



SIMPOSIO METROLOGÍA

La metrología, la productividad y el desarrollo económico



Octubre 27, 28 y 29
Santiago de Querétaro, Qro., México



Un posible escenario de la metrología en los próximos años en el CENAM

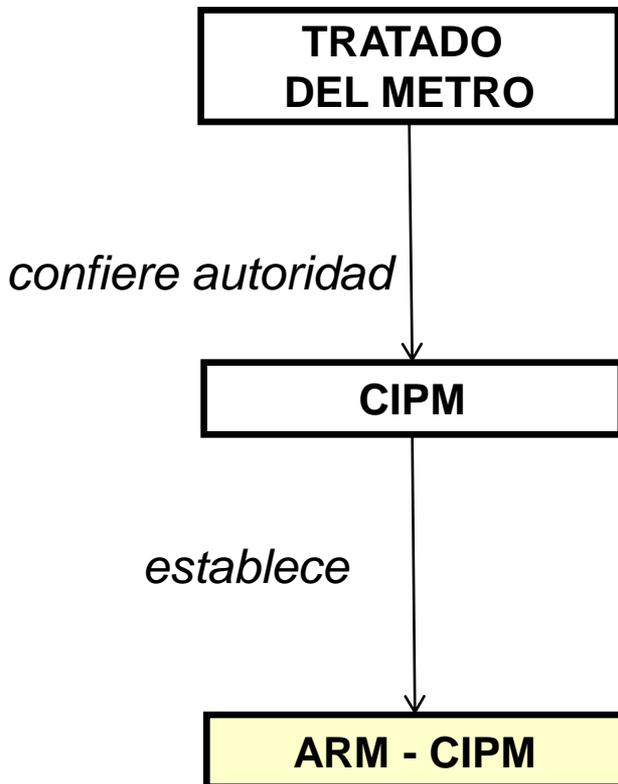
Dr. Héctor Octavio
Nava Jaimes



La importancia de la metrología es ampliamente reconocida en el mundo. La misión del BIPM es lograr la uniformidad de las mediciones a nivel mundial que soporten el comercio internacional , el monitoreo del cambio climático, la salud y seguridad humanas, la medicina, los productos alimentarios y la investigación y el desarrollo.



El Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM)



- Tratado diplomático con 51 estados signatarios que conforman la **Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM)**
- Promueve la uniformidad internacional de las mediciones
- Atiende la necesidad de demostrar equivalencia entre patrones nacionales
- Colabora con OIML, OMS, IFCC, OMM, ILAC
- Coordinado por un comité Mixto conformado por la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) y las organizaciones regionales de metrología



Reconnaissance mutuelle

des étalons nationaux de mesure
et des certificats d'étalonnage et de mesurage
émis par les laboratoires nationaux de métrologie

Paris, le 14 octobre 1999



Mutual recognition
of national measurement standards
and of calibration and measurement certificates
issued by national metrology institutes

Paris, 14 October 1999

Comité international des poids et mesures

Bureau
international
des poids
et mesures

Organisation
intergouvernementale
de la Convention
du Mètre

ARREGLO DE RECONOCIMIENTO MUTUO DEL COMITÉ INTERNACIONAL DE PESAS Y MEDIDAS

Objetivos

- establecer el grado de equivalencia de los patrones nacionales de medida mantenidos por los Institutos Nacionales de Metrología (INM);
- facilitar el reconocimiento mutuo de los certificados de medición y calibración emitidos por los INM;
- por tanto, proveer a los gobiernos y otras partes interesadas de un fundamento técnico seguro con miras a acuerdos más amplios relacionados con el comercio internacional y aspectos regulatorios.

Resultado

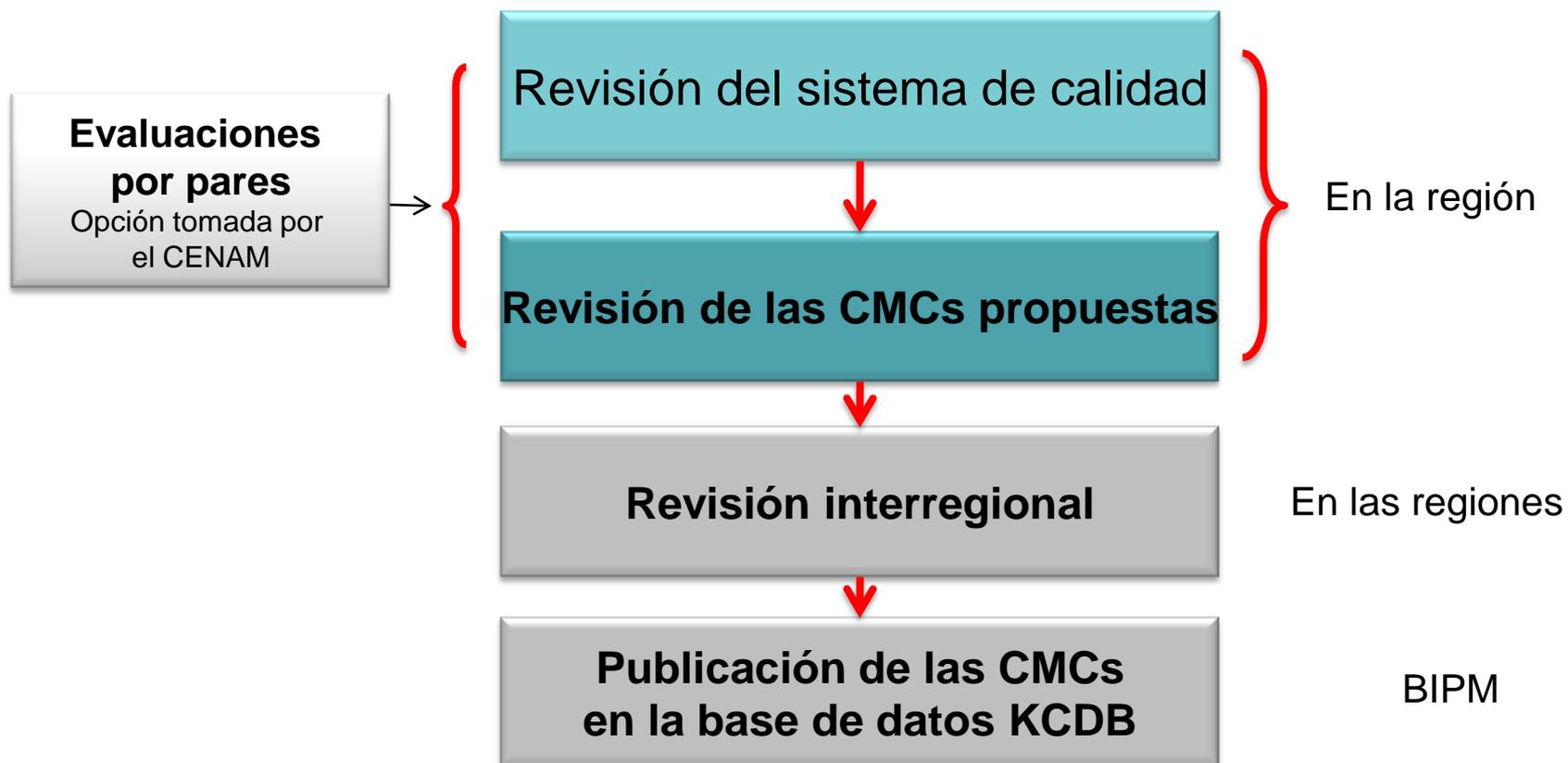
- declaraciones de las capacidades de medición (*CMC*) de cada INM en una base de datos mantenida por el BIPM y accesible al público mediante la web.



REVISIÓN PARA EL CIPM-MRA

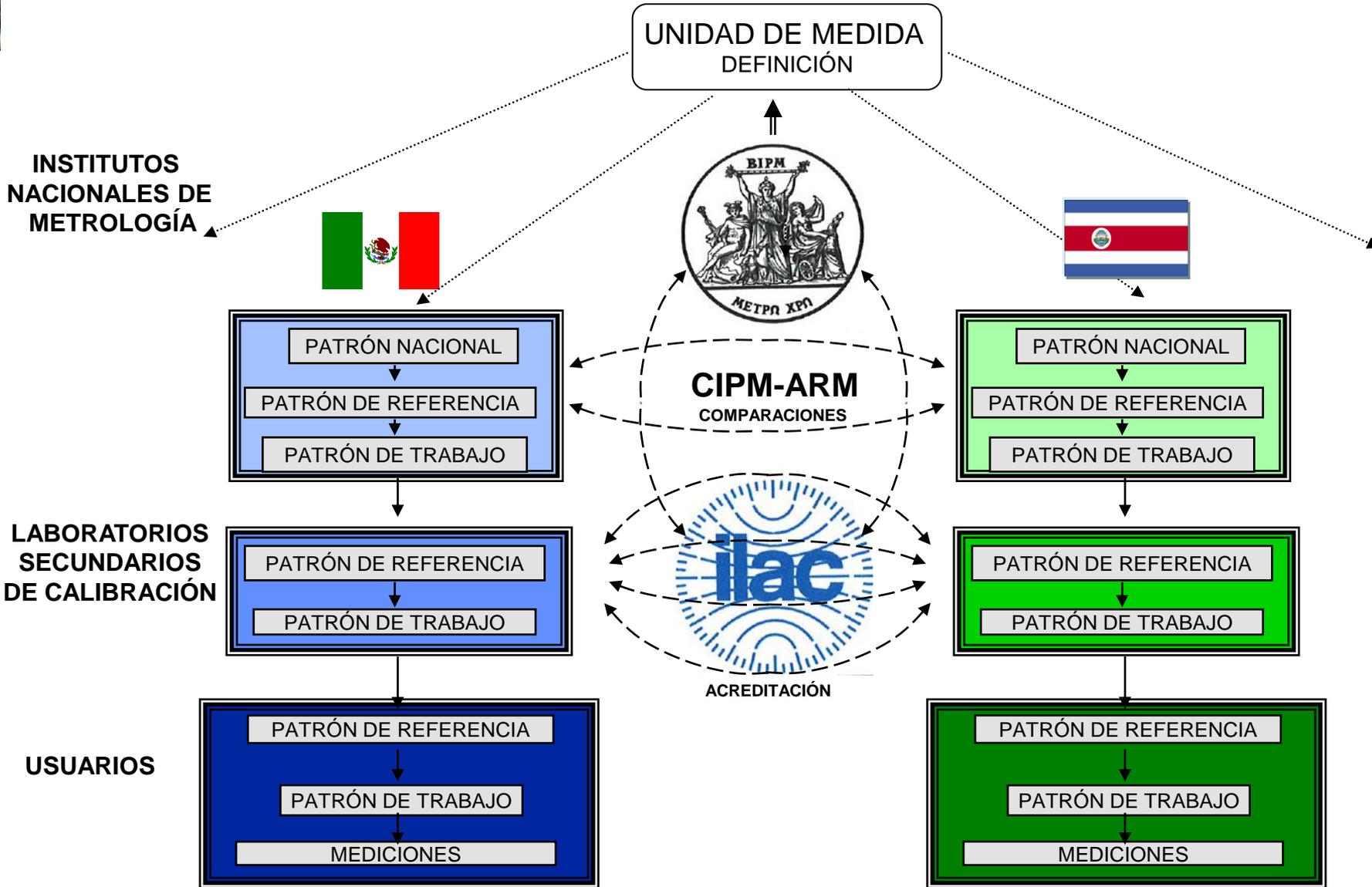
Requisitos:

- Resultados de comparaciones internacionales.
- Implementación de un sistema de calidad, verificado por medio de una acreditación u otra forma de evaluación externa.



EQUIVALENCIA DE LOS RESULTADOS DE MEDICIÓN

Institutos Nacionales de Metrología y Laboratorios de Calibración



ARREGLO DE RECONOCIMIENTO MUTUO DEL COMITÉ INTERNACIONAL DE PESAS Y MEDIDAS

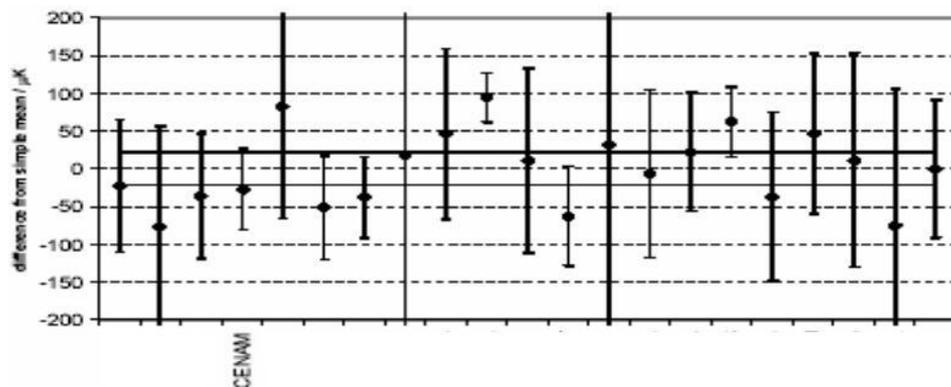
522 CMC del CENAM en el Arreglo en septiembre de 2010

<http://kcdb.bipm.org/appendixC/default.asp>

EVALUACIONES POR PARES



COMPARACIONES



Resultados de la comparación CCT-K7. Los resultados del CENAM muestran una desviación del valor medido cercano a 50 μK respecto del valor de referencia de la comparación.

DEMOSTRACIÓN DE UN SISTEMA DE CALIDAD IMPLANTADO



PERO

- recursos limitados
- aún insuficientemente conocido en México



COMITES CONSULTIVOS

CIPM

CCAUV

Acústica, ultrasonido y vibraciones

CCPR

Fotometría y radiometría

CCEM

Electricidad y magnetismo

CCQM

Cantidad de sustancia

CCL

Longitud

CCT

Temperatura

CCM

Masa y magnitudes relacionadas

CCTF

Tiempo y frecuencia

CCRI

Radiaciones ionizantes

CCU

Unidades

PARTICIPACIÓN EN COMPARACIONES REGISTRADAS EN LA KCDB 2010

año de fundación		QM	M	EM	L	AUV	IR	PR	TER	TF	TOTAL
1994	México	43	43	19	19	11	7	5	3	1	151
1887	Alemania	84	125	80	49	21	125	31	15	1	531
1957	Argentina	9	12	22	11	4	23	3	2	1	87
1960	Australia	26	25	58	18	10	44	25	16	1	223
1973	Brasil	23	23	20	17	10	46	1	1	1	142
1916	Canadá (NRC)	13	20	49	23	8	38	20	12	1	184
1975	Corea	78	58	45	19	13	47	17	17	1	295
1955	China	63	46	36	24	11	37	15	14	1	247
1985	España	11	29	34	22	4	26	16	10	1	153
1901	EUA	78	61	74	28	8	101	26	11	1	388

consulta a la KCDB el 20 de julio de 2010

A la fecha se tienen 718 comparaciones clave y 250 suplementarias.

CMCs REGISTRADAS EN LA KCDB 2010

año de fundación		CCQM	CCM	CCEM	CCL	CCAUV	RI	CCPR	CCT	CCTF	TOTAL
1994	México	285	65	55	22	40		31	15	9	522
1887	Alemania	599	209	334	92	76	237	66	69	25	1707
1957	Argentina	22	69	118	4	9	33	3	17		275
1960	Australia	56	29	105	6	23	49	17	8	21	314
1973	Brasil	31	87	128	11	37	106	11		13	424
1916	Canadá (NRC)	104	52	236	30	28	11	63	63	7	594
1975	Corea	430	47	135	28	41	208	31	14	23	957
1955	China	234	54	155	14	21	195	27	7	28	735
1985	España	23	48	94	35	20	149	38	52	19	478
1901	EUA	985	119	329	49	32	540	134	81	9	2278
	CMCs	2769	779	1689	291	327	1528	421	326	154	8284
Total todos los participantes		4673	2597	6795	1247	959	3840	1074	1481	622	23288

Total Físicas 14775

Total Químicas 4673

Gran Total 23288

CIPM-MRA: Firmado por 77 Instituciones de 48 estados miembros y 3 organismos internacionales. Cubre mas de 178 Institutos designados por los signatarios.

kcdb.bipm: 30 de septiembre 2010



- El número total de participaciones de los países señalados es un indicador de las políticas de apoyo al desarrollo científico y tecnológico y la importancia que dan a sus laboratorios nacionales.



- Los laboratorios con mayor antigüedad y con infraestructura de equipamiento y personal con capacidades avanzadas figuran en los primeros lugares.



- Participar exitosamente en comparaciones significa una atención cuidadosa y de largo aliento, tiempo y recursos, para obtener resultados satisfactorios en las mismas.



- Reflejan capacidades técnicas de primera y capacidades económicas importantes.



- El número de CMCs registradas en la KCDB del BIPM reflejan la capacidad de los laboratorios nacionales para atender las demandas de la sociedad y que están en principio disponibles a nivel global.



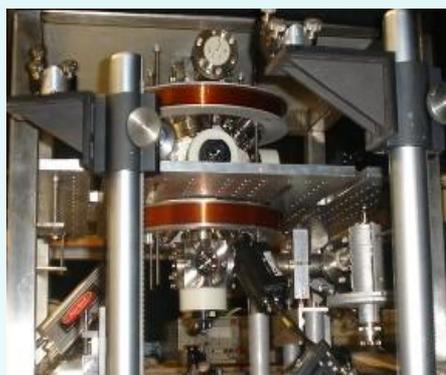
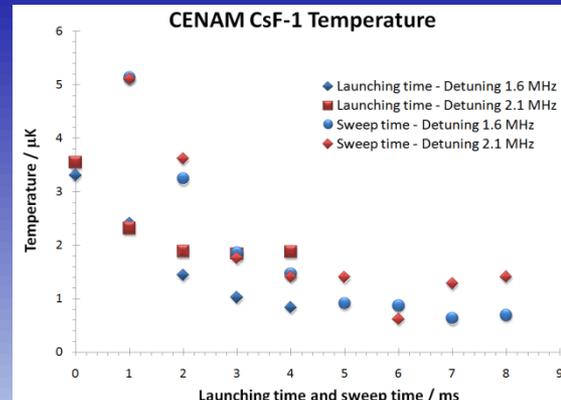
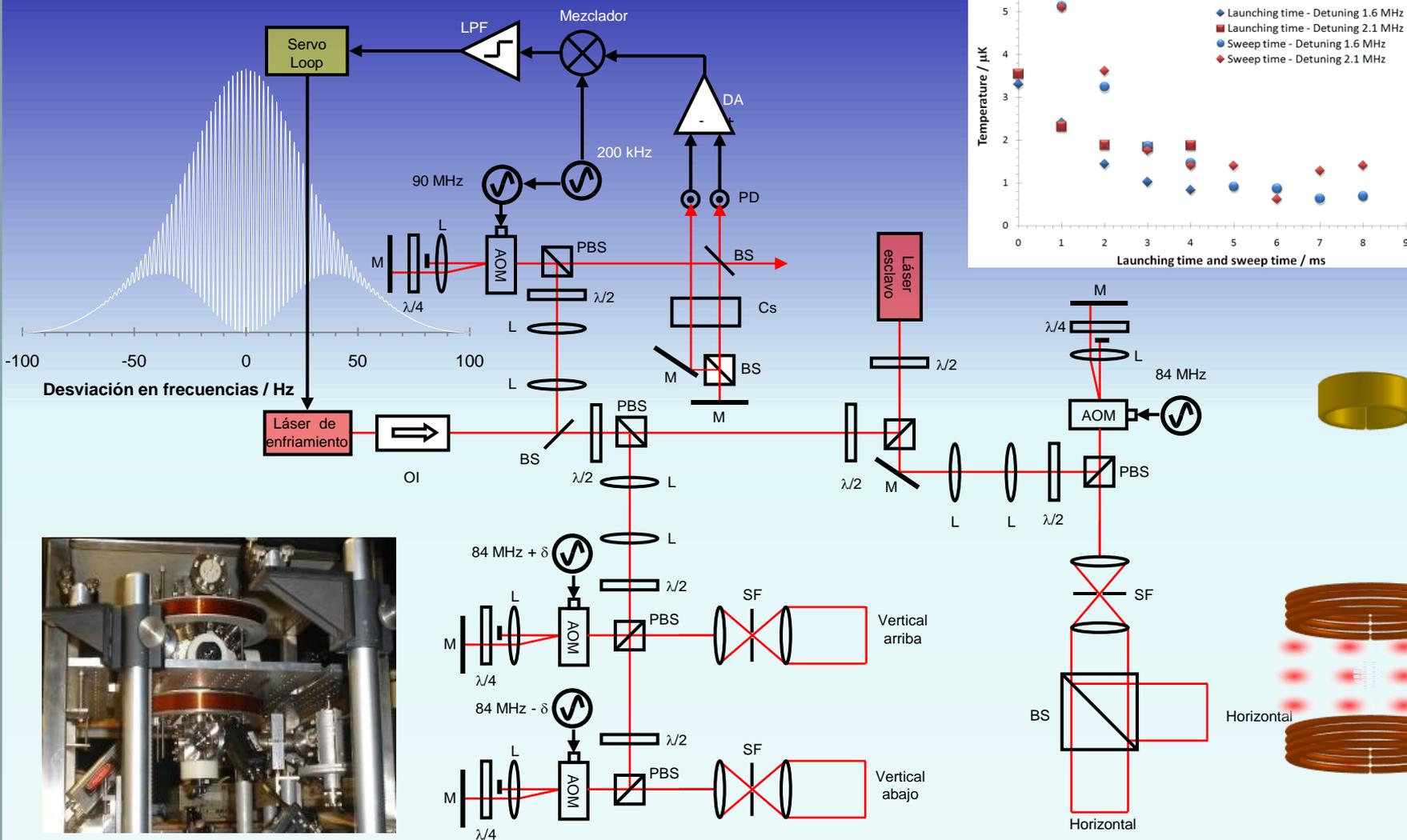
- Reflejan la calidad de los servicios ofrecidos y la capacidad científico-técnica del personal de la institución.



- En el CENAM se ha hecho un buen trabajo con los recursos que le han sido otorgados por el Gobierno Mexicano.



MATERIA ULTRA FRÍA para RELOJES ULTRA PRECISOS

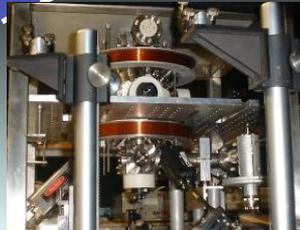


CENAM CsF-1

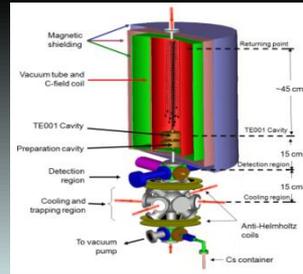


Relojes atómicos en el CENAM: presente y futuro

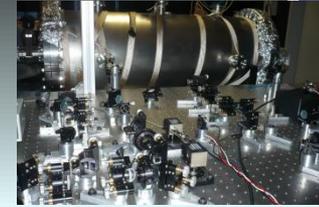
Microonda
S



CENAM CsF-1



CENAM CsF-



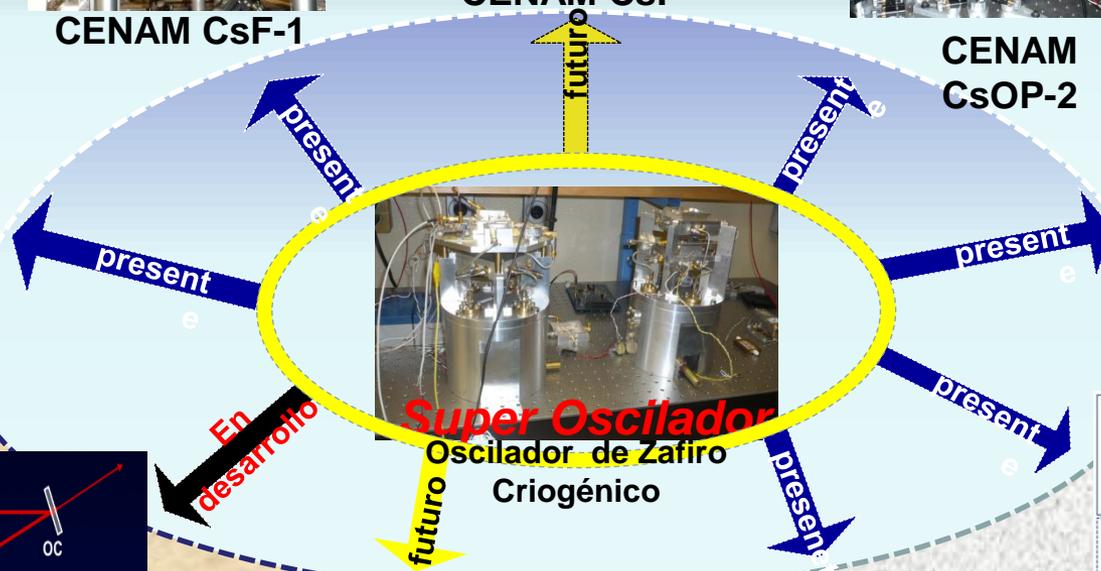
CENAM CsOP-2



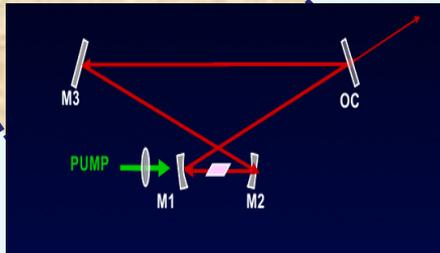
Máser de Hidrógeno



Banco de relojes de Cesio

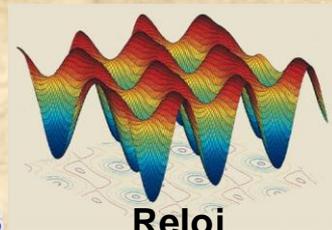


Super Oscilador Oscilador de Zafiro Criogénico

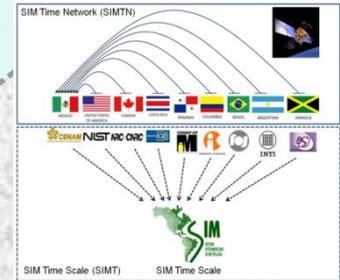


Peine de frecuencias de Ti:Sa

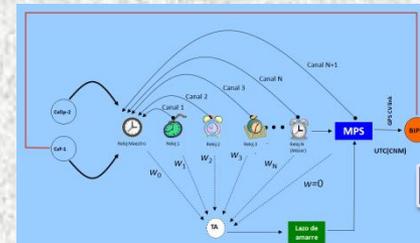
Frecuencias ópticas



Reloj óptico



Escala de tiempo del SIM



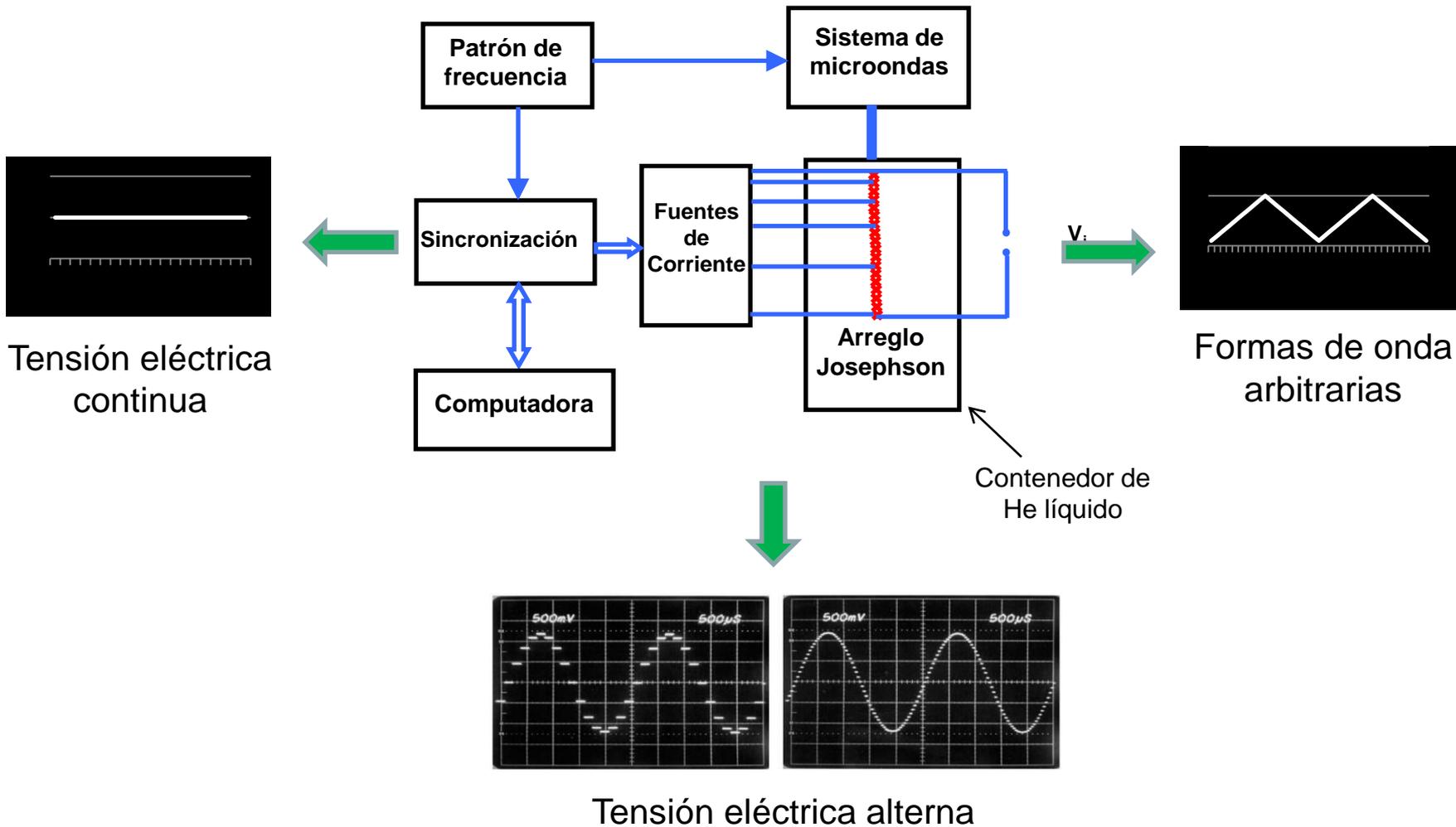
UTC(CNM)

Escalas de tiempo



Tiempo y Frecuencia

Patrón de Efecto Josephson Programable PJVS



Metrología en química

Calibrantes, conocidos como disoluciones espectrométricas

• Inorgánicos (realizado)

Disoluciones Elementales			MRC Estándar interno	Especiación	Disoluciones de referencia
<u>Cu</u>	<u>Sn</u>	Tl	In	<u>Cr⁶⁺</u>	<u>HCl</u>
<u>Ni</u>	<u>Ag</u>	Bi	Ga	<u>Cl⁻</u>	<u>H₂SO₄</u>
<u>Pb</u>	<u>Se</u>	Li	Y	<u>F⁻</u>	
<u>Zn</u>	<u>Si</u>	Mo	Cs	PO ₄ ⁼	
<u>Al</u>	<u>K</u>	Pt	Co	NO ₃ ⁻	
<u>As</u>	<u>Na</u>	V		SO ₄	
<u>Cd</u>	<u>P</u>	W		NO ₂ ⁻	
<u>Fe</u>	<u>Ca</u>	B			
<u>Mn</u>	<u>S</u>	Be			
<u>Mg</u>	<u>Ba</u>	Ti			
<u>Cr</u>		Sb			
<u>Hg</u>					
12	10	11	5	7	2

Patrones de medición analítica

• Orgánicos

- Contaminantes orgánicos: COP (12+9), COV, BPC, HPA
- Hormonas
- Antibióticos
- Nutrientes
- Fármacos

La constante demanda ha rebasado la capacidad instalada del CENAM, a pesar de los esfuerzos realizado hasta ahora.

Como alternativa se ha ofrecido la oportunidad a los productores nacionales para participar en el Programa de MRTC y apoyar en el esfuerzo conjunto para satisfacer las necesidades metrologías de la industria nacional.

Seguridad alimentaria y nutricional

Apoyo al programa nacional para fortalecer la calidad, sanidad e inocuidad de alimentos en México

Proyectos estratégicos:

- **Constituyentes nutricionales:** Desarrollo de métodos de jerarquía mayor para mediciones de elementos proximales:
- **Inocuidad y autenticidad:** Desarrollo de métodos de mayor exactitud para la medición de residuos de contaminantes en productos de origen animal y vegetal:
- **Organismos genéticamente modificados:** Identificación y caracterización de organismos genéticamente modificados en maíz:



Colaboración con sector industrial , COFOCALEC y LICONSA



Convenio de colaboración con el SENASICA , y colaboración con CCAYAC



Participación en la red de CIBIOGEN

- Proximales
- Vitaminas,
- Minerales
- Residuos de hormonas
- Residuos de antibióticos
- Virus
- Nutrientes
- Bioseguridad

Beneficios:

- Apoyo al Plan Nacional para el Control de Residuos de la SAGARPA
- Aseguramiento de la calidad de productos para exportaciones
- Asegurar la calidad de vida de la población
- Incremento de la confianza del consumidor nacional e internacional
- Mejoramiento de la normas mexicanas que regulan este sector (más de 100)



Metas: MRC y métodos para mediciones comparables y trazables

Monitoreo ambiental y fuentes de energía alternas

Apoyo al programa de monitoreo ambiental relacionado con el **cambio climático**, mediante el establecimiento de la trazabilidad de mediciones para gases de contaminantes, origen del efecto invernadero, y los principales contaminantes orgánicos.

Aseguramiento de la calidad de las fuentes energéticas alternas de petróleo: gas natural y biocombustibles



Material de referencia primario (MRP) Preparados y mantenidos en CENAM. Cumplen con los lineamientos establecidos en la guía ISO 6142:2001



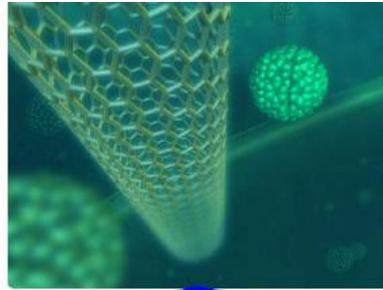
Materiales de referencia certificados (MRC). Cada mezcla se prepara individualmente de acuerdo a la guía ISO 6142:2001 y después de la preparación su valor es asignado empleando materiales de referencia primarios.



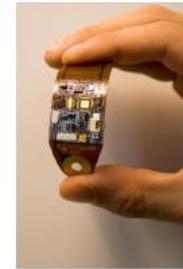
Material de referencia trazable al SI certificado (MRTC). Es un material de referencia producido comercialmente que posee un enlace de trazabilidad hacia patrones de medición química MRP o MRC del CENAM, para cubrir necesidades metrológicas de la industria.

Desafío en el campo de materiales avanzados y nanomateriales

Biomateriales avanzados



SWCNT: nanotubo de carbono
Con pared sencillo



■
Transistores y circuitos
en películas delgadas



Textiles
impermeables y
resistentes al
desgaste



Contenedor biológico
que almacena
moléculas biológicas



Almacenamiento de hidrógeno,
Filtro para purificación de agua
Polietileno con CNT para aumentar
el módulo elástico por 40 %

Caracterización de nuevos productos y aplicaciones nanométricas requieren métodos y referencias de medición a nivel nanométrico:

QUEHACER DEL CENAM PARA LA UTILIZACIÓN CONFIABLE DE LOS NANO-MATERIALES

ISO DTS 13830

Guidance on the labelling of manufactured nano-objects and products containing manufactured nano-objects

El producto

¿Contiene n-materiales?

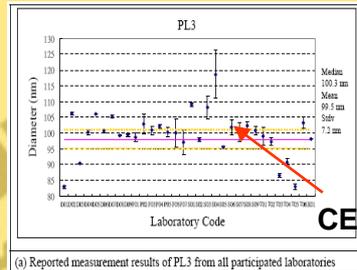
¿Cuánto?

¿De qué naturaleza?

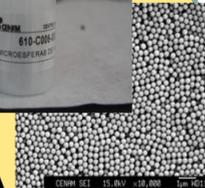
¿Con cuáles características?

Información sobre nano-materiales para los usuarios

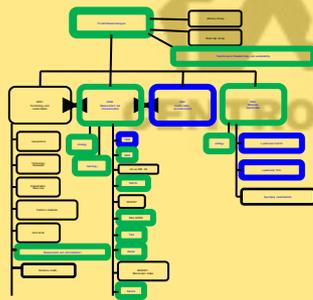
COMPARACIONES INTERNACIONALES



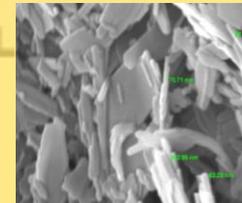
CENAM



CERTIFICACIÓN DE MATERIALES DE REFERENCIA



COLABORACIÓN INTERNACIONAL



APOYO A LA INDUSTRIA

ISO Nanotechnologies

Versailles Project on Advanced Materials and Standards

respaldada por

Mediciones confiables y uniformes

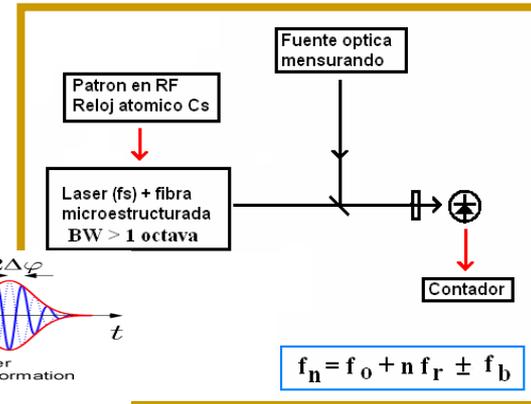
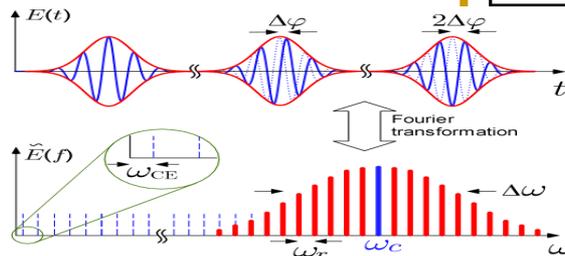
propicia

Utilización confiable de nano materiales en todo su ciclo de vida

Direcciones de desarrollo en Metrología Dimensional



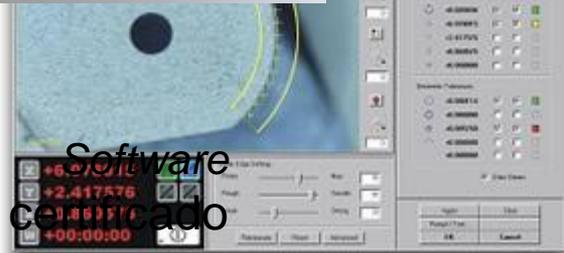
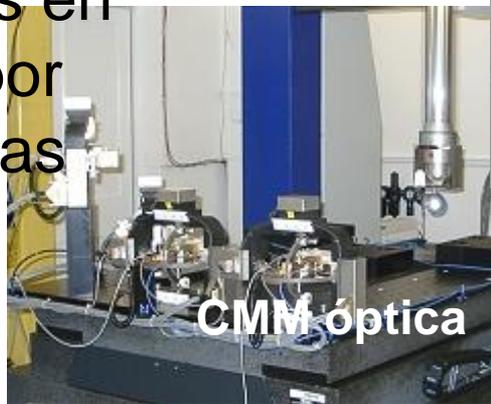
Peine de frecuencias



Nano metrología



Nuevas tecnologías en medición por coordenadas

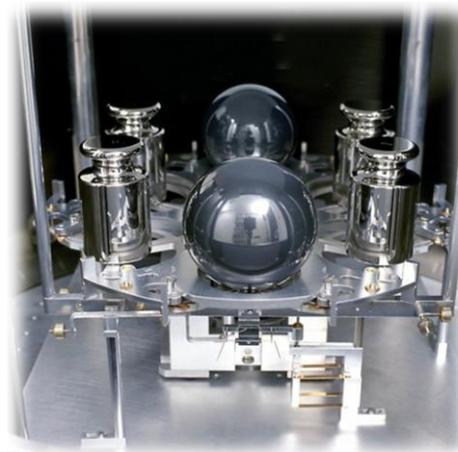
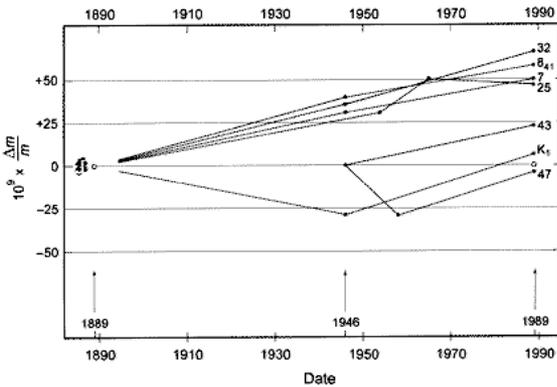
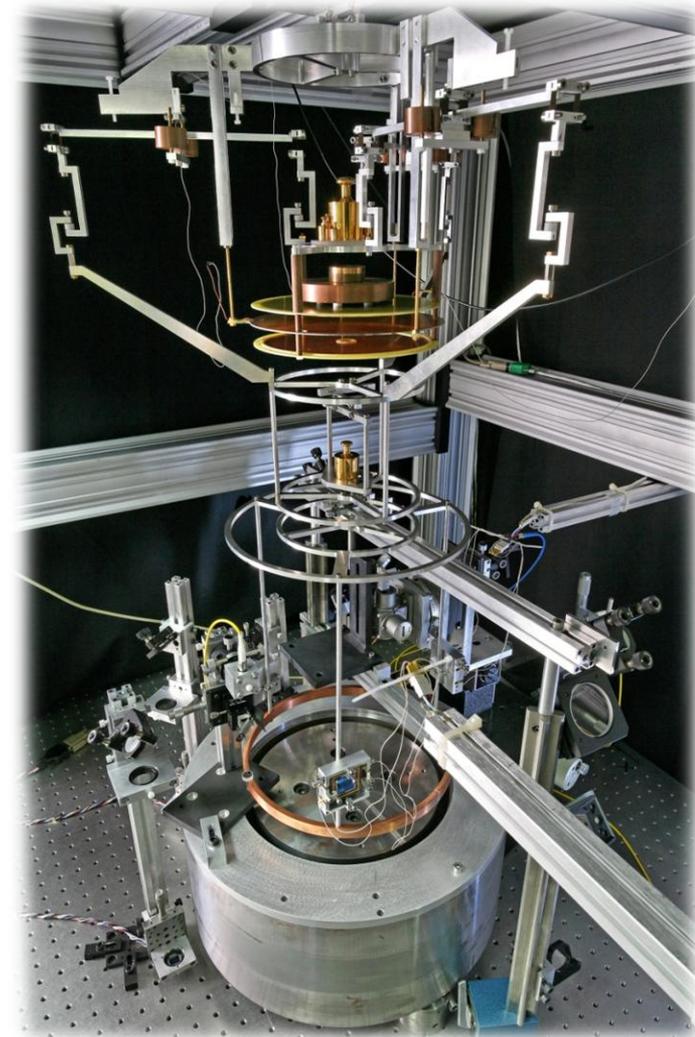


División de Metrología de Masa y Densidad

MASA

Patrones de Pt-Ir k21 y k90

Balanza de watt



Deriva de los patrones de Pt-Ir

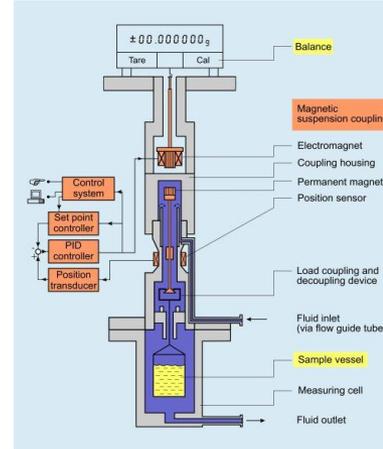
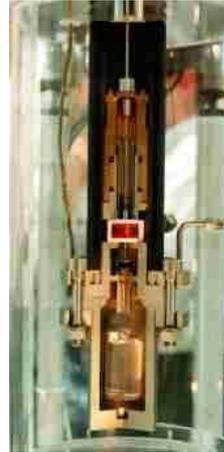
Proyecto Avogadro

División de Metrología de Masa y Densidad

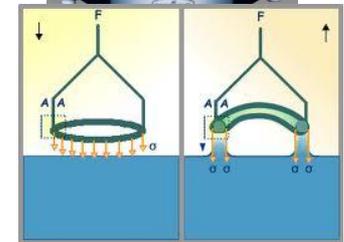
DENSIDAD



Patrones de Zerodur
Z-01 y Z-02



Balanza de Suspensión Magnética



Mediciones de
Tensión Superficial



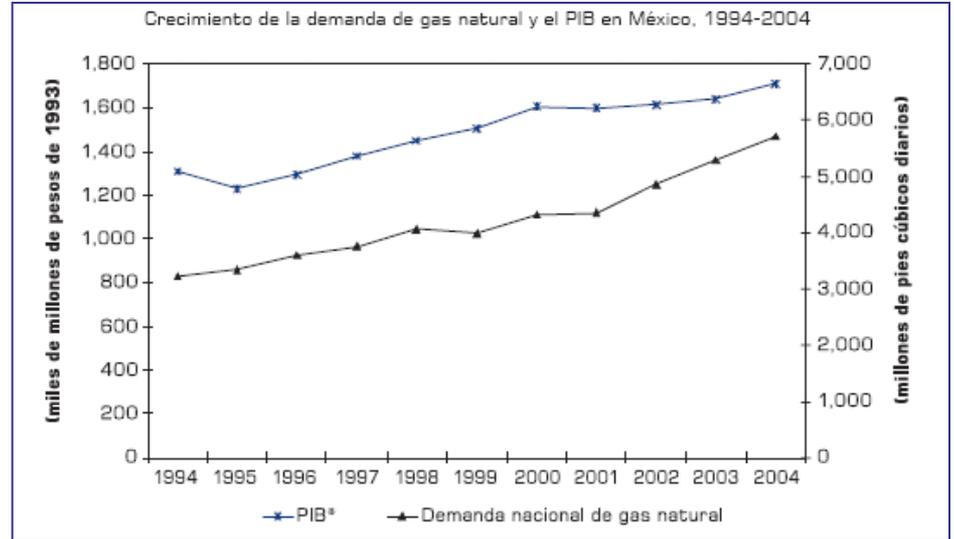
Materiales de Referencia
Certificados en Densidad



Calibración de densímetros en línea

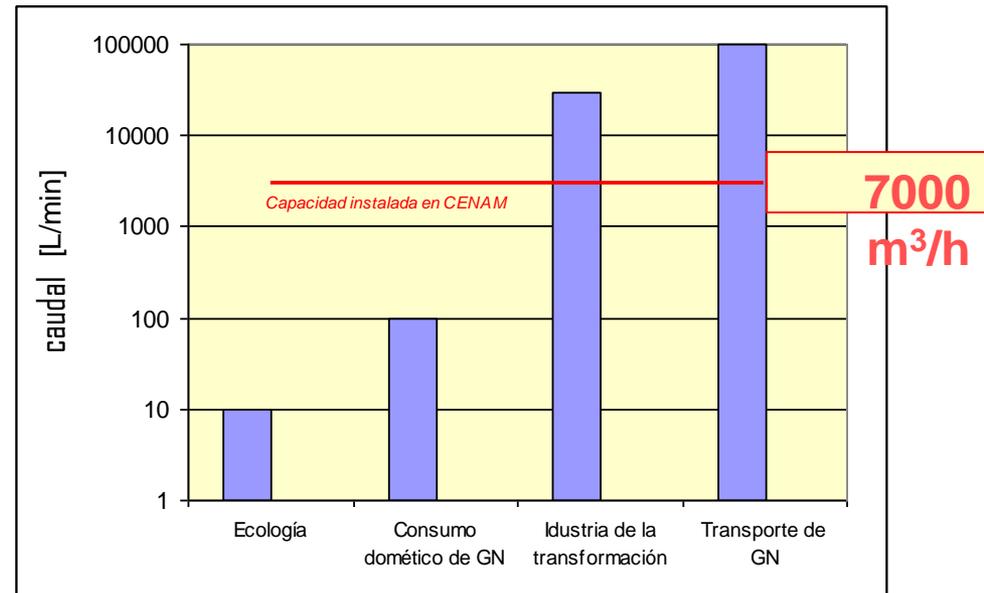
Sistema de Grandes Flujos de Gas

- Es necesario ampliar el alcance de los patrones del CENAM pues es evidente la correlación entre el crecimiento de la demanda de gas natural y el PIB.



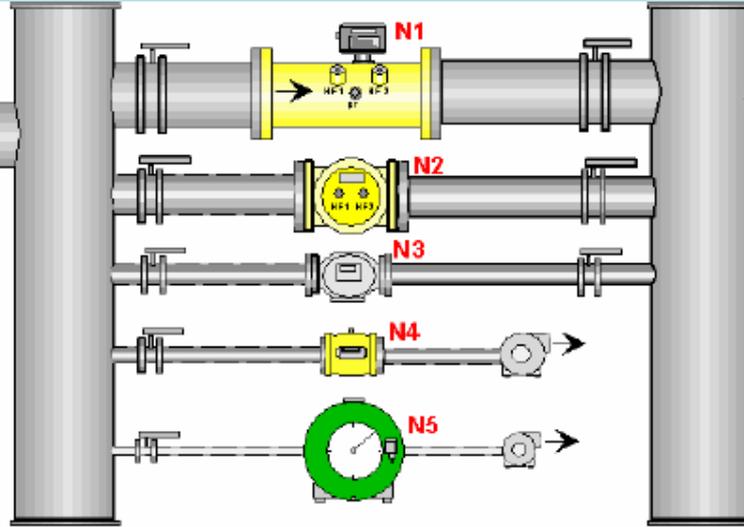
fuelle: *Perspectiva del mercado del gas natural 2005-2014*, Secretaría de Energía

- Los grandes consumidores de gas natural incluyen industrias como:
 - Productores de Energía Eléctrica
 - Productores de vidrio
 - Productores de Acero
 - Industria automotriz
 - Etc.



Sistema de Grandes Flujos de Gas

Prospección para atender la demanda nacional



Medidores:

- Ultrasónicos
- turbinas
- desplazamiento positivo

Sistema de referencia:

- Medidores tipo turbina y DP
- trazabilidad: CENAM + PTB
- hasta 7 000 m³/h
- $U = 0.25\%$, ($k = 2$)

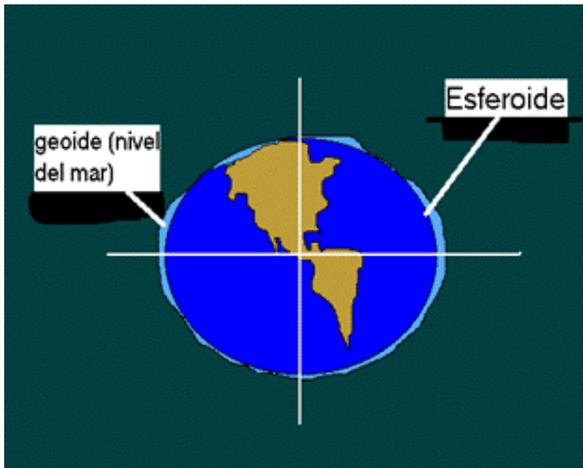
Sistema de impulsión:

- Centrífugo de etapas múltiples
- Control de velocidad

PROYECTO A MEDIANO PLAZO

Desarrollo de un gravímetro absoluto

La falta de un gravímetro absoluto repercute en la eficiencia del uso de los recursos, pues implica la contratación de servicios del extranjero caso por caso, y en la efectividad de algunas decisiones tomadas con base en las mediciones de atracción gravitacional local. El proyecto requiere un estimado de 3 años y una inversión de 1.5 millones de pesos.



Aplicaciones.

Geofísicas:

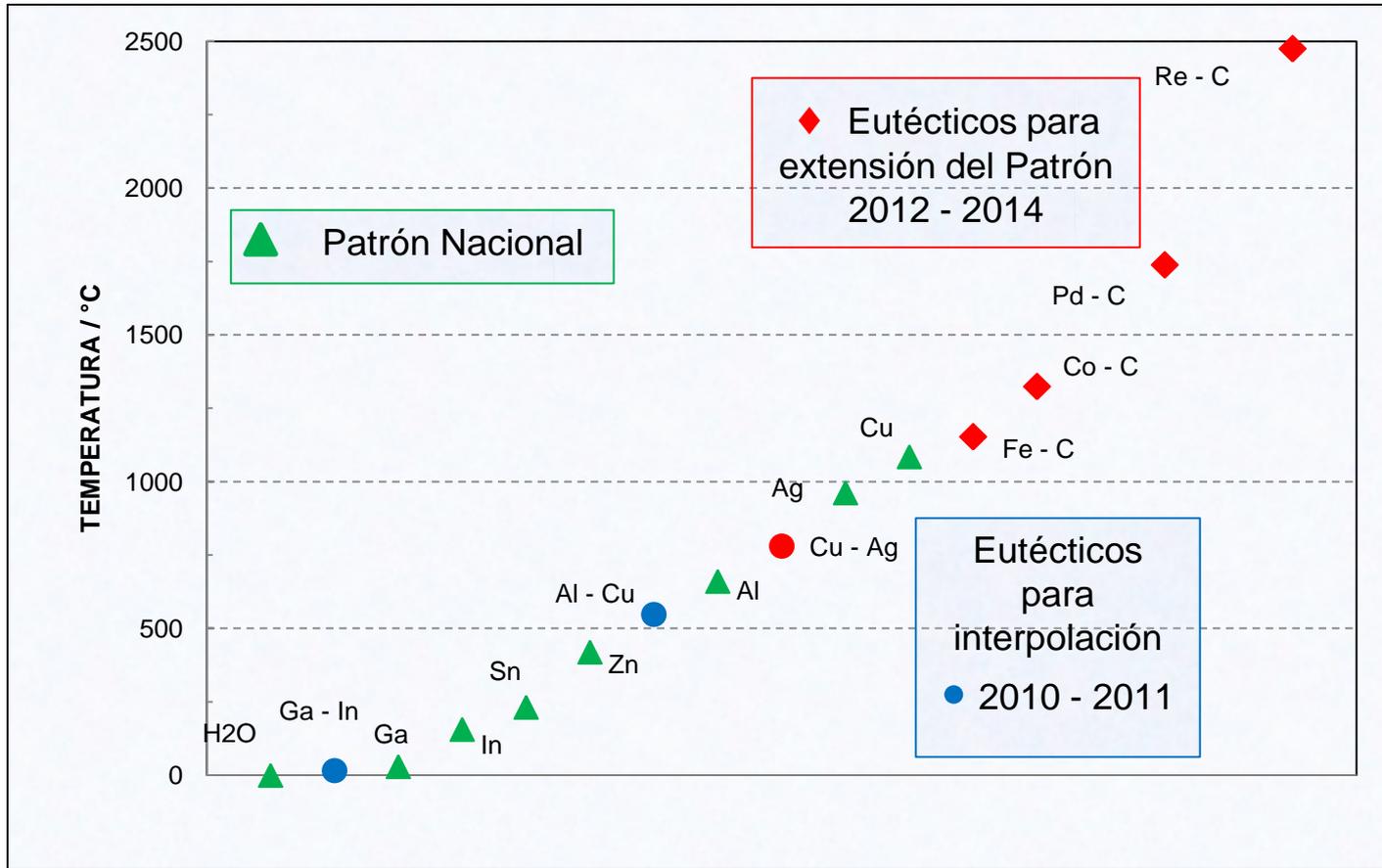
- Determinación del Geoide.
- Comportamiento tectónico.
- Estructura interior de la tierra.
- Exploración mineral y geológica.

Metrológicas:

- Calibración de gravímetros relativos.
- Calibración que involucre la magnitud de fuerza (fuerza, presión, par torsional, dureza).
- Nueva definición del kilogramo.

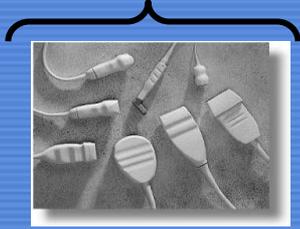
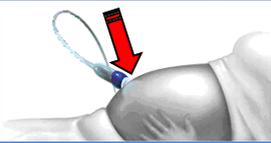
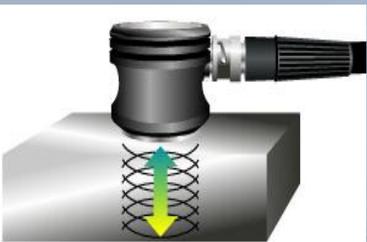


Puntos Eutécticos: Para mejorar la exactitud del Patrón Nacional y Para extender el alcance del mismo



Punto Eutéctico: mezcla de dos sustancias puras con temperatura única de cambio de fases sólida – líquida.

Mediciones ultrasónicas: de especial relevancia en el ámbito nacional



Tendencia metrológica y tecnológica en Radiometría y Fotometría

Unidades del Si:

- La candela cuántica. Emisión y detección de fotones



Desarrollo tecnológico:

- Iluminación de estado sólido.
- Fibras ópticas en telecomunicaciones



Iluminación de Estado Sólido (LEDs)

16 % de la energía eléctrica producida en México se destina a la iluminación.
(FIDE)



CENAM participó en APMP.PR-S3

Intensidad Luminosa

Temperatura de Color

Flujo Luminoso Total

Labs. Calibración y prueba



Proyecto: Producción de LEDs de referencia

LEDs: Nuevos paradigmas y retos metroológicos

LEDs: Crecientes eficiencias (lm/W) y costos decrecientes.

LEDs: Aplicaciones diversas y demanda creciente.



Directiva presidencial impedir la utilización de lámparas ineficientes. (DOF 2010-09-13)

Desarrollo de fibras de referencia

• Fibra de longitud óptica



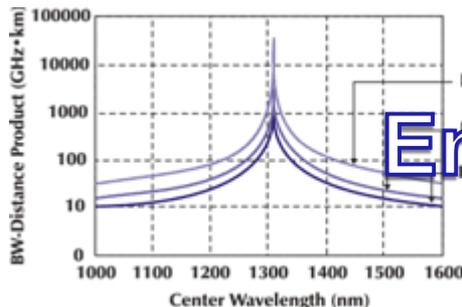
• Fibra de Atenuación espectral



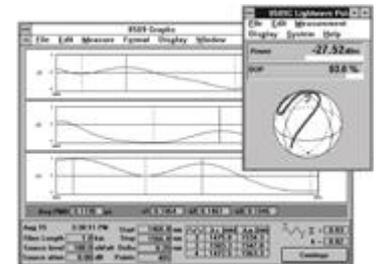
Desarrolladas

• Fibra de Dispersión cromática

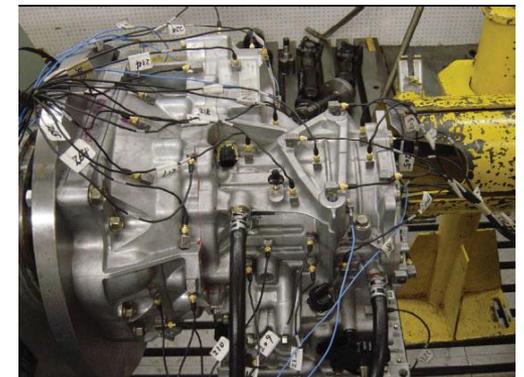
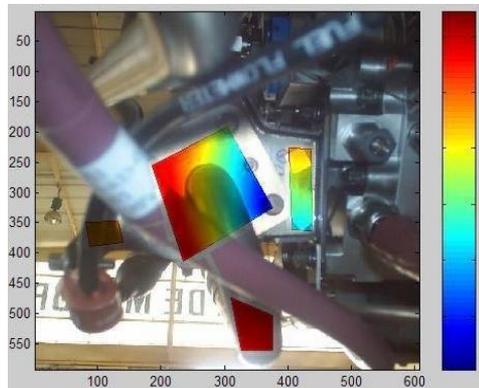
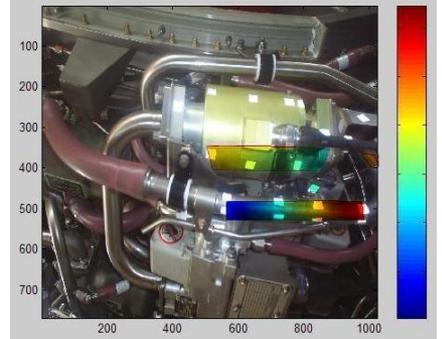
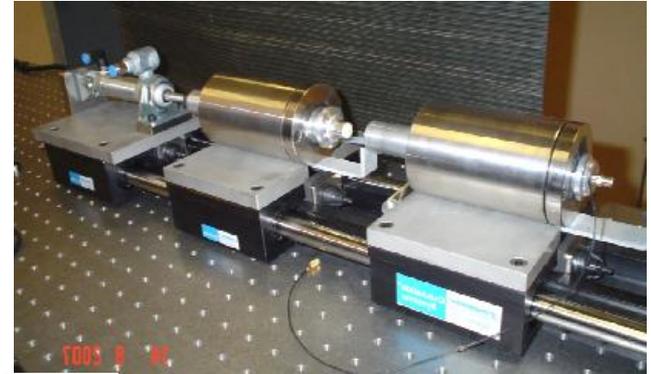
• Modos de polarización



En desarrollo



Metrología en vibraciones



Caracterización de las Propiedades Acústicas de Materiales

El ruido es uno de los principales problemas de la civilización:



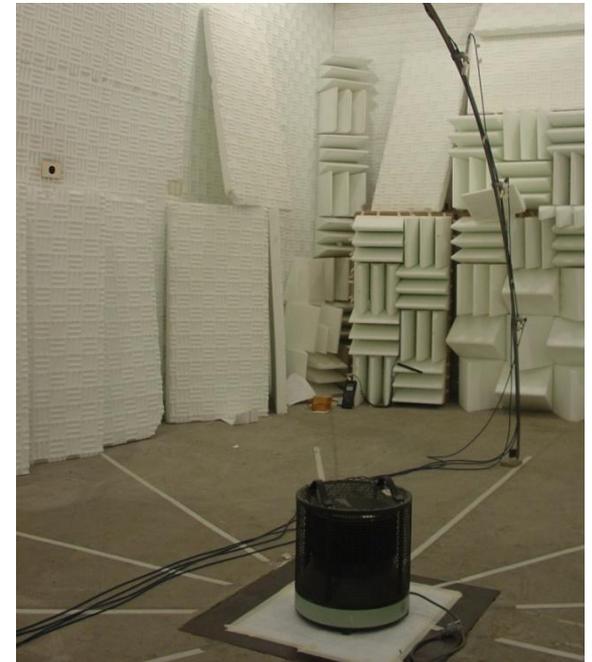
En la antigua roma se prohibió las carreras de carretas por la noche, debido a su efecto adverso en la comunidad

En los países desarrollados, se estima que el problema de ruido tiene un costo entre el 0.2% y el 2% del PIB (Organización Mundial de la Salud).

Para solucionar el problema de ruido se requiere estudiar las propiedades acústicas de los materiales.

La caracterización de las propiedades acústicas de los materiales es motivo de normas internacionales y estas requieren recintos especializados (Cámaras Acústicas) .

En CENAM estamos desarrollando su forma de medición en recintos pequeños. Para ello se debe estudiar la Estimación de la Potencia Sonora.



Programa Nacional para el Diseño y Fabricación de Prototipos MEMS

PRESENTE ESTRUCTURA - GRUPO DE TRABAJO

FORDECYT



APOYO ECONÓMICO

APOYO TECNICO



LIDER



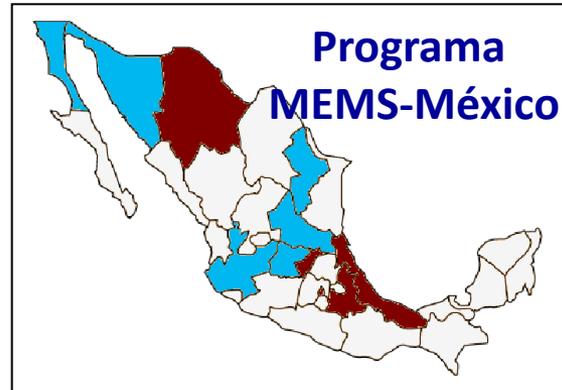
Programa
MEMS-México

INSTITUCIONES ACADEMICAS



Programa Nacional para el Diseño y Fabricación de Prototipos MEMS

FUTURA ESTRUCTURA DEL PROGRAMA



EL CENAM, UNIVERSIDADES Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN EN MEXICO

- COLABORANDO EN LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE MICROSISTEMAS PARA SU USO EN INDUSTRIA, INVESTIGACIÓN Y EDUCACIÓN.
- DESARROLLANDO MICROSENSORES Y MICROSISTEMAS PARA SU USO EN METROLOGIA E INSTRUMENTACION.
- PROCURANDO UNA CONTINUA INTERACCIÓN CON LOS SECTORES PÚBLICO Y PRIVADO DE MEXICO PARA QUE, POR MEDIO DE MICROSISTEMAS, LOGREN UN MAS ALTO NIVEL DE COMPETITIVIDAD INTERNACIONAL.

