Masas, Dirección General de Metrología de Materiales.

© PTB/Ulises Bravo Olvera

## Exportación de aguacates, con garantía de calidad



© Shutterstock

México es el principal productor y exportador de aguacate en el mundo. Provee el 93 % de los aguacates que se consumen en Japón, el tercer importador más importante de aguacate mexicano, después de Estados Unidos y Canadá.

En ese contexto, el reciente desarrollo por parte del CENAM de un material de referencia de plaguicidas significa un aporte de gran importancia en el plano de las exportaciones, la calidad y la competitividad del sector productor y comercializador de aguacate fresco en el país.

Esto contribuye a mejorar la certeza de calidad y la comparabilidad de las mediciones de plaguicidas que realizan los laboratorios que proporcionan servicio al sector productor de aguacate, con lo que se sustenta la calidad del producto para su aprobación y aceptación a nivel mundial.

Por este desarrollo, el CENAM recibió el tercer puesto del Premio Nacional de Administración Pública 2017.

De acuerdo con estimaciones del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, uno de cada tres aguacates que se consumen en el mundo proviene de México.

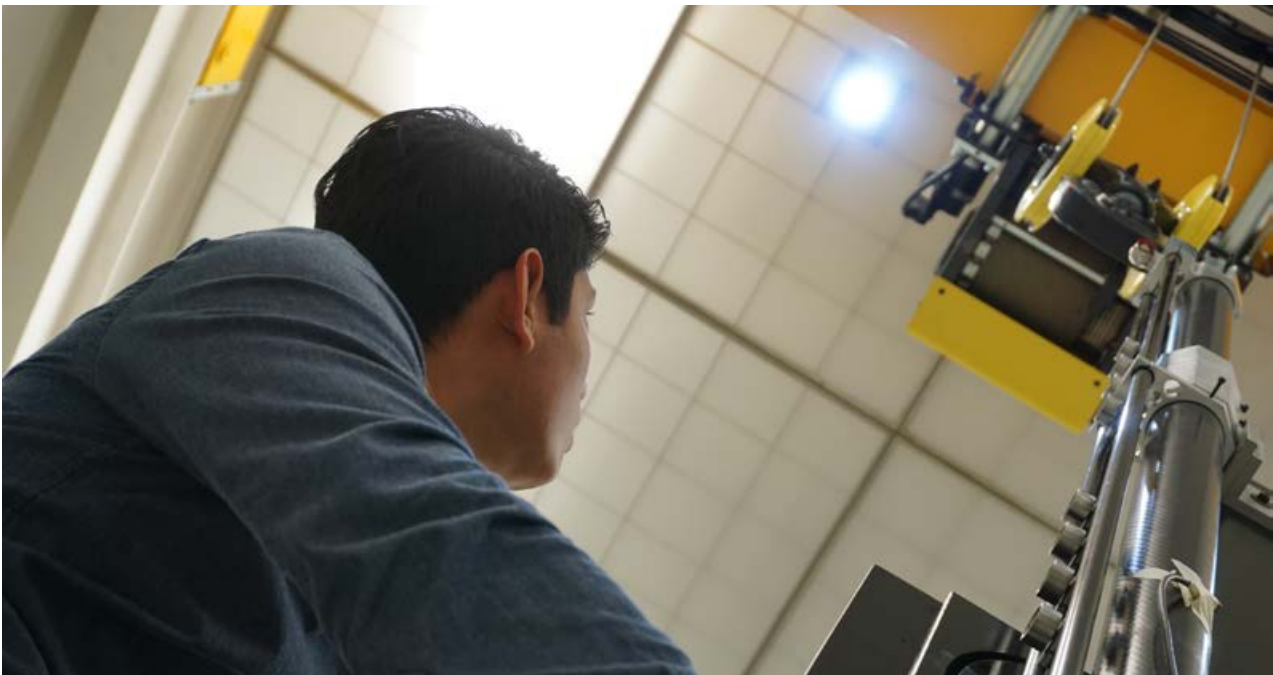
# Metrología legal, para garantizar la seguridad de los ciudadanos

Dentro de los servicios que ofrece el CENAM, tanto a empresas como a entidades gubernamentales, se encuentra un universo de mediciones que se relacionan con lo que se conoce como metrología legal. Esta se ocupa de asegurar las mediciones relacionadas con la ley y el comercio, de proteger al consumidor, al ambiente y a la sociedad en general.

Las balanzas y medidores de luz y agua son las más populares, pero no las únicas. Por ejemplo, ante la necesidad del gobierno de la Ciudad de México de tener una certeza en las mediciones de velocidad que registran los equipos de radar al determinar la velocidad de los automóviles que circulan en la Ciudad de México y el Estado de México, el CENAM puso a punto los métodos necesarios para evaluar y calibrar esos dispositivos.

También participa en lo referente a garantizar la exactitud en los servicios de distribución de hidrocarburos –en colaboración con la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO) y la Dirección General de Normas– en la aprobación de los instrumentos y sistemas que se utilizan para el despacho de gasolina y otros combustibles líquidos dentro del territorio nacional. Una vez que los fabricantes obtienen la aprobación de sus modelos, la supervisión de su adecuado funcionamiento es efectuada por PROFECO y la Gerencia de Unidades de Verificación de la Entidad Mexicana de Acreditación.

Adicionalmente, participa en los ensayos requeridos para cargar contenedores en los buques transportadores de carga. La última enmienda al Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida en el Mar (Convenio SOLAS), establece que la documentación que debe acompañar a la carga debe incluir información precisa respecto a la masa bruta verificada. La participación del CENAM hizo posible su cumplimiento.



El CENAM brinda entrenamiento técnico en el mejor uso de la máquina de medición por coordenadas (MMC) y en el aseguramiento de la calidad de las mediciones que en ella se efectúan, de gran importancia para la verificación de la calidad de productos y servicios. En la foto: Iván Espinosa Nulutagua, Metrólogo – Especialidad de Forma e Instrumentos Industriales.

© PTB/Ulises Bravo Olvera

# Nanotecnología en industria y gobierno



La implementación de métodos de identificación y cuantificación genética es un campo emergente en el CENAM para el desarrollo y certificación de materiales de referencia destinados a la industria de alimentos, la salud y el ambiente. En la foto: Mauricio Maldonado Torres-Metrólogo; Melina Pérez Urquiza – Directora General de Metrología de Materiales; Esther Castro Galván – Supervisor Técnico del Grupo de Bioanálisis; Ángel Ramírez Suárez – Catedrático CONACYT; Osiris Lizbeth García Maldonado – Estudiante de Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable.

© PTB/Ulises Bravo Olvera



La nanotecnología es utilizada cada vez más en diferentes industrias y productos. Vidrios autolavables, pinturas anti-graffiti, mecanismos de administración localizada de fármacos, envases comestibles y telas que repelen las manchas son sólo algunas de las aplicaciones recientes.

Tomando en consideración su gran impacto económico, además de tecnológico, el CENAM trabaja en la puesta en marcha de la infraestructura requerida a fin de brindar soporte a la industria y a las necesidades de la sociedad. El objetivo principal de las nanotecnologías es el desarrollo de soluciones novedosas, –en la industria y la esfera gubernamental–, en aplicaciones vinculadas con la salud, el ambiente y la seguridad.

Para ello, trabaja en la puesta en marcha de una infraestructura de medición confiable y comparable en la nanoescala, intervalo abarcado entre 1 nm (milmillonésima parte de un metro) y 100 nm.

En ese marco, el CENAM ha sido designado para coordinar, junto con la Secretaría de Economía, un Comité Técnico de Normalización Nacional en Nanotecnología, que está integrado por representantes de los sectores académico, gubernamental e industrial. Su finalidad es asegurar que materiales, productos, procesos y servicios sean adecuados a su propósito en lo relativo a la nanotecnología.

Hacia fines de 2012, dicha Secretaría emitió los “Lineamientos para Regulaciones sobre Nanotecnologías para Impulsar la Competitividad y Proteger al Medio Ambiente, la Salud y la Seguridad de los Consumidores”. En ese contexto, el CENAM elaboró las normas mexicanas, de carácter voluntario, para las nanotecnologías y la atención al

Comité Técnico ISO 229 *Nanotechnologies*, principal desarrollador de normas internacionales sobre la temática.

Entre las primeras actividades llevadas a cabo por el CENAM para las nanotecnologías se encuentra el desarrollo de capacidades para determinar el tamaño y distribución de tamaño de partículas en la nanoescala, mediante un equipo de dispersión dinámica de luz. Con estas capacidades se logró la participación exitosa en comparaciones entre laboratorios promovidas por el *Asia-Pacific Metrology Programme*.

El CENAM es además integrante del Consejo Técnico Académico de la Red Temática de Nanociencias y Nanotecnología del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Uno de sus proyectos emblemáticos ha sido la creación del Sistema Nacional de Nanotoxicología, un consorcio de laboratorios capacitados para realizar diversas pruebas toxicológicas en nanomateriales, atentos a la oferta de materiales de referencia confiables producidos por el CENAM.

Con el fin de armonizar los métodos de medición y para que los laboratorios del país produzcan resultados equivalentes –requisito indispensable para brindar soporte la competitividad de la industria y preservar la salud humana y el ambiente–, el CENAM organizó hacia fines de 2018 un estudio de intercomparación, en el que participaron 13 laboratorios.



# Mediciones de caudales: precio justo y sostenibilidad de los procesos

Los múltiples procesos de transferencia del dominio de fluidos valiosos demandan el uso de sistemas de medición de caudal con características metroológicas especiales para cumplir con los cada vez más exigentes requisitos, tal como sucede por ejemplo con la infraestructura energética e hidráulica.

La identificación de fugas de líquidos o su extracción ilícita puede también ser comprobada mediante el uso continuo de sistemas de medición.

Desde 1996 el CENAM dispone del patrón nacional para Flujo de Líquidos que es usado como el origen de la cadena de trazabilidad en las mediciones de caudal de líquidos, brindando cerca de 350 servicios de calibración a instrumentos de medición de caudal provenientes de la industria mexicana.

Provee de trazabilidad a los sistemas de medición de caudal instalados en las industrias del petróleo, petroquímica, de generación de energía eléctrica, de transporte y distribución de agua, de cerveza, de alimentos y textil, entre otras.



El Laboratorio de Flujo de Gas del CENAM estableció el patrón de flujo volumétrico de gas en el intervalo de medida de 0,8m<sup>3</sup>/h a 6500 m<sup>3</sup>/h, ampliando en más del 300 % sus capacidades de medición. Con este patrón se podrá atender alrededor del 80 % de la demanda actual de servicios de calibración del sector transporte y distribución de gas natural, y de laboratorios secundarios que antes se calibraban fuera del país. En la foto: Carlos Ochoa Díaz, Metrologo – Especialidad Flujo y Volumen.

© PTB/Ulises Bravo Olvera

Los usuarios de este servicio buscan asegurarse de que sus instrumentos midan de manera adecuada las cantidades del fluido que manejan. Y que esas mediciones sean realizadas con un nivel de duda, o incertidumbre, tan pequeño como sea posible.

Los motivos suelen ser principalmente dos: medir bien las cantidades de fluido para pagar el precio justo, o velar por la calidad de los procesos productivos y la sostenibilidad de los procesos.

Otra aplicación específica suele ser el control de emisiones en gases. ¿El fin? Verificar que esas emisiones no sobrepasen los límites establecidos en las normas ambientales.



Representantes del sector energético en visita al CENAM

© CENAM

# Uso de sensores en industria automotriz: hacia el auto inteligente



El CENAM dispone de un laboratorio instrumentado para aplicaciones de movilidad, confort y seguridad automotriz donde se realizan mediciones acústicas, de velocidad y de posicionamiento (GPS).

© PTB/Ulises Bravo Olvera

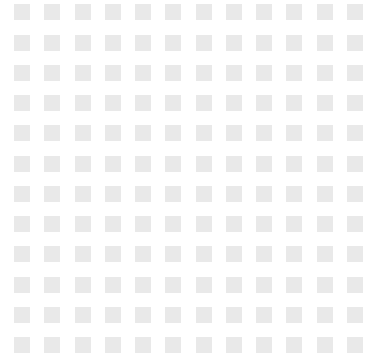
La industria mexicana se ha posicionado entre las primeras del mundo en la producción y exportación de automóviles. Las mediciones juegan un papel fundamental en esa dirección y para que los fabricantes puedan mejorar la competitividad, necesitan resolver localmente los desafíos que vienen de la mano de la innovación.

Estos desafíos suelen aparecer a lo largo de cada una de las etapas de los procesos de diseño y producción, como la selección y optimización de materiales, el diseño geométrico y dimensional, la fuerza y resistencia de los componentes, la evaluación de componentes y sistemas, el control del proceso de fabricación (sellado, montaje, estampado, pintura), y el funcionamiento del sistema (seguridad, energía, velocidad, ruido de vibración, emisiones), entre otros.

Las nuevas tecnologías de medición apuntan a lograr ciclos más cortos y efectivos. Entre ellas se destacan:

- Técnicas microscópicas avanzadas para el análisis de materiales: nanotecnología, composites, polímeros, aleaciones especiales.
- Métodos ópticos para mediciones dimensionales en línea y en tiempo real, sin contacto, en chasis, componentes.
- Técnicas de pruebas no destructivas que permiten una mayor seguridad, como ultrasonido, rayos X, líquidos penetrantes fluorescentes. Logran verificaciones en tiempo real, aplicables, por ejemplo, a soldaduras. También se emplea la termometría infrarroja para inspección y mantenimiento de vehículos.
- Técnicas de escaneo láser para el análisis experimental y control de ruido.
- Pruebas de componentes para autos eléctricos.

Junto con esas tecnologías, que ya están revolucionando los procesos de diseño, desarrollo, ingeniería y fabricación, una tendencia importante es el empleo de sensores de medición, en especial en los nuevos desarrollos que acompañan el camino hacia el auto inteligente. Se prevé que su empleo impacte en la seguridad y confiabilidad, el rendimiento y eficiencia, el confort y el lujo de los nuevos vehículos.



El CENAM dispone de un laboratorio de nuevas tecnologías para el desarrollo de sistemas de medición dinámica, que hace posible la obtención de productos de mayor calidad en menor tiempo. En la foto: Luis Felipe Osegueda Morales, Metrólogo - Servicios profesionales en Acústica y Aldo Adrián García González, Metrólogo - Especialidad en Acústica y Vibraciones.

© PTB/Ulises Bravo Olvera

07/

**Testimonios**

## “CENAM tiene que crecer a la misma velocidad que la industria, y el país va a crecer en la medida en que la industria, y CENAM, crezcamos”

La trayectoria del CENAM se ve reflejada en su interacción con la industria y demás usuarios. Por ese motivo, un puñado de protagonistas resumen en este espacio su experiencia.



**José Arnulfo del Toro**

Director General de Ingeagro de Occidente  
Ex Director General de Innovación y Desarrollo, Secretaría de Agricultura de México

© José Arnulfo del Toro

*“En el área de la Agricultura Protegida, con gran desarrollo en México, el CENAM puede apoyar y contribuir al establecimiento de normas de calidad para certificar y verificar la calidad de los plásticos y mallas utilizados en este sistema de producción”.*

**¿Qué tipo de asistencia ha recibido del CENAM durante su desempeño en la Secretaría de Agricultura y, luego, como empresario, ¿con qué resultados?**

El CENAM ha jugado un rol muy importante en apoyo a la Secretaría de Agricultura en diferentes áreas. Entre ellas:

- En la generación de parámetros que permiten establecer las normas para etiquetado de alimentos frescos.
- En la generación de materiales de referencia para frutas y hortalizas, permitiendo con ello consolidar a México como un país líder en la exportación de productos frescos, o bien ayudando en la resolución de controversias con países compradores en temas de contenido de partículas (herbicidas, materiales pesados y otros residuos) permisibles.
- El CENAM puede contribuir de manera valiosa en el campo de fabricación, exportación e importación de fertilizantes químicos, de gran demanda en la agricultura, estableciendo métodos y parámetros de análisis

para medir la calidad y cantidad de los ingredientes activos.

- En la determinación de parámetros que permitan normalizar y regular con eficiencia la fabricación y comercialización de biofertilizantes, con una demanda creciente en la agricultura orgánica.

**Los servicios del CENAM, ¿cómo pueden contribuir a hacer más competitiva la industria, especialmente en el área donde usted se desarrolla?**

En el área de la Agricultura Protegida, con gran desarrollo en México, el CENAM puede apoyar y contribuir al establecimiento de normas de calidad para certificar y verificar la calidad de los plásticos y mallas utilizados en este sistema de producción. Se tienen que medir y estandarizar parámetros físicos y químicos tales como calibres, porcentajes de sombra, luminosidad, eficiencia en el manejo de rayos UV e infrarrojos, durabilidad y degradación de los materiales.

Por otro lado, se requiere el soporte para el establecimiento de normas y parámetros de normas que midan y verifiquen la calidad de los recubrimientos galvanizados en los aceros utilizados en la fabricación de estructuras para invernaderos, macro túneles y casas mallas.

**¿Qué aportes valora del CENAM en lo referente al comercio?**

Entendiendo la metrología como ciencia de las mediciones correctas y estandarizaciones con métodos, procedimientos y parámetros, tiene una importancia vital para el desarrollo de los países y sus gobiernos por las relaciones comerciales e industriales que se establecen en el interior y con otros países. De esta forma, CENAM juega un rol preponderante como entidad de gobierno en el establecimiento del control de contenidos, calidad y seguridad de productos y servicios que se producen y comercializan. De esta manera contribuye con México haciéndolo más competitivo y serio en el ámbito internacional.



© Antonio Sierra Gutiérrez

**Antonio Sierra Gutiérrez**  
 Director de Condumex  
 S.A. de C.V.  
 Centro de Investigación  
 y Desarrollo CARSO

*“Si utilizáramos instrumentos o equipos no calibrados, no podríamos reproducir resultados en la planta a nivel industrial, y las pérdidas de dinero por retrabajos o por ajustes serían enormes. Esta es una de las razones que demuestran que el tipo de servicios ofrecidos por el CENAM aportan a la competitividad de las empresas”.*

**¿Qué tipo de asistencia ha recibido del CENAM a lo largo de su carrera y, ahora en CARSO-Condumex, y con qué resultados?**

Por parte de CENAM hemos recibido trabajos relacionados con servicios, capacitación y proyectos. En todos los casos los resultados han sido satisfactorios.

Aun cuando, entiendo, no es vocación del CENAM llevar a cabo la calibración de instrumentos y patrones para uso en la industria, a nosotros nos han ayudado desarrollando metodologías que permitan hacerlo en casa. En ocasiones, por la especialización de algún tipo de equipo o instrumento, no habíamos conseguido una empresa que realizara la calibración, y el CENAM en esos casos nos ha ayudado.

En el caso de la capacitación, de igual manera, nos ha apoyado en la preparación de nuestra propia gente con todo el rigor metrológico.

Finalmente, en la parte de proyectos, nos han demostrado cómo se puede trabajar en equipo y lograr las fechas de entrega con la calidad y alcance especificados.

**Los servicios del CENAM, ¿cree que aportan a la competitividad de la industria o, en particular, a la industria que usted representa? ¿Le han abierto alguna puerta o posibilidad de mercado?**

Por supuesto que los servicios prestados por CENAM ayudan a la competitividad de la industria. De hecho, han rea-

lizado una labor muy importante en la parte de obtener una cultura que relacione la metrología con la competitividad.

Por el tipo de industria con la que trabajamos, el entregar productos dentro de especificación es fundamental. O lo hacemos o no nos compran.

Entonces, en todas las plantas, contamos con departamentos encargados de asegurar que todos los instrumentos, equipo y maquinaria estén calibrados, y de tener desarrollados o desarrollar los métodos que se requieran para cumplir este requisito.

Todas las unidades de negocio están certificadas bajo las normas de sistemas de gestión, los laboratorios están acreditados ante la Entidad Mexicana de Acreditación y, para obtener y mantener dichas certificaciones y acreditaciones, se debe demostrar la calibración de los equipos e instrumentos utilizados para la fabricación de nuestros productos.

En el caso de CIDEDEC, que es el área de investigación y desarrollo, es fundamental tener calibrados todos los equipos e instrumentos utilizados durante el desarrollo de nuestra tecnología.

Una vez desarrollado el producto o el proceso, debemos transferir a la unidad de negocio dicha tecnología y, para que sea “aceptada” por dicha unidad, debemos entregar toda la información que permita reproducir a nivel industrial tal desarrollo.

Si utilizáramos instrumentos o equipos no calibrados, no podríamos reproducir resultados en la planta a nivel industrial, y las pérdidas de dinero por retrabajos o por ajustes serían enormes. Esta es una de las razones que demuestran que el tipo de servicios ofrecidos por el CENAM aportan a la competitividad de las empresas.

Tenemos ejemplos donde el mostrar la fortaleza del uso de los servicios como los de CENAM ha ayudado a obtener negocios, por supuesto sumado a una serie de elementos adicionales que conforman la competitividad (instalaciones, gente, el sistema de gestión en sí, la localización de las instalaciones y, lógicamente, el precio, la calidad y el servicio).



### ¿Qué aspecto resaltaría de la labor y trayectoria del CENAM?

El primer aspecto a mencionar es la cercanía con el cliente (con el usuario), no hay otra manera de ser exitoso (y el CENAM lo es) que estar cerca del cliente para poder identificar sus necesidades y cumplir con lo que se requiere. En algunas ocasiones nosotros, como clientes, hemos solicitado un servicio y, a través del conocimiento de la necesidad por parte de CENAM, nos han ofrecido algo distinto, pero que es más adecuado a lo que requerimos.

Un segundo aspecto importante es su gente, no podría decir la totalidad porque no lo sé, pero la gente con la que nosotros hemos tenido contacto, todos han demostrado que son expertos y profesionales en su tema, y que están dispuestos a compartir lo que saben para la solución de un problema, a través de un servicio o de un proyecto.

El tercer aspecto es el de sus instalaciones, en este punto quizás se tengan que mostrar más agresivos para la actualización y mantenimiento de equipos en la punta de la tecnología, porque su misión así lo requiere. Me parece, sin conocer muchos laboratorios de este tipo en el mundo, que el CENAM es “altamente presumible” tanto en nacionales como en internacionales.

En mi experiencia, por la vinculación que hemos tenido con CENAM y por lo que concluyo de pláticas con otras industrias, la trayectoria de CENAM ha sido excelente, siempre cerca de la industria y sin descuidar el carácter científico de la disciplina.

**En conmemoración del XX aniversario del CENAM, usted declaró en una entrevista que “los retos están en satisfacer las necesidades de crecimiento del mercado. CENAM tiene que crecer a la misma velocidad que la industria, y el país va a crecer en la medida en que la industria, y CENAM, crezcamos”. ¿Sigue sosteniendo esa idea hoy?**

Yo creo que sigue siendo vigente, pero ahora tenemos una variable adicional en el escenario, que es el de la famosa cuarta revolución industrial, el uso de técnicas de inteligencia artificial, el uso y explotación de toda la plataforma de automatización que nos dejó la tercera revolución industrial, el Internet de las cosas, tanto industrial como el relacionado con la “vida diaria” en la casa, el automóvil, la calle, la explotación del “big data”. Toda esta transforma-

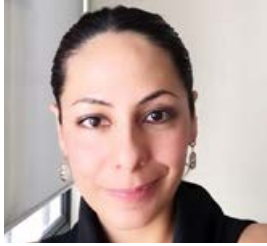
ción digital debe ser también adaptada, adoptada y utilizada en los servicios que ofrece el CENAM, siempre con la variable de la velocidad requerida.

### Usted ha sido usuario del programa MESURA. ¿Qué puede decirnos sobre su utilidad para la industria?

El programa MESURA me parece que ha sido el mejor ejemplo de colaboración entre distintos centros de Investigación y Desarrollo públicos con la industria, donde los recursos siempre fueron compartidos, evitando duplicidades, y cubriendo los requisitos de tiempo y calidad en todos los casos.

En nuestro caso, tenemos varias colaboraciones donde trabajamos con MESURA y considero que ha sido el mejor programa que he visto, desde la óptica de administración de proyectos. El seguimiento a las tareas para cumplir los objetivos y el compromiso de todos los involucrados ha sido un ejemplo de cómo se deben hacer las cosas y de que el empeño y tesón, con trabajo en equipo, valen la pena.





© Mildred Castro Hernández

**Mildred Castro Hernández**  
Directora General de  
Energía e Industrias  
Extractivas; Secretaría de  
Medio Ambiente y Recursos  
Naturales de México

*“Consideramos indispensable que las diversas instancias gubernamentales que tienen a su cargo la formulación de políticas públicas y las disposiciones normativas que las siguen, trabajen de manera conjunta con el CENAM para hacer los estudios prenormativos de factibilidad técnica para darles sustento”.*

### **¿En qué consistió la asistencia que le brindó CENAM?**

El CENAM es, por excelencia, el laboratorio nacional de referencia en materia de metrología, por lo que su asistencia o contribución en la formulación de los instrumentos normativos, en este caso, en materia de calidad del aire, ha radicado en el apoyo para establecer la certeza técnica de los instrumentos y los métodos utilizados en la medición de las emisiones atmosféricas contaminantes provenientes de las fuentes fijas y móviles. El soporte del CENAM ha permitido asegurar su exactitud, y con ello proporcionar certidumbre, tanto en las transacciones comerciales entre los que ofrecerán un servicio de medición, por ejemplo, las Unidades de Verificación o los Centros de Verificación Vehicular, como entre los usuarios finales de dicho servicio, es decir, los particulares que llevan su vehículo automotor a dicho centro para su verificación, a partir de la cual, reciben un holograma que los faculta para circular, dependiendo de los valores de sus emisiones, los que deben, por definición metrológica, ser certeros. El fin último de las políticas ambientales es, en este caso, proteger la calidad del aire y, con ello, tutelar la salud de la población. Esto sería imposible sin la certeza técnica que da el CENAM.

### **¿Abarcó las áreas de metrología legal, científica, o industrial?**

En el caso de los instrumentos normativos en los cuales he sido coordinadora en su formulación o modificación, normas oficiales mexicanas (NOM) –de carácter obligatorio– y normas mexicanas (NMX) –de carácter voluntario– se abarcó la metrología legal, la cual, como

en el caso de la metrología científica o industrial, nos sirvió para establecer en dichos instrumentos el conjunto de operaciones para llegar al valor de una magnitud, desde la definición de las variables o parámetros a medir, pasando por el método de medición y concluyendo con el procedimiento de medición.

En muchas NOMs en materia ambiental, de salud, industrial, entre otras, se establecen los procedimientos para llevar a cabo la medición de alguna o varias magnitudes, por lo que la metrología legal no sólo es necesaria, sino indispensable en la formulación de cada instrumento normativo.

### **¿Puede describirnos cómo se articuló el proceso?**

Por ley y por cuestiones inherentes a la evolución de la tecnología en sus diferentes vertientes, es necesario modificar los instrumentos normativos, pues no son estáticos en el tiempo, sino dinámicos en virtud de los cambios tecnológicos que se vayan dando. Así, en varios de los instrumentos normativos en materia de calidad del aire, se ha detectado que carecen del soporte metrológico correspondiente cuando sin el marco de referencia que la metrología proporciona, ningún instrumento normativo sería factible. Muchas políticas públicas, instrumentadas a través de disposiciones normativas, se abordan desde los pilares político, social, económico, ambiental y técnico, por lo que con nuestra interacción con el CENAM descubrimos un enfoque integral para abordar estos retos en su componente metrológico, pero con visión integral, y esto fue el programa MESURA.

### **¿Qué puede decirnos desde su experiencia con el programa MESURA?**

El programa MESURA es un instrumento metodológico excelente, diseñado e implementado por el CENAM para abordar los problemas o retos de medición, pero desde la perspectiva del usuario. MESURA ofrece al sector industrial y a otras organizaciones un servicio metrológico integral, es decir, un soporte sólido y efectivo que garantizará la validez de sus mediciones enfocadas al logro de sus objetivos.

Con respecto a otros centros de metrología, que tienen sólo una lista de servicios de calibración, capacitación o asesoría y prescriben sin conocer al sector usuario, el CENAM tiene MESURA y con ello primero analizan al

sector usuario en todo su entorno, intereses, circunstancias y demás, para entender su organización, sus objetivos y procesos. Se analiza la cadena de valor y se evalúa cómo la medición puede contribuir a agregar valor a lo que hacen.

El CENAM, con MESURA, provee un portafolio de opciones en metrología, con el cual, cada empresa, organización o sector se puede apropiarse de determinadas tecnologías de mediciones que agreguen valor a lo que hacen, cuyo fin es que sean competitivos en su ramo, a la vez de ser sustentables y económicamente viables.

Con MESURA, el CENAM se ha posicionado como un instituto nacional de metrología innovador en la forma de acercarse a la población y organizaciones, que son su razón de ser, a nivel internacional.

**Como parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, ¿cree que otros organismos gubernamentales podrían beneficiarse de la asistencia del CENAM, en especial antes de fijar nuevas normativas o regulaciones vinculadas con la tecnología y las mediciones?**

Consideramos indispensable que las diversas instancias gubernamentales que tienen a su cargo la formulación de políticas públicas y las disposiciones normativas que las

siguen, trabajen de manera conjunta con el CENAM para hacer los estudios prenormativos de factibilidad técnica para darles sustento. De inicio, el nacimiento del CENAM se concibió para apoyar el sistema metrológico nacional y, por tanto, ser la columna vertebral del sistema técnico que soporta las decisiones de tipo industrial, comercial y legal. Un objetivo claro fue promover la aceptación de los productos comerciales y servicios que se le proporcionan al usuario final en México, lo mismo que deben ser certeros en sus resultados.

Como he mencionado, la importancia de la metrología radica en que, sin su marco de referencia, cualquier instrumento normativo que establezca la medición de algún parámetro, variable o de algún procedimiento de medición, etc., carecerían de certidumbre. Es preciso agregar que la certeza técnica que es soportada por el CENAM contribuye de manera contundente e insustituible a la confianza que es necesaria en cualquier sociedad o comunidad económica para generar riqueza, bienestar y tranquilidad a la población.

En conclusión, el CENAM es un apoyo necesario e indispensable en el quehacer normativo y de políticas públicas.



**Guillermo Aguirre Esponda**  
Aguirre Innovation  
Director General

© Guillermo Aguirre Esponda

*“El programa MESURA permitió al CENAM un muy positivo acercamiento a la industria, tanto nacional como global, instalada en el país, ofreciéndole esquemas para instalar y desarrollar sus capacidades para medir, caracterizar y mejorar sus procesos productivos”.*

**Por su vasta experiencia como funcionario del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México y, hoy, cómo consultor en innovación, ¿cuál cree que es la utilidad del CENAM?**

El CENAM es una institución clave para el progreso y el crecimiento económico del país. Durante su evolución ha tenido brillantes iniciativas, tales como el programa MESURA, que le permitió un muy positivo acercamiento a la industria, tanto nacional como global, instalada en el país, ofreciéndole esquemas para instalar y desarrollar sus capacidades para medir, caracterizar y mejorar sus procesos productivos.

En su colaboración con otros centros tecnológicos y de investigación, el CENAM se ha significado por el desarrollo de protocolos e instrumentos patrón para medir procesos tan cruciales como el flujo de petróleo que se vende en el país. Su aportación al crecimiento del país se verá favorecido con el acercamiento con la industria, el establecimiento de estándares de medición y caracterización de materiales, procesos, variables de la industria.



© Jorge Vázquez Murillo

**Jorge Vázquez Murillo**  
 Director de Investigación  
 y Desarrollo  
 Continental

*“El CENAM ha sido un aliado estratégico para Continental, ha mostrado apertura como proveedor de servicios tecnológicos y de investigación. Adicional, en su visión encuentra de alto valor los trabajos colaborativos”.*

**¿Qué tipo de asistencia ha recibido del CENAM y con qué resultados?**

Para el Centro de Investigación y Desarrollo de Continental México, la colaboración con el ecosistema externo (Industria, Academia y Gobierno) es de gran relevancia, ya que a través de estas interacciones se habilitan condiciones que permiten el desarrollo económico, de talento y tecnología en nuestro país.

El CENAM ha sido un aliado estratégico para Continental, ha mostrado apertura como proveedor de servicios tecnológicos y de investigación. Adicional, en su visión encuentra de alto valor los trabajos colaborativos.

**Los servicios del CENAM, ¿cómo pueden contribuir a hacer más competitiva la industria, especialmente en el área donde usted se desarrolla?**

En el contexto industrial, ha desempeñado un papel importante para identificar oportunidades (con el enfoque mencionado) y conectarlas con los actores relevantes, de tal manera que puedan concretarse en resultados de alto impacto.

Ejemplo de ello es la colaboración multiparte entre la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, el CENAM y Continental con el objetivo de realizar actividades de investigación y desarrollo tecnológico, convirtiendo la pista de aterrizaje que se ubica en el campus aeropuerto de la UAQ, en un laboratorio vivo que permite llevar a cabo pruebas dinámicas automovilísticas, lo que generará un ecosistema que fomente la tecnología, formación de recursos humanos y publicaciones conjuntas.

Enhorabuena por sus 30 años de servicio a la industria y sociedad mexicana, sigamos construyendo la movilidad del futuro desde México.





**Wilhelm Kosegarten Gallagher**  
 Director Aseguramiento de la Calidad Componentes Volkswagen de México

© Wilhelm Kosegarten Gallagher

*“En la central de Calibraciones de Volkswagen de México se han desarrollado en conjunto con el CENAM, un Patrón Primario de Par Torsional y un banco para la calibración de aceleración por impacto. Con estos desarrollos CENAM-VWM, la calibración de patrones se realiza de forma interna evitando altos costos y riesgos de transporte por calibraciones en el extranjero”.*

#### **¿Qué tipo de asistencia ha recibido Volkswagen de México por parte del CENAM y con qué resultados?**

La asistencia por parte de CENAM siempre ha sido muy gratificante, desde el servicio de calibración de patrones hasta el asesoramiento y fabricación de sistemas de medición de gran precisión.

Por otra parte, cabe destacar que la mayoría de los metrologos especialistas que laboran en Volkswagen de México (VWM) han sido formados tanto en la técnica como en la teoría dentro de los programas de capacitación del CENAM.

#### **¿Puede darnos su opinión sobre el programa MESURA?**

El programa MESURA ha sido un programa clave para que al menos dos de los laboratorios de calibración de VWM obtuvieran su acreditación basados en la norma NMX-CC-17025 y, aún más, se establecieran nuevos criterios para asegurar la calidad de los resultados a través de ensayos de aptitud con científicos del CENAM.

#### **¿Qué aspecto resaltaría de la labor y trayectoria del CENAM?**

La labor del CENAM ha sido mantener los patrones primarios de tal forma que nos sigue asegurando la trazabilidad nacional, y esto ha traído grandes beneficios económicos a la industria mexicana. Algo que se debe resaltar del CENAM es el impulso en el desarrollo de tecnología propia en participación con la empresa. Por ejemplo, en la central de Calibraciones de VWM se han desarrollado en conjunto con el CENAM, un Patrón Primario de Par Torsional y un banco para la calibración de aceleración por impacto. Con estos desarrollos CENAM-VWM, la calibración de patrones se realiza de forma interna evitando altos costos y riesgos de transporte por calibraciones en el extranjero (Alemania).



© Enrique Velázquez

**Enrique Velázquez**  
Rector  
Universidad de Sonora

*“Gracias a la colaboración que mantenemos con el CENAM impulsamos que la asignatura de metrología esté explícitamente en los planes de estudio. No es posible realizar investigaciones de alto nivel, y por lo tanto publicar en revistas de prestigio y de alto factor de impacto, si no seguimos los estándares de medición que nos piden las organizaciones internacionales”.*

**Desde la Universidad de Sonora, ¿Qué importancia cree que se le atribuye al CENAM?**

Quizás el ejemplo que más impacto tiene en el ciudadano común la labor que realiza el CENAM son los análisis clínicos, pero también en actividades cotidianas, como pueden ser ir a comprar carne o verdura a los supermercados, el cliente va a estar seguro de que está pagando por la cantidad justa. Lo mismo en gasolina, electricidad y agua.

La ciencia básica es el pilar fundamental del conocimiento. A partir de la ciencia básica es que podemos hacer tanto desarrollo tecnológico como investigación aplicada.

Es un hecho bien establecido que toda ciencia depende de mediciones, particularmente las ciencias exactas. De ahí que la metrología es fundamental.

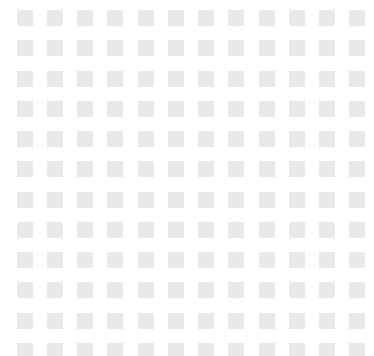
**¿De qué manera se han vinculado con el CENAM?**

Gracias a la colaboración que mantenemos con el CENAM impulsamos que la asignatura de metrología esté explícitamente en los planes de estudio.

Impacta fuertemente en nuestras tres funciones sustantivas: en la parte docencia, porque pretendemos que nuestros alumnos egresen ya con esta cultura metrológica que consideramos que en este momento no se tiene en todos los ámbitos que se requiere en el país.

En la parte de investigación, no es posible realizar investigaciones de alto nivel, y por lo tanto publicar en revistas de prestigio y de alto factor de impacto, si no seguimos los estándares de medición que nos piden las organizaciones internacionales, y finalmente la vinculación, pues ahí está el servicio directamente brindado a las industrias.

Y respecto al centro de asistencia metrológica, ya hemos acreditado, gracias a la colaboración con el CENAM, varias de las pruebas de laboratorio que ofrece el CAM (ver CAM UNISON). Esto ha permitido la generación de proyectos con la industria de la región a partir de los cuales tenemos fondos. Con esos recursos podemos mejorar nuestra infraestructura y la calidad de nuestros laboratorios de tal manera que se vuelve un círculo virtuoso.





**Álvaro Alejandro  
Marroquín Mora**  
Director General  
Alma Labs

© Álvaro Alejandro Marroquín Mora

*“Desde 2004 hemos contratado los entrenamientos en metrología de fibra óptica ofrecidos por CENAM a través del programa MESURA. CENAM nos ha transferido también el desarrollo de patrones que usamos para calibrar equipos, dentro y fuera de México”.*

**¿Cómo se desarrolló la colaboración CENAM-Alma Labs para lograr la confiabilidad en las comunicaciones por fibra óptica de nuestro continente?**

Los principales especialistas de Alma Laboratorios S.A. de C.V. (*Alma Labs*) iniciamos nuestra carrera profesional en 1998 en la industria de Telecomunicaciones por Fibra Óptica con la oficina en México de la empresa *Wandel & Goltermann* de Alemania. Adquirimos los conocimientos tecnológicos en las fábricas de equipos de medición ubicados en Alemania, Inglaterra, Francia y Estados Unidos, y desarrollamos la experiencia en atención a clientes en todo el continente americano. Esto posibilitó que en 2006 tomáramos la decisión de emprender y fundamos la empresa *Alma Labs*.

Desde 2004 hemos contratado los entrenamientos en metrología de fibra óptica ofrecidos por CENAM a través del programa MESURA, que apoyaron el desarrollo de procesos de mejora continua en los servicios de calibración que ofrecemos a nuestros clientes dentro y fuera de México.

Es muy importante mencionar que desde entonces CENAM nos suministra el servicio de calibración para nuestros equipos patrones, que nos permite cumplir con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización de México en cuanto a la trazabilidad de mediciones a patrones nacionales.

Considero que la labor más destacada del programa MESURA es que ha permitido abrir canales de comunicación entre los especialistas técnicos de *Alma Labs* y de CENAM logrando la tan anhelada vinculación industria-academia.

**¿Puede mencionar algún resultado del servicio recibido del CENAM?**

Algunos resultados han sido la transferencia de tecnología de CENAM hacia *Alma Labs* y hacia nuestros clientes, por ejemplo, el desarrollo de patrones de calibración de OTDR, que usamos para calibrar equipos en *Alma Labs* y en 10 laboratorios de la Comisión Federal de Electricidad a nivel nacional; además de apoyar el desarrollo de tecnología propia en *Alma Labs*, como por ejemplo el desarrollo del patrón de Latencia para calibración de analizadores de comunicaciones Ethernet, que no existía en el mercado internacional. Ambos desarrollos aportan servicios de calibración de calidad para la confiabilidad de las comunicaciones por fibra óptica en nuestro continente.



© Martín Arriaga Alberto

**Martín Arriaga Alberto**  
Manager Technology  
Induction Technologies  
de México

*“Los beneficios del programa MESURA han sido de un buen éxito, ya que este programa apoya desde la concepción del proyecto hasta la elaboración y producto terminado; con este programa nosotros hemos podido dar pasos más certeros en la creación e innovación de máquinas por inducción y otros proyectos, pero siempre con el respaldo de CENAM”.*

#### **Como PYME metalmecánica ¿quiénes son sus principales clientes?**

*Induction Technologies de México* es una empresa 100% mexicana; nuestro principal sector de atención y servicio es el área automotriz, donde les brindamos soporte a empresas como Nexteer, Federal Mogul, Tekfor, GKN Drive-line, Tremec, Dana, CIE Matic, entre otras.

#### **¿Qué tipo de asistencia han recibido del CENAM y con qué resultados?**

La asistencia que hemos recibido por parte del CENAM son asesorías en implementaciones de máquinas de temple por inducción en la fabricación de semiejes para flechas automotrices, en las cuales, con los doctores e investigadores, nos han aportado soluciones de otro nivel.

El equipo de CENAM nos apoya en el asesoramiento de las mejores soluciones para la implementación e innovación de dichas máquinas que elaboramos y que mantenemos en constante evolución.

Este asesoramiento es de manera presencial y con las pruebas y tecnología que mantiene el CENAM, y esto nos da la confiabilidad y certeza de fabricar equipos de la mejor calidad y tecnología.

#### **¿Puede decirnos qué beneficios le ha aportado a Induction Technologies el programa MESURA? ¿Qué diferencial tiene esta metodología?**

Los beneficios del programa MESURA han sido de un buen éxito, ya que este programa apoya desde la concepción del proyecto hasta la elaboración y producto terminado; con este programa nosotros hemos podido dar pasos más certeros en la creación e innovación de máquinas por inducción y otros proyectos, pero siempre con el respaldo de CENAM.

Este asesoramiento consiste en un equipo multidisciplinario en el cual, con sus expertos y los de la empresa, buscan las mejores opciones tecnológicas de nuestros equipos, esto para que contemos con la tecnología más fiable del mercado, pero a su vez contribuir en el desarrollo de equipos tecnológicos en el mercado mexicano.

#### **¿Los servicios del CENAM, cree que aportan a la competitividad de la industria, o en particular a la industria que usted representa? ¿Le han abierto alguna puerta o posibilidad de mercado?**

Definitivamente con los servicios del CENAM y el programa MESURA, que, con el apoyo del equipo multidisciplinario, son una excelente oportunidad para nosotros los empresarios que nos dedicamos a la innovación y generación de tecnología.

Esto realmente abre las puertas al mercado para el involucramiento con nuevos clientes potenciales o incluso con otras ramas de la industria.

Esto, como empresa de *Induction Technologies de México*, nos da confianza, ya que contamos con el respaldo de CENAM.

Como comentario final, hay que mencionar que el respaldo de CENAM y la interacción que han tenido con *Induction Technologies* ha sido exitosa, ya que el desarrollo de los equipos de temple por inducción está en constante evolución y nosotros como empresa siempre buscamos esta innovación dentro del mercado.

Agradecemos las aportaciones de CENAM como institución de apoyo para la tecnología, investigación y desarrollo.





© Gerardo Arredondo Aceves

**Gerardo Arredondo Aceves**  
 Director General  
 Ingeniería y Mecatrónica,  
 S.A. de C.V.

*“Los servicios del CENAM no solo han ayudado a mejorar nuestra oferta comercial, sino que han permitido que se fabriquen en México centros de maquinados CNC de gran formato con nuestra marca DYNAMACH, orgullosamente mexicana”.*

### **Como pyme metalmecánica ¿quiénes son los principales clientes de INMEC?**

Fundamentalmente, servimos a varios sectores; a otros talleres PYMEs con máquinas de control numérico, a empresas que requieren moldes y troqueles. A instituciones de educación superior a través de máquinas de Control Numérico Computarizado (CNC) y servicios de capacitación y entrenamiento. Algunas empresas grandes en áreas de automatización de procesos de manufactura.

### **¿Qué tipo de asistencias ha recibido del CENAM y con qué resultado?**

Debido a que nuestro negocio central es el diseño, construcción y pruebas de centros de maquinado a CNC de gran formato, con nuestra marca registrada DYNAMACH, es decir, máquinas que tienen más de 4 metros por 3 metros, resulta indispensable comprobar condiciones geométricas, revisión de velocidades y modos de vibración; por estas razones la asistencia técnica de CENAM ha sido crucial para nuestra operación.

### **Tal vez una PYME podría creer que el CENAM se centra en dar respuesta a empresas de gran porte. Por su experiencia ¿qué diría al respecto?**

En nuestro caso se puede comprobar que las actividades de CENAM auxilian con gran impacto a las PYMEs a través de programas de capacitación y entrenamiento, como MESURA, el servicio y/o asesorías en diseño y manufactura de máquinas.

### **Los servicios del CENAM, ¿cree que aportan a la competitividad de la industria, o en particular de la industria que usted representa? ¿Le han abierto alguna puerta o posibilidad de mercado?**

Claro que los servicios del CENAM no solo han ayudado a mejorar nuestra oferta comercial, sino que han permitido que se fabriquen en México centros de maquinados CNC de gran formato con nuestra marca DYNAMACH, orgullosamente mexicana.





© Olga Lucía Pesca

### **Olga Lucía Pesca**

Ejecutiva de Calidad, Programa de Transformación Productiva, PTP, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia

*“Dentro del trabajo que hicimos con CENAM incluimos la transferencia de la metodología MESURA al Instituto Nacional de Metrología de Colombia”.*

#### **¿Qué significó el programa MESURA, cómo lo aplicaron las industrias, y con qué resultados?**

El programa de Transformación Productiva promueve la competitividad de la industria en Colombia y es un programa del Ministerio de Industria y Turismo.

Promovemos que la industria pueda aprovechar los tratados de libre comercio que ha suscrito el país. En este sentido, una de las líneas estratégicas del Programa es Calidad.

Y en Calidad lo que hacemos es, por un lado, trabajar con las empresas de alrededor de 15 sectores productivos de la economía colombiana para que implementen los estándares de calidad que exigen en los mercados internacionales a los que queremos llevar los productos.

Por otro lado, trabajamos con toda la Infraestructura nacional de la Calidad, es decir, con el organismo de acreditación, con el instituto de metrología, con los laboratorios, con los certificadores, con la entidad de normas técnicas para que desarrollen la oferta de servicios que requieren esos sectores productivos.

Se trata de los siguientes sectores: Químicos (química básica; plásticos y pinturas; cosméticos y aseo; farmacéuticos); Agroalimentos (cacao y sus derivados; frutas y sus derivados; cafés especiales y derivados del café; alimentos procesados); Industrias 4.0 (software, TI, BPO, KPO e ITO); Turismo (del bienestar y de la naturaleza); Metalmeccánica (industrias del movimiento; industrias para la construcción); y Sistema moda. A nivel nacional agrupan a más de 28 mil empresas que generan alrededor de 1,2 millones de empleos y corresponden al 60% de las exportaciones del país.

Lo primero que teníamos que hacer hace 4 años, cuando Colombia estaba trabajando la Política Nacional de Desarrollo Productivo, era ver cuáles eran los requisitos para los productos en esos mercados de interés y evaluar tanto cómo estaba la industria como la infraestructura de calidad.

Colombia no contaba con una metodología apropiada que nos permitiera llegar a los resultados que queríamos. Hicimos una revisión internacional y por el conocimiento que tenía del Programa MESURA (porque ya conocía el CENAM) entendimos que era la metodología más apropiada.

Sin embargo, por los recursos que teníamos, solo podríamos aplicar la metodología en tres sectores, que son hortofrutícola, cacao-chocolatería y lácteos. No obstante, el objetivo del país en la política pública es que implementemos esa misma política para todos los demás sectores productivos.

Dentro del trabajo que hicimos con CENAM incluimos la transferencia de la metodología MESURA al Instituto Nacional de Metrología de Colombia.

Igualmente, en la Política Nacional de Desarrollo Productivo quedó incluido que tomaríamos como modelo la metodología MESURA para aplicarla como modelo siempre que un sector productivo del país tuviera necesidad de conocer tanto los requisitos de calidad como el estado actual de la industria en Colombia y de la Infraestructura de la Calidad.

Con la aplicación de MESURA el CENAM nos dejó una cantidad de recomendaciones sobre las brechas encontradas que para nosotros son la ruta que debemos seguir para lograr superar las barreras que tenemos de acceso a los mercados.

En las recomendaciones que nos deja MESURA van desde modificaciones que tenemos que hacer sobre la regulación, para armonizarla con los estándares internacionales, así como las estructuras de laboratorios que nos hacen falta, las capacidades y la competencia técnica que debemos desarrollar para cumplir con lo que exigen esos mercados.

Esa es una ruta de trabajo-país que tenemos que desarrollar. Y dos de las recomendaciones principales eran la

formación del capital humano del Organismo de Acreditación de Colombia en temas de metodologías de ensayo, materiales de referencia, cuando van a evaluar laboratorios para acreditar, así como formar a la gente que está en los laboratorios de ensayo de alimentos en Colombia, pues los expertos del CENAM detectaron varias debilidades.

En ese sentido, ya realizamos este año el primer curso con expertos del CENAM, y estuvo dirigido a los evaluadores del organismo de acreditación. Y estamos ahora contratando cursos en otros temas para fortalecer esas capacidades de los laboratorios.

### **¿Están empleando en Colombia un programa similar a MESURA?**

La respuesta es sí. Porque el trabajo incluyó la transferencia de la metodología desde el CENAM a Colombia. Fue capacitado un grupo que acompañó a los expertos del CENAM y aprendieron la metodología. El año pasado hicimos ya la primera aplicación del programa y lo hicimos en Tilapia, en la región del Huila.

### **¿Qué rol cree que cumple CENAM en relación con México y otros países de América Latina y el Caribe?**

El CENAM es uno de los institutos de metrología más importantes a nivel mundial, con mayores desarrollos, además que sirve de referencia para muchos países, en especial de América Latina. Creo que el hecho de la cercanía con los Estados Unidos, la dependencia de la economía de México con ese mercado, han hecho que el CENAM se convierta en referente para los países que estamos en camino de la competitividad para el acceso a mercados tan exigentes como ese.

El CENAM, además de ser referente, es apoyo para los demás países que estamos apenas conformando la Infraestructura nacional de la Calidad.

Los expertos del CENAM son gente con una competencia técnica muy alta, reconocida a nivel mundial. Por lo tanto, los países buscan estar en el CENAM y hacer pasantías y aprender de los laboratorios y los expertos que tienen allá, como traerlos a los países para darnos asistencia técnica en muchísimas áreas. Formación incluso de las otras entidades de calidad, formar gente de los organismos de acreditación, de los institutos de normas, prestar servicios

de asistencia técnica a nivel estratégico-país, para tomar decisiones de temas de política pública en temas de competitividad, en donde la calidad es la base.

El CENAM tiene una fortaleza bastante grande en metrología química, que estimo que es un tema que requieren el 90% de los sectores productivos. En Colombia se ha desarrollado muy bien la metrología física, pero en química apenas estamos empezando, y el CENAM ha sido un referente muy importante, sobre todo por la facilidad de compartir el mismo idioma, y con una experiencia muy reconocida a nivel internacional.

Contar con la infraestructura que por ejemplo tiene el CENAM requiere tiempo, mucha inversión, y decisión del alto gobierno. Entonces creo que es de resaltar que gracias al impulso que le han dado a lo largo de todos estos años al CENAM es que el país ha logrado posicionar los sectores productivos en mercados tan exigentes como Japón, Estados Unidos, y la Unión Europea. Los productos mexicanos cumplen los estándares altos de calidad que exigen en sus mercados, camino que nosotros ahora estamos empezando. Por eso el CENAM es una referencia muy importante, por la experiencia que ya tienen.

Un ejemplo a destacar es el aguacate Hass. Colombia apenas lleva un año, después de un trabajo de diez años de admisibilidad fitosanitaria, y por fin logra que el producto sea aceptado en el mercado de Estados Unidos.

Derivado de la aplicación del estudio de MESURA que hicimos en Colombia aprendimos muchísimo sobre cómo México logró y ha mantenido la aceptación de la calidad del aguacate Hass mexicano. Entonces fue muy importante recibir toda la información y la experiencia que ellos nos dieron.

# Pie de imprenta

## **Editado por**

Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
Bundesallee 100  
38116 Braunschweig  
Germany

## **Responsable**

Dra. Marion Stoldt  
+49 531 592-9300  
marion.stoldt@ptb.de  
www.ptb.de/9.3/en

## **Contenidos**

Claudia Mazzeo

## **Comité editorial**

Salvador Echeverria Villagomez  
Carmen Marina Trejo  
Susanne Wendt  
Sabine Thomas

## **Gráficos**

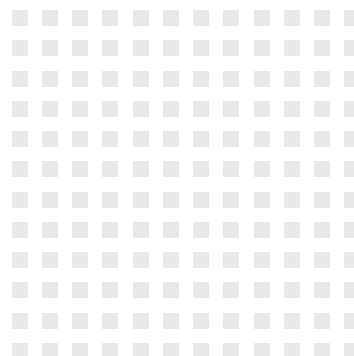
Jenko Sternberg Design GmbH

## **Imagen de portada**

© iStock

## **Edición**

Abril 2019











# Contacto

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Cooperación Internacional

Dra. Marion Stoldt

Tél +49 531 592-9300

Fax +49 531 592-8225

[marion.stoldt@ptb.de](mailto:marion.stoldt@ptb.de)

[www.ptb.de/9.3/en](http://www.ptb.de/9.3/en)