



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA

**PROPUESTA METODOLÓGICA DE CALIDAD
PARA EQUIPO DE MEDICIÓN**

Tesis Profesional

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

Licenciado en Electrónica

PRESENTA

Jesús De Dios González

ASESOR DE TESIS

Dr. Emilio Miguel Soto Garcia

Profesor Investigador de la FCE

ASESOR EXTERNO

MC. Rubèn J. Lazos Martínez

Coordinador Científico del CENAM



Puebla, Puebla 30 de Junio de 2016

	Página
Introducción	2
Objetivo	3
Justificación	4
Descripción	5
Capitulo I: ¿Porqué se mide?	7
1.1 Calidad	8
1.2 Las mediciones en la calidad	12
1.3 El mundo de la experiencia y la metrología.....	16
1.4 Reseña y perspectiva de las mediciones en México	19
Capitulo II: ¿Con qué se mide?	23
2.1 Conceptos metrológicos.....	24
2.2 Resultados de las mediciones	30
2.3 Patrones de medición.....	39
2.4 Requisitos de aseguramiento de la calidad para equipo de medición	49
Capitulo III: ¿Cómo se evalúan y expresan las Incertidumbres?	84
3.1 Estimación de incertidumbres.....	85
3.2 Guía BIPM/ISO para la expresión de la incertidumbre en las mediciones.....	89
3.3 Comparación de la incertidumbre con el sistema de Medición.....	111
3.4 Idoneidad del sistema de medición.....	112
Capitulo IV: Ejemplos para evaluar y expresar Incertidumbres	116
Conclusiones	148
Propuestas	153
Referencias	164

Este trabajo de tesis con el cual pretendo aclarar y dar respuesta a innumerables preguntas relacionadas con las mediciones, es el resultado de años de experiencia en la industria nacional a su vez en el manejo de sistemas de medición relacionados en la producción de bienes y servicios en donde la metrología en sus diferentes áreas directamente participan. Los conceptos metroológicos han cobrado importancia por su inclusión en las normas **ISO** recientes sobre sistemas de calidad, las cuales se han convertido en pilares de la competitividad comercial del siglo XXI.

El personal que realiza o realizará mediciones de magnitudes críticas para la calidad de cualquier producto o servicio, como mínimo debe contar con conceptos claros de metrología, debe disponer de procedimientos para medir y reportar resultados, más aun, debe disponer de procedimientos para el manejo de patrones de medición, debe conocer las repercusiones que se tienen en medir en diferentes condiciones ambientales y como controlar estas en algunos de los casos, claro además de tener la habilidad necesaria para realizar mediciones.

En caso que el personal no cumpla con estos requisitos mínimos, este trabajo proporciona los conocimientos básicos y puede utilizarse como guía para obtener mejores resultados, ya que le proporcionará al interesado conceptos metroológicos utilizados en diferentes normativas y la metodología para evaluar y expresar la incertidumbre de la medición aceptada internacionalmente por los principales institutos de metrología. Cuando se reporta el resultado de una medición de una magnitud física es obligatorio proporcionar alguna indicación cuantitativa de la calidad del resultado, de manera tal que el usuario pueda apreciar su confiabilidad. Sin esta indicación, los resultados de las mediciones no pueden ser comparados, ni entre ellas mismas ni con respecto a valores de referencia dados en una especificación o norma. Esta propuesta me dará la oportunidad de aprender y reforzar los conocimientos sobre el tema, al igual la posibilidad de poder brindar un servicio de mayor calidad siempre como una motivación y guía.

El propósito de esta propuesta es mostrar los beneficios que se obtienen en implantar, administrar y mantener un sistema de confirmación metrológica para equipos de inspección, medición y prueba instalados dentro de un laboratorio, taller, planta industrial y/o lugar de medición involucrados en la producción de un bien o servicio, con el fin de asegurar que las mediciones son hechas con la exactitud requerida.

Al igual se pretende que sirva de guía para evaluar la incertidumbre en los resultados de las mediciones realizadas y esta sea conforme a practicas internacionales y las tendencias nacionales, que permita una mayor objetividad, uniformidad así como una reducción de las discrepancias entre metrólogos y otros técnicos que realizan mediciones y pruebas y que informan de los resultados formulando conclusiones basándose en las mismas.

La cultura de la calidad, nueva en nuestro país, nos da las herramientas para competir por la preferencia de los clientes, pero también nos obliga a profundizarnos más en temas que anteriormente no tenían importancia, tal es el tema relacionado con la metrología, el cual pretendo investigar y desarrollar:

La **“Propuesta metodológica de calidad para equipo de medición”**, es la herramienta necesaria hoy en día para la mejora continua de todos aquellos comprometidos con la calidad, en cualquier campo relacionado con las mediciones. Puede servir para aplicar conceptos de metrología en esquemas de calidad que pretendan desarrollarse en laboratorios de prácticas, desarrollo de tecnologías, talleres diversos, centros de investigación y en cualquier lugar donde la obtención de resultados dependa del equipo de medición, de los procedimientos y las condiciones para ello.

“Se estima que las mediciones y las operaciones relacionadas con las mediciones contribuyen entre un 3% y un 6% al producto interno bruto de las naciones industrializadas, las actividades comerciales, industriales y de servicios como las telecomunicaciones y la salud demandan la realización de millones de mediciones cada vez con un mayor grado de exactitud” [1] .

La mejora continua involucra también mejora de costos de operación, muchas veces adquirimos equipos de medición costosos sin antes determinar con que exactitud queremos medir, sabemos que mientras más exacto el equipo más caro. Recordemos que los requisitos del cliente se acuerdan desde un inicio, en el contrato, si este acepta los estándares que serán usados en la fabricación de su producto ¿por qué excederse en cumplir estos?, Los beneficios del valor agregado deben ser compartidos entre el producto, el negocio y el cliente.

Habrán mediciones que si requieran el mayor grado de exactitud y aun lo ignoremos, con ello tenemos reclamaciones continuas de los clientes, los cuales decidirán el camino a tomar en caso de no atender sus reclamos.

Se trata de responder a una necesidad actual sobre problemas relacionados con mediciones sea cual sea su área de aplicación”.

Fuente. [1] Reporte Técnico, CNM-MED-PT-0002, GUÍA BIPM/ISO PARA LA EXPRESIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES, CENAM.

Los temas desarrollados en cada capítulo analizan diferentes aspectos metrológicos involucrados con la calidad requerida de los equipos de medición utilizados en la producción de bienes y servicios, además son directrices para la obtención de lo marcado en el objetivo.

Como una segunda intención es propiciar la reflexión y el convencimiento en el interesado a través del análisis de conceptos y demostraciones, con el fin de obtener mejores resultados al tomar mediciones en las áreas de responsabilidad.

Debido a las diferentes áreas de aplicación este trabajo pretende ser una guía de uso común para el personal que por primera vez se adentra en la metrología más aun puede servir de referencia a efecto de reafirmar los conocimientos en metrología en caso de tenerlos, siendo requisito obligatorio contar con conocimientos en cálculo diferencial e integral, física y estadística para la plena comprensión y aplicación de este trabajo. Los tres aspectos principales de este trabajo son:

El capítulo I , **¿Por qué se mide?**, aborda la relación o liga entre calidad y mediciones, se hace énfasis en lo indispensable que resulta la medición para lograr el propósito de calidad requerido. Incluye testimonios y reseñas históricas de la metrología, cuyo desempeño ha sido determinante en la historia de la humanidad.

El capítulo II , **¿Con qué se mide?**, se adentra en la terminología metrológica utilizada por los principales institutos de metrología en el mundo, relacionada con las mediciones y equipos de medición, al igual expone y sugiere el uso de un procedimiento para control metrológico instalado en una planta industrial productora de fertilizantes para el campo Mexicano certificada bajo **ISO9002** desde el año de 1995, dicho procedimiento basado en la **ISO10012-1:1992**, muestra al interesado la importancia de la calibración en cualquier sistema de medición y las ventajas de realizarla usando patrones trazables.

El capítulo III , **¿Cómo se evalúan y expresan las incertidumbres?** Aquí se expone y se demuestra que obtener la incertidumbre adecuada para el propósito de medición mucho depende de la definición del mensurando el cual se pretende medir, ya que el simple hecho de no incluir ciertas fuentes de incertidumbre por las condiciones de la medición se genera una incertidumbre en la incertidumbre de la medición, la guía **BIPM/ISO** expuesta para la expresión de la incertidumbre de la medición, muestra y determina

la forma de evaluar y expresar la incertidumbre de la medición pero deja a criterio del metrologo conocedor del proceso de medición que fuentes de incertidumbre considerar dependiendo de las necesidades de medición. A continuación se describe cada capítulo y su temática respectiva.

¿ Por qué se mide ?



Calidad

- La totalidad de rasgos y características de un producto o servicio
- dirigidos a satisfacer las necesidades establecidas
- o implícitas [2][2.1].

El término “CALIDAD” definido por la ISO es el resultado del consenso internacional y conviene notar particularmente cada una de las líneas señaladas con círculos, reflexionando se puede notar que la calidad depende del usuario, del cliente. Algunos de los rasgos y características son llamados las **especificaciones** del producto. Si algún rasgo o característica falta, entonces el elemento ya no tiene la aptitud adecuada para el fin para el que fue concebido. Puede entonces observarse que pierde sentido la frase “**a mayor calidad mayor precio**”, dado que el precio es una de las características del elemento.

La aptitud es para satisfacer necesidades, esto es, el criterio para evaluar la calidad de un elemento es qué tan buen satisfactor de necesidades es, y no depende exclusivamente del precio, de la moda, o de otros criterios. **Carece de sentido preguntarse sobre la calidad de cualquier elemento si no se considera la necesidad que pretende satisfacer.** Por ejemplo ¿Es de mejor calidad un medidor de procesos multivariable a base de microprocesadores marca Fluke que un multímetro analógico marca Simpson? La formulación de la respuesta necesita información adicional; si solo vamos a determinar la continuidad de un fusible instalado en cierto equipo electrónico, el multímetro analógico satisfará mejor la necesidad de medir continuidad ya que para ello no se requiere demasiada exactitud, además que este no requiere de cierta capacitación especializada para su uso, caso contrario con el medidor de procesos, por lo tanto el multímetro analógico será de mejor calidad que el medidor de procesos Fluke, por muy exacto y resolutorio que este sea. De la misma manera no tiene sentido en este contexto asegurar que cierto medidor es de la mejor calidad si no se dice para qué se requiere.

Fuente. [2] Norma Mexicana *NMX-CC-1/ISO 8402*

[2.1] International standard ISO 9001: 1994 Sistemas de calidad-Modelo para el aseguramiento de calidad en diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio

Las necesidades que dan origen al elemento son las específicas del usuario del elemento. **El balance entre oferta y demanda, actualmente señala, que la organización debe dar lo que el usuario pide, y no lo que él proveedor supone que el usuario necesita.** Por ello la calidad de los productos y servicios deben instrumentarse en base a los requisitos del usuario o cliente. Este usuario, o cliente, puede ser una persona, una organización, la sociedad mexicana, la humanidad, etc., y es muy frecuente que el usuario no esté siquiera enterado de la existencia de tal elemento, y por lo tanto no pueda hacer explícitas sus necesidades al respecto. Sin embargo, esa situación no libera al proveedor del elemento de la responsabilidad de ofrecerlo con calidad, esto es, de satisfacer necesidades. Estas necesidades son también de muy diversa índole, ya que pueden satisfacer necesidades de supervivencia, de comodidad, de entretenimiento, etcétera [3].

Por otro lado, las necesidades cambian y por ende la excelente calidad de un elemento en un momento dado puede convertirse en deleznable más tarde. Basta recordar que en la década de los 60 los autos muy grandes eran evaluados como de la mejor calidad y que ahora, debido a los problemas de contaminación, se consideran tales autos como de calidad pobre, aun cuando sean nuevos. Entonces, si el proveedor quiere mantenerse como tal, está obligado a revisar continuamente las necesidades de sus clientes a fin de conservar, si no aumentar, la calidad de su producto, descontando por supuesto la capacidad de sus competidores para expulsarlo del mercado [3].

Se puede deducir que la oferta continua de calidad implica cambios, los que obviamente conviene sean controlados, pues aun sin el consentimiento, el quedarse inmóvil, los cambios ocurren y afectan, frecuentemente involuntariamente.

Es deseable lograr y controlar los cambios sistemáticamente, para lo cual es útil el conocido **ciclo de control** (una forma de llamarle al método científico) en la versión de Deming: Planear-Hacer-Verificar-Ajustar (PHVA). Ver fig. 2

El ciclo puede iniciarse en cualquier punto, pero debe seguirse la secuencia y repetirla continuamente.

Planear significa decidir qué hacer, como hacerlo, con cuales recursos, en que tiempo, etc. Implica tomarse la molestia de pensar y decidir lo que se va hacer. Aun cuando se da por supuesto que el plan nos llevará a algo bien determinado, demasiado frecuentemente se encuentran planes para lograr algo desconocido, planes sin propósito. Planear lleva implícitas la existencia de una meta bien definida y una evaluación de los efectos que la ejecución pueda acarrear, no en balde, las consecuencias de estas acciones son cíclicas, esto es, *nuestras acciones originan efectos en nosotros mismos* [3].

Hacer se interpreta como ejecutar lo planeado, de acuerdo a lo planeado. Esta parte del ciclo es la realizada con mayor frecuencia y con mucho entusiasmo, aunque muchas veces y desafortunadamente, sin el concurso de los demás puntos; en otras palabras, sin plan, ni verificación, ni ajustes con las consecuencias de resultados débiles, incompletos, efímeros, etcétera [3].

Verificar es la etapa donde se comparan los resultados de la ejecución con los esperados en el plan. Aquí se evalúa la diferencia entre lo esperado y lo alcanzado. Usualmente no se verifica, se dejan los procesos de ejecución “abiertos” sin cerciorarse que realmente se ha alcanzado el fin pretendido. Cuando se hace, frecuentemente es de manera inconsciente y no se revisa a fondo lo que se ha hecho [3].

Ajustar quiere decir modificar lo necesario para mejorar los resultados que se obtendrán la siguiente vez. Es recomendable decidir los ajustes apoyándose en los resultados de la verificación como indicadores objetivos de desempeño. En el contexto del método científico, la formulación de nuevas hipótesis basada en los resultados de experimentos corresponde a esta etapa. En normas sobre sistemas de calidad se encuentran requisitos sobre acciones correctivas encaminados en esta misma dirección [3].

Es fácil percatarse de la aplicación del ciclo **PHVA**, y por lo tanto de los procesos de medición, en la vida diaria, aun cuando la mayor parte de las veces se aplica de manera inconsciente, como se dijo.

La administración del presupuesto familiar ofrece un claro ejemplo que no se requiere explicación adicional y en el cual los, a menudo desastrosos, resultados encuentran explicaciones claras a la luz de los conceptos de PHVA [3].

En el mundo se han certificado bajo ISO9000, 350 000 empresas, de ese total a México corresponden 1 736, según datos del Conacyt. Instrumentar un sistema de calidad implica gastos. La mayoría de las empresas que lo instalan esperan ver un incremento en sus ganancias, aunque las condiciones del mercado actual obligan muchas de las veces a estas, a instalar sistemas de calidad con el fin de seguir manteniéndose como proveedores, conservar la preferencia de los clientes o evitar sean expulsados del mercado [4].

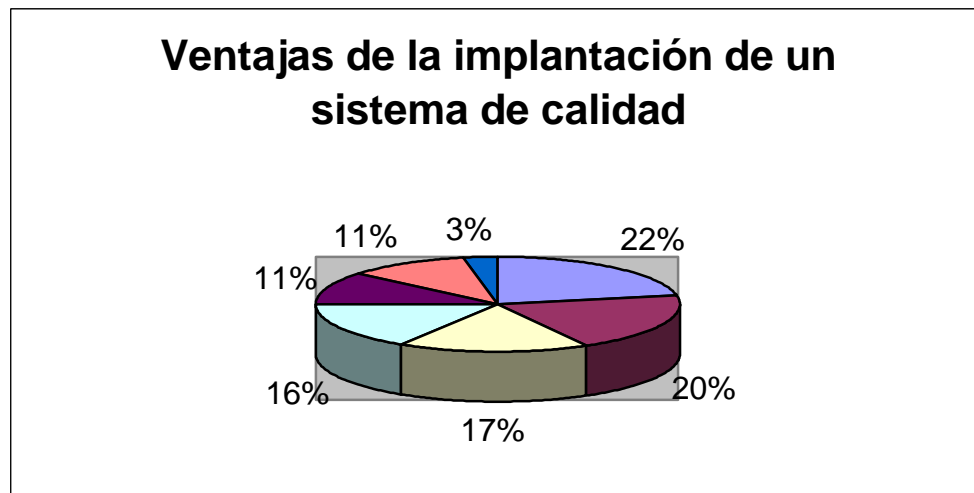


Fig. 1

Organización del trabajo	22%
Buenas relaciones con los clientes	20%
Fidelidad de los clientes	17%
Motivación de personal	16%
Aumento de clientes	11%
Aumento de beneficios	11%
Otros	3%

Fuente. [3] LAS MEDICIONES Y LA CALIDAD. Evaluación de sistemas de medición por incertidumbre, R. Lazos. CENAM

Fuente. [4] Revista mensual MANUFACTURA, CONACYT Agosto de 2001.

1.2 Las mediciones en la calidad

A raíz que aparecen en el mundo los estándares internacionales para el aseguramiento de la calidad **ISO 9000** (Por sus siglas en ingles), al igual estándares para la industria automotriz QS-9000 con más requisitos que cumplir, las mediciones empiezan a tomar un papel muy importante en la satisfacción del cliente.

La mejora continua de calidad se logra con un ciclo de control donde esta incluida la verificación, la cual implica la actividad de medir, tal como se menciono anteriormente.

Medir es indispensable pero no suficiente para la mejora de calidad.

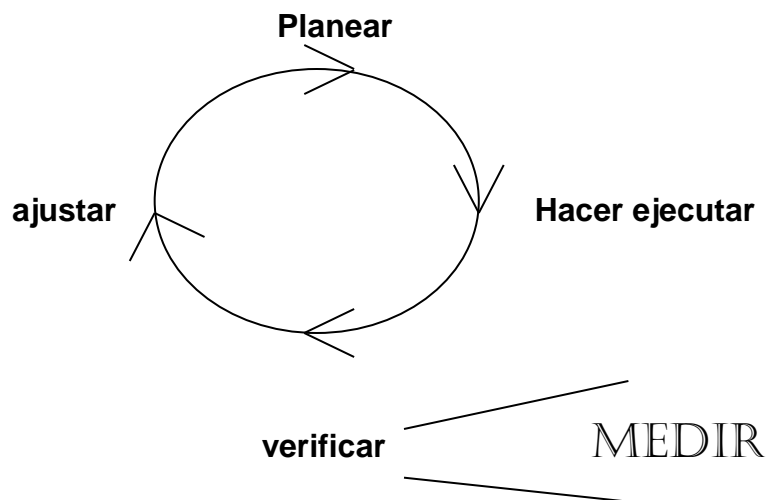


Fig. 2 Ciclo de control de la calidad

MEDIR

Medir es el conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de una magnitud. Medir hace posible efectuar comparaciones objetivas, pues una vez que se asigna un número y se determina la forma de asignar ese número, adquirimos la capacidad de medir cantidades similares y compararlas sin la influencia preponderante y subjetiva de nuestra opinión [5].

Fuente. [5] Vocabulario internacional de términos fundamentales y generales de metrología
Publicación técnica CNM-MMM-PT-001, CENAM.

“Cuando puedes medir aquello de lo que estas hablando y expresarlo con números entonces conoces algo de ello, pero si no puedes expresarlo en números, tu conocimiento es superficial e insatisfactorio” Lord Kelvin.

Temperatura ambiente: **25,5 °C ± 0,1 °C**

Medir bien trae beneficios fácilmente apreciables, entre los que podemos citar los siguientes.

Medir bien:

Permite garantizar la calidad del producto.

Disminuye los costos de no calidad.

Apoya objetivamente la toma de decisiones.

Aumenta la eficiencia en el uso de recursos.

Facilita la dilución de controversias.

Aumenta la confianza de los clientes.

Medir bien ayuda a mantener el negocio.

Por lo que es posible afirmar que: ***si medimos bien la organización puede prosperar pero si no medimos bien la organización puede fracasar*** [6].

Los modelos de aseguramiento de la calidad tienen como objetivo asegurar al cliente y al fabricante mismo, **la calidad** de sus productos o servicios.

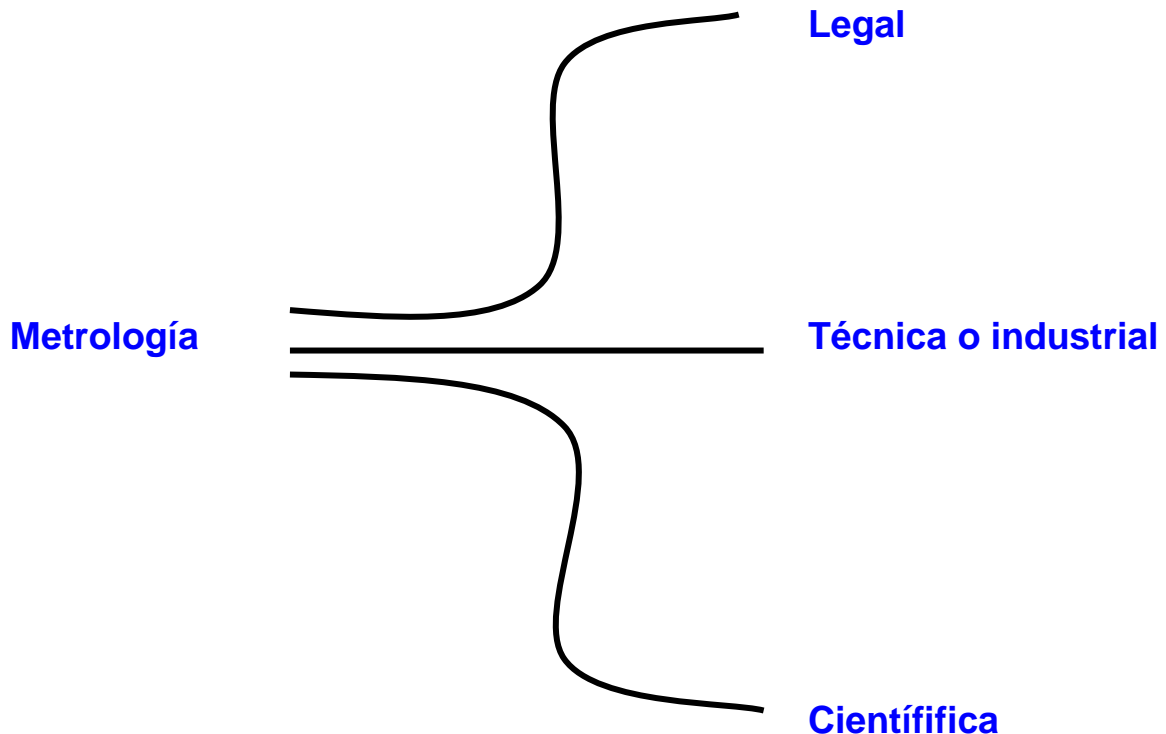
Fuente. [6] Curso Taller CUANTIFICACIÓN DE INCERTIDUMBRES, Centro Nacional de Metrología, MC. Rubén J. Lazos Martínez

Es necesario hacerse una pregunta **¿Cómo puedo obtener mediciones confiables?** Para ello es necesario conocer y mejor aun aplicar conceptos de metrología en el control de calidad durante la fabricación de productos y servicios, para asegurar que este cumplirá con las especificaciones pactadas con el cliente y a su vez coadyuvar a mantener la preferencia de los clientes.

Metrología = Ciencia de las mediciones

La **metrología** incluye todos los aspectos teóricos relacionados con las mediciones; cualquiera que sea su incertidumbre y en cualquier campo de la medición. La metrología juega un papel esencial en la actividad humana de un país.

Tipos y aplicaciones de la metrología:



Metrología técnica o industrial:

Sirve de base para: implantar, administrar y mantener un sistema de confirmación metrológica en cualquier sistema de medición involucrado con el control de calidad y/o procesos de producción. Su aplicación es directamente sobre los instrumentos o equipos de medición, normas o procedimientos, sistemas de unidades, personal para ello y las condiciones para ello.

Metrología legal:

Se ocupa de establecer: el sistema general de unidades de medida, los requisitos para la fabricación, importación, reparación, venta, verificación y uso de los instrumentos para medir y los patrones de medición, la obligatoriedad de la medición en transacciones comerciales y de indicar el contenido neto en los productos envasados, también la de instituir el sistema nacional de calibración, fomentar la transparencia y eficiencia en la elaboración y observancia de normas, coordinar las actividades de normalización, certificación, verificación y laboratorios de prueba de dependencias gubernamentales, así como la aprobación de modelo de nuevos instrumentos de medición; su aplicación recae directamente en el estado [7].

Metrología científica:

Es la encargada de generar y mantener los patrones nacionales de medición; esto es, las unidades básicas del sistema internacional de unidades y las unidades derivadas apropiadas, también el de proporcionar servicios de certificación y de calibración a los laboratorios secundarios; como a todos aquellos que no puedan obtener el nivel dado de exactitud, al igual apoyar los servicios de metrología legal, dar entrenamiento especializado en metrología, realizar investigación sobre patrones de medición y sobre proyectos especiales para la industria y agencias gubernamentales, diseminar información sobre metrología hacia la industria y los sectores científicos y académicos [8].

La confianza que el fabricante quiere tener en su producto para demostrar al cliente, que su modelo de Aseguramiento de calidad es eficiente, depende en gran parte de su **Sistema metrológico** [8].

Fuente. [7] Ley federal sobre metrología y normalización, última reforma 19/05/1999.

Fuente. [8] Publicación informativa de la Dirección General del Centro Nacional de Metrología, 1995.

1.2 El mundo de la experiencia y la metrología [9]

La experiencia humana es muy variada; constantemente vemos, oímos, olemos, probamos y tocamos objetos y productos, es decir, hay un constante flujo de sensaciones. El trabajo de la metrología es describir en forma ordenada esta experiencia, un trabajo que la curiosidad del hombre ha conducido por muchos siglos y que presumiblemente nunca terminará, por fortuna. El metrólogo ha seleccionado como campo de estudio una porción especial de la gran variedad de experiencias humanas. En la actualidad, un experimento físico que no involucre medición es considerado poco valioso.

Es esencial notar que una ley física o metrológica sólo es la descripción fundamental, preferiblemente en forma simbólica algebraica, de una rutina de experiencia física. Por lo tanto una ley física describe, desde la mejor percepción, cómo la naturaleza parece ser. La metrología sólo será una colección de leyes físicas aplicables a los fenómenos de varios campos; el trabajo del metrólogo es el de concebir su aplicación metódica.

El hecho infortunado, sin embargo es que la persona promedio no siempre vincula los avances tecnológicos con la metrología. Cuando establece esta conexión, dicha persona está más en la ingeniería y olvida que atrás del ingeniero siempre está la ciencia pura: la física y la metrología. En nuestros días, el progreso tecnológico va de la mano con el desarrollo de la física y la metrología puras, en los laboratorios de investigación de grandes instituciones y corporaciones.

Es posible revisar parte de la historia del hombre y percatarse de las contribuciones que se han realizado para el desarrollo de estas leyes. No es posible saber cuando surgen las unidades para contar y medir, pero la necesidad de hacerlo aporta ingredientes básicos que requiere la metrología, como mínimo, para desarrollar su actividad fundamental como ciencia que estudia los sistemas de unidades, los métodos, las normas y los instrumentos para medir. Se mencionan algunas de estas contribuciones

Como ejemplo podemos referirnos al antiguo testamento de la Biblia, donde se cita el relato metrológico más antiguo y su concepto de referencia a un patrón o trazabilidad y honestidad .

“No cometáis injusticia en los juicios, ni en las medidas de longitud, de peso o de capacidad: tened balanza justa, peso justo, medida justa y sextario justo. Yo soy Yahveh vuestro dios, que os saqué del país de Egipto”

Antiguos filósofos griegos:

Democrito (460-370 a.c.)

Marco el inicio de la teoría atómica “Todo ser real consta de un numero infinito de partículas indivisibles e imperceptiblemente pequeñas a las que llamo átomos”.

Sócrates (469-399 a.c.)

Creador de la mayéutica, método inductivo que permitía llevar a la resolución de problemas valiéndose de las leyes de la lógica, no escribió ni un solo libro.

Platón (427-347 a.c.)

Admirador de Sócrates, El método de enseñanza era el diálogo conforme a las preferencias de Platón por un aprendizaje vital, sin discusiones dirigidas entre los alumnos, métodos pedagógicos que aún perduran.

Aristóteles (384-322 a.c.)

Gran observador de los fenómenos naturales, colector y organizador de sus observaciones en forma documental, escribió el primer “libro de texto” de física, incluyendo algunas citas metrológicas.

Arquímedes (287-212 a.c)

Por sus aportaciones a las Matemáticas, a la ciencia de la mecánica y desarrollo de la noción del centro de la gravedad esta considerado como el primer físico moderno influyendo de manera significativa a Galileo.

Ptolomeo (90-68 d.c.)

Astrónomo, matemático y geógrafo egipcio, llego a la conclusión que las matemáticas y la lógica serían elementos esenciales para entender la estructura del universo, creador de 13 libros sobre trigonometría y astronomía llamados *Megale Sintaxis o Constructio Matemática*.

Época medieval y del renacimiento:

Galileo Galilei (1564-1642)

Su método experimental y de observación directa sirvieron de base a la ciencia moderna. Estableció las dos primeras leyes del movimiento y así sentó las bases de la mecánica, en las matemáticas encontró la base de su verdadero conocimiento de la naturaleza.

Isaac Newton (1642-1727)

Uno de los más grandes genios científicos que ha dado la humanidad, desarrollo el cálculo colocándose a la cabeza de los matemáticos de su época, con su obra capital *Principia Mathematica* donde presentó un innovador esquema general del universo cierra con broche de oro, la llamada revolución científica. Nace en el año en que muere Galileo.

Siglo XVIII y XIX:

En 1670, Mouton (Escolástico Francés) propuso usar la diezmillonésima parte del cuadrante terrestre(lo cual corresponde a la cuarentamillonesima parte del meridiano) como estándar de longitud. Desde entonces se ha estado buscando un método de medición relacionado con la Tierra. En junio de 1772 se comenzó a medir la distancia entre Dunkerke (al norte de Francia) y Barcelona (en las costas del Mediterráneo Español) por medio de triangulación. Entonces se utilizó un goniómetro tipo reversible, inventado por Borda, cuya exactitud era de un segundo. La medición se termino en 1798. Lagrange tuvo la responsabilidad de establecer el uso del metro en Francia hace 200 años

Leonard Euler (1707-1783)

Las investigaciones matemáticas de Euler están vinculadas a un gran número de formulas y teorías, sus trabajos son exposiciones concretas y precisas, y sus análisis rigurosos y profundos.

Daniel, Jacob y Johan Bernoulli (1700-1748)

Contribuyeron en el campo de las matemáticas y la física (El cálculo matemático, el cálculo infinitesimal, el cálculo diferencial e integral, el estudio del flujo de los fluidos y el estudio del comportamiento de los gases son algunos de los trabajos más importantes de este grupo de científicos).

Lagrange (1736-1813)

El gran tratado de Lagrange mecánica analítica reduce la mecánica a una rama del análisis matemático, mientras Laplace trabaja con el movimiento de los planetas el cual es tan exacto que el autor asegura: “¡ Ya no se necesita a Dios en el universo !”

Ampere (1775-1836)

Ampere desarrolló la teoría matemática que no sólo explicó las relaciones que habían sido observadas entre la corriente y el campo magnético sino predijo muchas nuevas.

Faraday (1791-1867)

Químico y físico ingles, sus contribuciones son: conceptos para el entendimiento de fenómenos electrostáticos, la ley de cargas iguales y opuestas y el tubo de faraday.

Fuente. [9] METROLOGÍA, Carlos González / Ramón Zeleny, Editorial Mc Graw Hill, 1995.

1.3 Reseña y perspectiva de las mediciones en México [10] [10.1]

En el México precortesiano, los sistemas de pesas y medidas eran ampliamente usados por necesidades del comercio local e interregional, seguramente al lado de normas aceptadas para uso cotidiano, en un nivel de formalidad incipiente pero ampliamente usadas para la evaluación de la conformidad.

Uno de los logros innegables de la metrología precortesiana es la medición de tiempo mediante métodos astronómicos, cuyos efectos en las obligaciones religiosas pueden ser interpretados como repercusiones en la normalización local.

El dominio Español en México trajo aparejada una gran cantidad de usos y costumbres peninsulares, y con ellas los sistemas vigentes de metrología y normalización. El sistema usado para la navegación marítima en Europa constituye un ejemplo de tal transmisión.

La época napoleónica en Europa trae consigo la democracia a las medidas, procurando el uso de una misma medida para todos los usos y todos los usuarios. Los privilegios reales y autoritarios decaen para dar paso paulatinamente a los sistemas consensuados por los usuarios y de aplicación común.

La revolución industrial marca un hito por sus profundas repercusiones en lo que hoy denominaríamos un sistema MNPC. La competencia cada vez más global convierte al costo, la oportunidad y la velocidad de respuesta en atributos importantes de los esquemas de producción como indicadores de su competitividad. La etapa artesanal de los sistemas de producción va quedando en el olvido, o en la curiosidad en el mejor de los casos.

La producción en serie y la consiguiente pérdida de comunicación directa entre fabricante y usuario son causa de la búsqueda de la eficiencia en la demostración del cumplimiento de la oferta del fabricante al cliente para cada uno de los clientes, ahora numerosos y dispersos.

Para atender la evaluación de la conformidad de la oferta con el producto entregado, en esta época de globalidad apenas iniciada, se buscan naturalmente acuerdos benéficos para fabricante y usuario respaldados en medidas con referencias comunes, preferentemente universales, y documentados frecuentemente en normas.

México adopta formalmente el sistema decimal en 1857 en plena reforma, establece oficinas verificadoras de pesas y medidas en 1883, ocho años después de la firma en París de la Convención del Metro a la cual se adhiere en 1890, y en 1892 recibe su primer patrón formalmente avalado por la citada convención.

Las postrimerías del siglo XIX atestiguan el fortalecimiento de las ligas entre los elementos de los sistemas de medición y de normalización. La industria Alemana impulsa la creación en 1887 de un instituto de metrología, ahora conocido como PTB, con un soporte científico sólido para apoyo de su propio desarrollo y competitividad.

Los organismos normalizadores formales hacen su aparición de manera concatenada con los institutos metrológicos. Un ejemplo notorio es la ASME en EUA en 1880, que precedió en dos décadas a la fundación en 1901 de su respectivo instituto nacional de metrología, ahora NIST. En otras economías también se promueve la creación de institutos de metrología, como el National Physical Laboratory en el reino unido en 1900.

En 1905 el gobierno mexicano establece como patrones nacionales los prototipos del kilogramo y del metro recibidos del BIPM.

Por conveniencia propia, las economías industrializadas han sido pioneras en la creación de institutos de metrología sólidos y de organismos dedicados a la normalización, sin que resulte extraña la simultaneidad de sus apariciones. No se conoce economía industrializada carente de institutos de metrología o de organismos normalizadores robustos. Asegurar la consistencia de la norma documentada con su aplicación cabal hace necesaria también la existencia de organismos de evaluación de la conformidad confiables garantes de sus competencia técnica indispensable y suficiente.

Al inicio de la década de los 80's, el sistema de mediciones y pruebas mexicano se reactiva con el establecimiento por decreto del Sistema Nacional de Laboratorios de pruebas SINALP y el Sistema Nacional de Calibración SNC, el fortalecimiento del sistema normalizador nacional y la aparición del “**Proyecto CENAM**”.

En esta época la evaluación de la conformidad se hizo con normas “adaptadas” de las versiones internacionales. En poco tiempo las intenciones de acuerdos de reconocimiento demostraron la conveniencia de mantener la equivalencia del sistema mexicano para la evaluación de la conformidad. En 1989 aparecen las recomendaciones de la serie SNC para la evaluación de la competencia técnica de laboratorios, con base en la norma internacional vigente pero sin llegar a ser su equivalente. Otra característica del sistema normalizador de entonces es el tiempo transcurrido entre la emisión de la versión internacional y la correspondiente de la norma en México: Transcurren siete años entre la emisión del documento ISO Guide 25 y la recomendación SNC. D-2; la primera versión de ISO 9000 se emite en 1987 y la norma mexicana correspondiente se emite en 1990. Es alentador contemplar que la 2ª . Versión de ISO 9000 se emite en 1994 y la norma mexicana respectiva es emitida en 1995.

Los mercados en el mundo se han transformado de mercados dominados por proveedores a dominados por los criterios de los compradores. La calidad de los productos y servicios sobresale por encima de criterios de existencia o mera funcionalidad. Las economías impulsan la calidad de sus productos como ventaja competitiva mediante los llamados premios nacionales de calidad, que después derivarán en premios nacionales de calidad regionales, estatales, sectoriales, etc. El premio Deming se instituye en Japón, el Premio Malcolm Baldrige en EUA y en México el Premio Nacional de Calidad, ahora con criterios similares.

El año de 1994 representa un hito para el sistema de mediciones, normalización, pruebas y calidad en México: entra en vigor el Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y Canadá, y se inician las operaciones del CENAM en sus instalaciones en el Municipio de El Marqués, Querétaro.

Los años siguientes son marcados por una intensa capacitación del personal del CENAM en institutos de metrología destacados como el NIST en EUA, el NCR en Canadá, el PTB en Alemania, el IMGC en Italia, el NEL en Escocia, hasta alcanzar 1267 meses-persona a finales del año 2000. En casi todos los casos los costos de entrenamiento son absorbidos por la generosidad de tales centros metrológicos. El CENAM documenta un patrón como patrón nacional por primera vez en 1995.

En 1997, William D. Phillips (NIST) es galardonado con el premio Nóbel de Física por sus investigaciones que sirven en soporte al avance de múltiples ramas de la metrología.

La entidad mexicana de acreditación (ema) es autorizada en 1999 como organismo acreditado de organismos certificadores, unidades de verificación y laboratorios de calibración y de pruebas. De esta manera se pretende aplicar cabalmente las normas y verificar su cumplimiento en sistemas, productos y organismos.

Fuente. [10] RESEÑA Y PERSPECTIVA DE LAS MEDICIONES EN MÉXICO,
1^{er} Simposio de metrología en México, CENAM , Ponencia MC. Héctor Nava Jaimes,
Mayo 2001, Querétaro, México.

¿Con qué se mide ?



Muy menudo nos cuidamos mucho en obtener un buen resultado al realizar una medición pero no le damos la importancia necesaria a los términos que se utilizan para expresarlo, lo cual es una de las principales dificultades con que nos encontramos y nos provocan confusiones cuando tratamos de hacerlo; de hecho estas dificultades provienen de una falta de conocimiento del significado de los conceptos que deben utilizarse. Por ello se necesita hacer uniforme la cabal comprensión de los términos en que deben expresarse los metrologistas, para ello este vocabulario [5].

MAGNITUDES, UNIDADES Y MEDICIONES

Medición

Conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de una magnitud

Nota: Las operaciones pueden ser realizadas automáticamente

Magnitud (Base)

Atributo de un fenómeno, cuerpo o sustancia que puede ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente.

Ejemplos de magnitudes de sentido general: longitud, tiempo, masa, temperatura, resistencia eléctrica, concentración de cantidad de sustancia.

Mensurando

Magnitud particular sujeta a medición.

Ejemplos: presión de vapor de una muestra determinada de agua a 20 °C

Dimensión de una magnitud

Expresión que representa una magnitud de un sistema de magnitudes como el producto de factores que representan una potencia de las magnitudes de base de ese sistema.

Ejemplo: en un sistema que tenga como magnitudes de base a la longitud, la masa y el tiempo, cuyas dimensiones son designadas por L, M y T respectivamente, LMT^{-2} es la dimensión de la fuerza.

Unidad (de medida)

magnitud particular, definida y adoptada por convención, con la cual se comparan las otras magnitudes de la misma naturaleza para expresar cuantitativamente su relación con esta magnitud.

Nota. Las unidades de medida tienen asignadas en forma convencional nombres y símbolos.
Ejemplos: las dimensiones de flujo volumétrico son $L^3 t^{-1}$, sus unidades en el SI son m^3 / s .
 $Kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} =$ (energía)

Sistema internacional de unidades

El sistema coherente de unidades adoptado y recomendado por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) o por sus siglas en inglés (BIPM).

MAGNITUD	UNIDAD	SIMBOLO
Masa	kilogramo	Kg
tiempo	segundo	s
corriente eléctrica	ampere	A
Temperatura termodinámica	kelvin	K
Cantidad de sustancia	mol	Mol
Intensidad luminosa	candela	Cd
longitud	metro	m

Fig. 4

Nota. Las unidades de todas las otras magnitudes, hasta ahora, pueden expresarse en términos de éstas. Por ejemplo, la unidad de potencia (el watt) puede expresarse como energía / tiempo, o como fuerza x desplazamiento / tiempo, o como masa x aceleración x desplazamiento / tiempo, es decir $1 \text{ watt} = 1 \text{ kg m}^2 / \text{s}^3$

Valor (de una magnitud)

expresión cuantitativa de una magnitud particular, expresada generalmente en la forma de una unidad de medición multiplicada por un número.

* Valor verdadero (de una magnitud)

valor consistente con la definición de una determinada magnitud particular.

Nota. Los valores verdaderos son por naturaleza indeterminados, este es un valor que se obtendría por una medición perfecta.

*** Valor convencionalmente verdadero (de una magnitud)**

Valor atribuido a una magnitud particular y aceptado, algunas veces por convención, como un valor que tiene una incertidumbre apropiada para un propósito determinado.

Principio de medición

Base científica de una medición

Ejemplos:

el efecto termoeléctrico aplicado a la medición de temperatura;
el efecto Josephson aplicado a la diferencia de potencial eléctrico;
el efecto Doppler aplicado a la medición de velocidad.

Método de medición

Secuencia lógica de operaciones, descrita de manera genérica, utilizada en la ejecución de las mediciones

Pueden ser calificados en varias formas tales como: método de sustitución; método diferencial; método nulo o cero.

Procedimiento de medición

Conjunto de operaciones, descrito específicamente, para realizar mediciones particulares de acuerdo a un método determinado

Un procedimiento de medición es usualmente descrito con ese nombre, con suficiente detalle que permite al operador efectuar una medición sin información adicional.

Magnitud de influencia

magnitud que no es el mensurando pero que afecta al resultado de la medición.

Ejemplo:

La frecuencia en la medición de la amplitud de una tensión eléctrica alterna;
La temperatura de un micrómetro cuando se trata de la medida de una longitud.

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y SUS CARACTERÍSTICAS

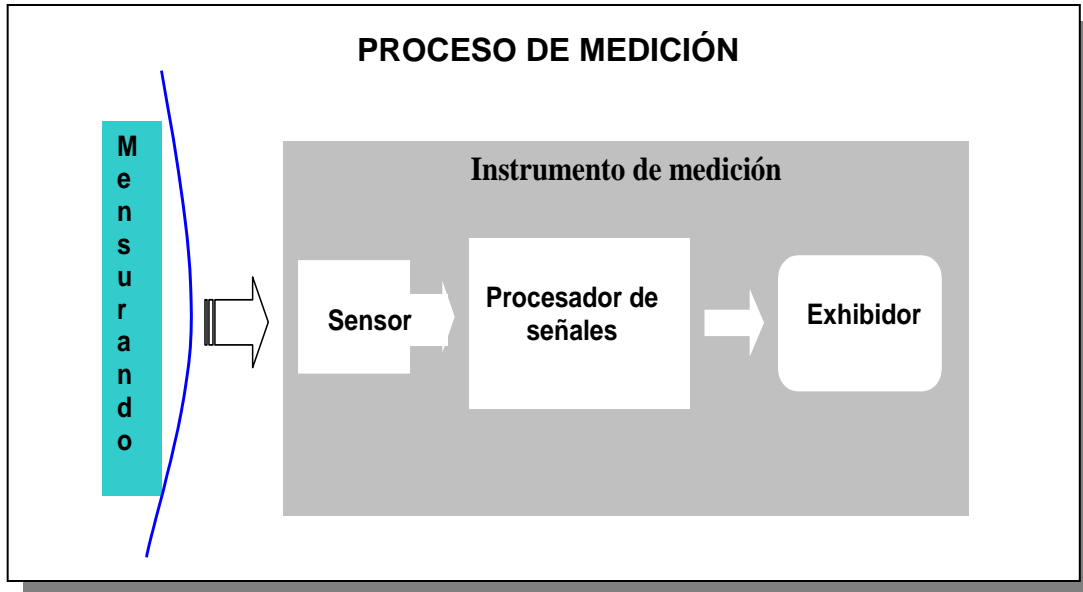


Fig. 5

Instrumento de medición

dispositivo destinado a ser utilizado para hacer mediciones sólo o en conjunto con dispositivos complementarios

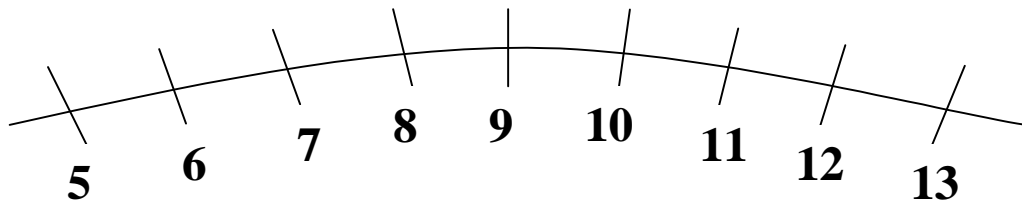


Fig. 6

Escala

Conjunto ordenado de marcas, con una numeración asociada, que forma parte de un dispositivo indicador de un instrumento de medición.

Alcance

intervalo de la escala obtenida por una posición dada de los controles de un instrumento de medición.

Ejemplo: 5 a 13 unidades

Intervalo

modulo de la diferencia entre los dos límites del alcance.

Ejemplo: 8 unidades

Resolución

expresión cuantitativa de un dispositivo indicador para distinguir significativamente valores adyacentes de la magnitud medida.

Ejemplo: Depende de la experiencia del operario, tamaño de la aguja entre otros factores

Valor de una división de escala

diferencia entre los valores correspondientes a dos marcas sucesivas de la escala.

Ejemplo. 1 unidad

Estabilidad

aptitud de un instrumento para conservar constantes sus características metrológicas.

Deriva

variación lenta con el tiempo de una característica metrológica de un instrumento.

Histéresis

propiedad de un instrumento donde la respuesta a una señal de entrada depende de la secuencia de las señales de entrada (o los valores de las magnitudes de influencia) precedentes.

Condiciones de referencia

condiciones de uso prescrito para los ensayos de funcionamiento de un instrumento o para la intercomparación de resultados de mediciones.

Ajuste

Operación de llevar un instrumento de medición a un estado de funcionamiento adecuado para su uso.

Sensibilidad

Cambio en la respuesta de un instrumento de medición dividido por el correspondiente cambio del estímulo.

Fuente: [5] Vocabulario internacional de términos fundamentales y generales de metrología ISO, CNM-MMM-PT-001, CENAM, todas las definiciones anteriores pertenecen a esta fuente

2.2 Resultados de las mediciones [5]

Exactitud

La proximidad de concordancia entre el resultado de una medición y el valor verdadero del mensurando.

Notas. El concepto de exactitud es cualitativo, el termino **precisión** no debe ser utilizado por exactitud.

Precisión

Calidad de preciso (preciso: Exactamente o estrictamente determinado o definido;puntual,fijo,cierto) [11]

Nota. En metrología este concepto no esta definido, esta definición corresponde al vocabulario utilizado por la lengua española, por ello se recomienda no utilizar este termino en metrología.

* Incertidumbre

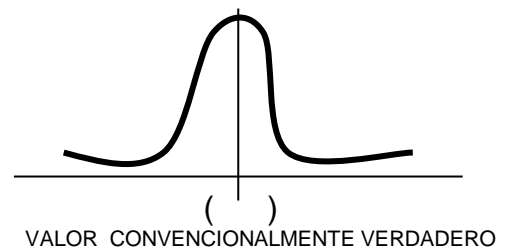
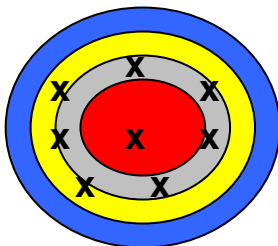
Resultado de la medición que caracteriza el intervalo de valores dentro de los cuales se encuentra el valor verdadero del mensurando.

* Error de medición

El resultado numérico de una medición menos el valor verdadero del mensurando.

Nota. Puesto que el valor verdadero no puede ser determinado, en la práctica se utiliza el valor convencionalmente verdadero el cual tiene una incertidumbre apropiada para un propósito determinado.

EXACTO



NO EXACTO (SI ~~PRECISO~~)

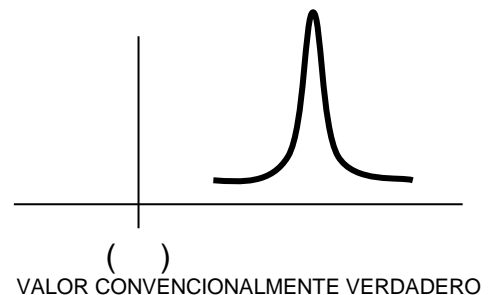
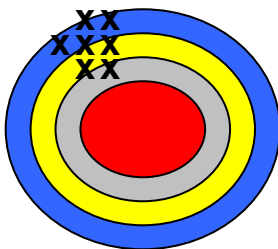


Fig. 7

En los ejemplos anteriores se muestra un juego de dardos para diferenciar un instrumento de medición **exacto** de otro **preciso** en la practica la mayoría confundimos estos conceptos, debemos eliminar el termino **precisión**, al referirnos a exactitud.

Error máximo tolerado (de un instrumento de medición)
Error máximo permisible (de un instrumento de medición)

Valores extremos de un error permitido (tolerado) por las especificaciones, regulaciones, etc. Para un instrumento de medición determinado.

Fuente: [5] Vocabulario internacional de términos fundamentales y generales de metrología ISO, CNM-MMM-PT-001, CENAM, todas las definiciones anteriores pertenecen a esta fuente.

Fuente. [11] Diccionario general de la lengua española VOX

* ***Discusión sobre valor verdadero, error e incertidumbre*** [1]:

D.1 El mensurando

D.1.1 El primer paso para hacer una medición es definir el mensurando – la magnitud que se va a medir el mensurando no se puede definir mediante un valor sino únicamente mediante una descripción de una magnitud. Como sea, en principio, un mensurando no puede ser descrito *completamente* sin hacer uso de una cantidad de información infinita. Por lo tanto, al dejar espacio para hacer interpretaciones, una definición incompleta del mensurando introduce una componente de incertidumbre en la incertidumbre del resultado de la medición que puede o no, ser significativa dependiendo de la exactitud que demande la medición

D.1.2 frecuentemente, la definición de un mensurando especifica ciertas condiciones y estados físicos.

Ejemplo. La velocidad del sonido en aire seco con una composición (fracción molar) de $N_2 = 0,7808$, $O_2 = 0,2095$, $Ar = 0,00935$, y $CO_2 = 0,00035$ a una temperatura de $T = 273,15$ °K y una presión de $P = 101325$ Pa.

D.2 La magnitud realizada

D.2.1 Idealmente la magnitud realizada para medición sería totalmente consistente con la definición del mensurando. Sin embargo, frecuentemente no es posible realizar tal magnitud y la medición se lleva a cabo en una magnitud que es una aproximación del mensurando.

D.3 El valor “verdadero” y el valor corregido

D.3.1 El resultado de la medición de la magnitud realizada se corrige por la diferencia entre esa magnitud y el mensurando para predecir cual habría sido el resultado de la medición si la magnitud realizada hubiera cumplido la definición del mensurando. El resultado de la medición de la magnitud realizada se corrige también por todos los efectos sistemáticos significativos conocidos. A pesar de que el resultado corregido final se considera a veces, como la mejor estimación del valor “verdadero” del mensurando, en realidad el resultado simplemente la mejor estimación del valor de la magnitud que se pretende medir.

D.3.2 Como un ejemplo, supóngase que el mensurando es el espesor de una determinada lámina de material a una temperatura específica. La lámina se lleva a una temperatura cerca de la especificada y se mide su espesor con un micrómetro. El espesor del material en ese punto y a esa temperatura, bajo la presión aplicada por el micrómetro, es la magnitud realizada.

D.3.3 Se determinan la temperatura de el material en el momento de la medición, y la presión aplicada. El resultado no corregido de la medición de la magnitud realizada se corrige entonces tomando en cuenta la curva de calibración del micrómetro, la diferencia entre la temperatura de lámina y la temperatura especificada, y la ligera compresión de la lámina por la presión aplicada.

D.3.4 Al resultado corregido se le puede llamar la mejor estimación del valor “verdadero”, en donde “verdadero” se refiere al valor de la magnitud que se cree satisface plenamente la definición del mensurando; pero si el micrómetro se hubiera aplicado a alguna parte diferente de la lámina, entonces la magnitud realizada hubiera sido diferente y se tendría un valor “verdadero” diferente.

Sin embargo, este valor “verdadero” sería consistente con la definición del mensurando debido a que nunca se especificó que el grosor tendría que ser determinado en algún lugar específico de la lámina. Por lo tanto, en este caso, debido a la definición incompleta del mensurando, el valor “verdadero” tiene una incertidumbre que puede ser evaluada a partir de las mediciones hechas en diferentes lugares de la lámina. Hasta cierto punto, cada mensurando tiene una incertidumbre “intrínseca” que, en principio, puede ser estimada de alguna manera. Esta es la mínima incertidumbre con la cual se puede determinar un mensurando, y cada medición que alcanza tal incertidumbre puede tomarse como la mejor medición posible del mensurando. Para obtener un valor de la magnitud en cuestión con una menor incertidumbre se requiere que la definición del mensurando sea más completa.

Notas:

- 1 En el ejemplo, la definición del mensurando deja en duda muchos otros aspectos que posiblemente podrían afectar el grosor de la lámina: la presión barométrica, la humedad, el comportamiento de la lamina en un campo gravitacional, la manera como se sostiene, etc.
- 2 A pesar de que el mensurando debe definirse a tal detalle que cualquier incertidumbre que provenga de una definición incompleta sea despreciable en comparación con la exactitud de la medición requerida, se debe reconocer que esto no siempre es posible. La definición podría estar incompleta, por ejemplo, por no especificar parámetros cuyos efectos se han supuesto injustificadamente despreciables; o podría implicar condiciones que nunca podrán ser plenamente cubiertas y cuya realización imperfecta es difícil de tomar en cuenta. Para ilustrar lo anterior, tomemos el ejemplo de D.1.2 en donde la velocidad del sonido implica ondas planas infinitas de una amplitud muy pequeña. Al no satisfacer la medición estas condiciones, tendrían que tomarse en cuenta la difracción y los efectos no lineales.
- 3 La definición inadecuada del mensurando puede llevar a discrepancias entre los resultados de la misma magnitud llevada a cabo en diferentes laboratorios.

D.3.5 El termino “valor verdadero de un mensurando” o de una magnitud (frecuentemente simplificado a “valor verdadero”) se evita en esta *Guía* porque la palabra “verdadero” se considera redundante. “Mensurando” significa “magnitud particular sujeta a medición”, por lo tanto “valor del mensurando” significa “valor de una magnitud particular sujeta a medición”. Ya que “magnitud particular” se entiende generalmente como magnitud definida o especificada, el adjetivo

“verdadero” en “valor verdadero de un mensurando” (o en “valor verdadero de una magnitud”) no es necesario el valor “verdadero” del mensurando (o magnitud) es simplemente el valor del mensurando (o magnitud). Además, como se indicó en la discusión anterior, un valor “verdadero” único no es más que un concepto idealizado.

D.4 El resultado corregido de una medición no es el valor del mensurando, es decir, existe un error, debido a una medición imperfecta de la magnitud realizada por variaciones aleatorias en las observaciones (efectos aleatorios), determinación inadecuada de correcciones por efectos sistemáticos y conocimiento incompleto de ciertos fenómenos físicos (que son también efectos sistemáticos). Nunca podrán conocerse exactamente ni el valor de la magnitud realizada ni el del mensurando; lo único que podemos conocer son sus valores estimados. En el ejemplo anterior, el grosor medido de la lámina *puede* tener un error, es decir, puede diferir del valor del mensurando (el grosor de la lámina) debido a que cada uno de los siguientes factores pueden combinarse para contribuir con un desconocido al resultado de la medición:

- a) Diferencias pequeñas en las lecturas del micrómetro cuando se aplica repetidamente a la misma magnitud realizada;
- b) Calibración imperfecta del micrómetro
- c) Medición imperfecta de la temperatura y de la presión aplicada
- d) Conocimiento incompleto de los efectos de temperatura, presión barométrica y humedad en la lámina o en el micrómetro o en ambos.

D.5 Incertidumbre

D.5.1 Mientras que los valores exactos de las contribuciones al error de un resultado de una medición son desconocidos y no se pueden conocer *las incertidumbres* asociadas con los efectos aleatorios y sistemáticos que dan lugar al error pueden ser evaluadas. Pero aún si las incertidumbres evaluadas son pequeñas, no existe garantía de que el error en el resultado de la medición sea pequeño; ya que podría pasarse por alto algún efecto sistemático, en la determinación de una corrección o debido a la falta de conocimiento, por no haberse identificado. Por tanto, la incertidumbre del resultado de una medición no es necesariamente una indicación de la factibilidad de que el resultado de la medición este cerca del valor del mensurando; simplemente implica un estimado de la factibilidad de cercanía con

el mejor valor que es consistente con el conocimiento disponible actualmente.

D.5.2 Incertidumbre de medición es, por lo tanto, una forma de expresar el hecho de que, para un mensurando y su resultado de medición dados, no hay un solo valor, sino un número infinito de valores dispersos alrededor del resultado que son consistentes con todas las observaciones, datos y conocimientos que se tengan del mundo físico, y que con distintos grados de credibilidad pueden ser atribuidos al mensurando.

D.5.3 Afortunadamente en muchas de las situaciones prácticas de medición no tienen aplicación mucho de lo discutido de este anexo. Algunos ejemplos son: cuando el mensurando está definido adecuadamente; cuando los patrones o instrumentos son calibrados usando patrones de referencia bien conocidos y que son trazables a patrones nacionales; y cuando las incertidumbres de las correcciones de calibración son insignificantes comparadas con las incertidumbres provenientes de efectos aleatorios en las lecturas de instrumentos, o de un limitado número de observaciones. Sin embargo, el conocimiento incompleto de las magnitudes que influyen en la medición y sus efectos pueden, con frecuencia, contribuir significativamente a la incertidumbre del resultado de una medición.

Fuente. [1] Anexo D, Reporte Técnico, CNM-MED-PT-0002, GUÍA BIPM/ISO PARA LA EXPRESIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES, CENAM.

*** Reflexiones sobre medición e incertidumbre [3].**

Las cantidades sujetas a medición son de la naturaleza muy variada, desde magnitudes físicas como la temperatura, presión, tensión eléctrica, etc., indicadores económicos y de desempeño (como número de defectos y tasas de inflación) hasta cantidades mucho más difíciles de medir como los niveles de motivación o de compromiso del personal de una organización. Es más sencillo cuantificar el peso de un(a) estudiante que medir su motivación para seguir una carrera universitaria. Sin embargo, **No por ser difícil medir prefiramos dejar de medir.**

Una vez que nos percatamos de la necesidad vital de medir, vale la pena considerar algunos hechos relacionados con el proceso de medir. Como ilustración, consideremos la medición del tiempo, específicamente, nos proponemos determinar la “hora”.

Este proceso cotidiano, realizado de manera rutinaria y automática casi siempre, tiene algunos rasgos dignos de análisis:

1.- Decir que es temprano o es tarde implica tener sólo cierto conocimiento vago que impide actuar con efectividad; usualmente preferimos señalar la hora en números para los compromisos serios. Entonces,

♦ **Se empieza a conocer un concepto cuando se cuantifica.**

2.- Al buscar la hora “exacta”, tenemos oportunidad de hacerlo consultando fuentes de distinta confiabilidad como el reloj del prójimo, estaciones radiodifusoras, el servicio telefónico, laboratorios especializados, hasta la opción más sofisticada como el laboratorio nacional; sin embargo, por muy confiable que sea la fuente, siempre estarán presentes limitaciones para determinar la hora “exacta” en mayor o menor grado. Puede afirmarse entonces que

♦ **La naturaleza nos impide conocer con certeza absoluta el valor verdadero de una magnitud, siempre nos queda una incertidumbre.**

3.- Como consecuencia de las reflexiones anteriores, deducimos que

- ♦ **La incertidumbre debe estimarse pero no admite una determinación absolutamente exacta.**

4.- La mala noticia es que es imposible determinar la “hora exacta”, la buena es que podemos determinar el intervalo de valores en el que se encuentra la “hora exacta”, el valor verdadero. Por lo tanto,

- ♦ **La expresión completa del resultado de una medición requiere al menos de dos números: el valor considerado como el más próximo al verdadero, y el valor de la incertidumbre respectiva.**

5.- Al expresar la hora, es mejor decir que son las 5 h 10 min más o menos 2 min, que decir son las 5 h 10 min a secas, pues la primera alternativa está dando información más completa.

- ♦ **La incertidumbre aumenta con cada operación de comparación.**

6.- Efectivamente, la incertidumbre en la hora marcada por mi reloj será más pequeña si lo sincronizo con la señal de la radio que si lo hago con la lectura de un segundo reloj sincronizado a su vez con la señal de la radio: A la incertidumbre obtenida en la sincronización del segundo con la radio se agregará la consecuente de la sincronización entre los dos relojes.

- ♦ **El nivel de incertidumbre adecuado depende de las necesidades del cliente.**

7.- Como una de las características de una medición, la incertidumbre está dirigida a satisfacer una necesidad del cliente por lo que debe ser congruente con ella. Incertidumbres demasiado grandes o demasiado pequeñas serán inútiles, en el primer caso porque no se alcanzará la capacidad para discriminar las variaciones de interés, y en el segundo porque será demasiado costoso hacerlo. Cierta Doctor tiene la política de atender sus citas dentro de una tolerancia de 3 min. Uno de sus relojes, con manecillas, tiene cuatro marcas únicamente: en las 12, las 3, las 6 y las 9, por lo que es aventurado usarlo para discriminar lapsos

de tres minutos. Consiguió otro reloj con un cronómetro que exhibe lecturas hasta 1/100 s, pero tampoco ha podido usarlo eficientemente para el propósito en cuestión.

- ♦ **La incertidumbre depende de todo el sistema de medición.**

Cualquier sistema de medición tiene tres componentes: el equipo, la administración y el personal. Y es indispensable que las tres componentes funcionen adecuadamente para lograr el propósito del sistema: **medir**. El equipo, como componente, incluye los instrumentos e instalaciones; la administración comprende las políticas, procedimientos, y todos los elementos que indican qué y cómo medir. Si una de las tres componentes no se desempeña como se pretende, entonces el sistema arrojará resultados deficientes. O de otro modo, diseñar y construir un sistema de medición no significa solamente conseguir el aparato, sino también implantar los procedimientos adecuados para que los apliquen personas con el entrenamiento apropiado. No puedo aprovechar la capacidad del reloj de mi compadre de exhibir 1/100 s, para obtener incertidumbres de ese orden, pues mi tiempo de reacción y el procedimiento de sincronización, entre otros factores, influyen en contra. Necesito procedimientos, entrenamiento y posiblemente equipo adicional para poder hacerlo.

Fuente. [3] LAS MEDICIONES Y LA CALIDAD. Evaluación de sistemas de medición por incertidumbre, R. Lazos. CENAM

Repetibilidad

proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurando, con la totalidad de las condiciones siguientes: Mismo método de medición, mismo observador, mismo lugar, mismas condiciones de uso, repetición en periodos cortos de tiempo.

Reproducibilidad

proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones del mismo mensurando, en el caso de que las mediciones individuales sean efectuadas haciendo variar las condiciones tales como: Método de medición, observador, lugar, condiciones de uso.

Calibración

conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones especificadas, la relación entre los valores indicados por un aparato o sistema de medición o los valores representados por una medida materializada, y los valores conocidos correspondientes de una magnitud medida.

Nota. La calibración de un instrumento de medición solo incluye ajuste de cero, automático, semiautomático o manual en caso que este lo tenga.

Patrón

medida materializada, aparato de medición o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad, o uno o varios valores conocidos de una magnitud, para transmitirlos por comparación a otros instrumentos de medición.

Patrón de trabajo

es el patrón que normalmente es calibrado con un patrón de referencia. Este patrón se necesita para trabajos rutinarios de calibración y para prueba de equipos de medición.

Patrón de referencia

es el patrón, que normalmente es la referencia más alta de una magnitud dentro de un cierto lugar (empresa, laboratorio, lugar de medición); a partir de la cual se extiende la cadena de trazabilidad.

Patrón nacional

patrón reconocido por una decisión nacional en un país, que sirve de base para asignar valores a otros patrones de la magnitud concerniente.

Patrón Internacional

patrón reconocido por un acuerdo internacional para utilizarse internacionalmente como base para asignar valores a otros patrones de magnitud concerniente.

Patrón primario

patrón que es designado o reconocido ampliamente como un patrón que tiene las más altas cualidades metrológicas y cuyo valor es aceptado sin referencia a otros patrones de la misma magnitud

Trazabilidad

propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón por el cual pueda ser relacionado a referencias determinadas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas, incertidumbres determinadas.

Fuente: [5] Vocabulario internacional de términos fundamentales y generales de metrología ISO, CNM-MMM-PT-001, CENAM, todas las definiciones anteriores pertenecen a esta fuente.

* **Liga entre trazabilidad e incertidumbre** [10] [12] [13].

En el ámbito nacional, hasta la fecha el **CENAM** ha documentado 50 patrones nacionales debidamente autorizados por las autoridades competentes también el CENAM ofrece 272 materiales de referencia certificados. La infraestructura actual comprende 25 millones de dólares en equipos atendidos por una plantilla de 267 especialistas en metrología. en el año 2000, el personal del CENAM realizó más de 3 100 calibraciones, de las cuales 502 corresponden a laboratorios acreditados; dio 136 asesorías; capacitó a 1 717 personas-curso y participo en 265 evaluaciones coordinadas por la **ema**.

En el ámbito internacional, el CENAM ha participado exitosamente en 22 comparaciones auspiciadas por el **BIPM** (oficina Internacional de pesas y medidas por sus siglas en francés), 19 regionales dentro del **SIM** (Sistema interamericano de Metrología) y otras 44 bi o trilaterales. Estos buenos resultados constituyen una fortaleza del sistema al asegurar la equivalencia internacional de las mediciones en el nivel de metrología primaria.

En cuanto a laboratorios secundarios, existen aproximadamente 110 laboratorios-magnitud y 465 laboratorios de prueba acreditados.

No obstante, se ha identificado una demanda no satisfecha por la carencia de patrones en algunas magnitudes como velocidad del aire, y en intervalos importantes del flujo de gases, para las cuales ya se están preparando los sistemas pertinentes. Sin embargo, el numero de materiales de referencia demandados supera con mucho la capacidad del CENAM para producirlos, quien da prioridad a los materiales de referencia de uso más frecuente en la industria nacional. El uso de algunos materiales de referencia certificados en el extranjero parece inevitable en el mediano plazo. Son prioritarias la difusión y adopción de los métodos primarios reconocidos por el comité consultivo sobre cantidad de sustancia (**CCQM**) del **CIPM** para las mediciones en química

Los laboratorios de calibración, responsables de diseminar las exactitudes de los patrones nacionales a los usuarios, parecen suficientes en numero en algunas magnitudes para atender la demanda

nacional, sin embargo su concentrada ubicación geográfica deja descubierta una buena parte de la demanda, por ejemplo, en la zona fronteriza del norte del país. Sigue existiendo un buen número de laboratorios de calibración que operan sin acreditamiento, pero cada vez se muestran más convencidos de las ventajas de su obtención. Otro tanto puede decirse de los laboratorios de prueba cuya capacidad a menudo no puede aprovecharse para las necesidades de regiones eminentemente agrícolas o pesqueras por falta de rentabilidad, como los estados del sureste. Merece Atención especial la falta de unidades de verificación de contenido neto en gas doméstico en algunas zonas del país. El concepto de **incertidumbre** ha formado parte del conocimiento metrológico desde la antigüedad remota, si bien se encuentra mención explícita de ella desde casi 900 años y más recientemente por Lord Kelvin en siglo XIX. No obstante su amplia y cabal aplicación y aprovechamiento, con los beneficios económicos que trae aparejados, aún están en el futuro. Una definición formal de incertidumbre se encuentra en **2.2** como el “resultado de la medición que caracteriza el intervalo de valores dentro de los cuales se encuentra el valor verdadero del mensurando”, **definición que parece a primera vista muy lejana a los quehaceres de una línea de producción.**

Las normas **ISO 9001**, por su naturaleza, no dan cuenta de las razones para estipular el conocimiento de la incertidumbre de la medición como requisito. Una de las intenciones de los sistemas de gestión de la calidad es asegurar que el cliente reciba lo ofrecido por el proveedor, usualmente expresado en términos de especificaciones sobre las características del producto. De este modo el proveedor se obliga a evaluar el cumplimiento con las especificaciones y decidir la aceptación de su producto para ser entregado al cliente, o su rechazo.

La decisión sobre la conformidad con especificaciones, soportada en la comparación del resultado de una medición con la especificación, hereda la incertidumbre de la medición y por lo tanto incluye un elemento que impide una decisión con absoluta certeza, lo cual lleva a considerar los llamados riesgos para el proveedor y riesgo para el consumidor, y con ellos los costos correspondientes, mayores mientras más grandes sean las desviaciones de lo especificado con el cliente. Se conocen varias propuestas para resolver la relación óptima entre la incertidumbre y la especificación sin que hasta el momento se disponga de una solución universal.

La primera parte de la norma **ISO 14253** (Geometrical Product specifications GPS Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment part 1) aporta criterios, para tomar decisiones considerando la incertidumbre de la medición. Los criterios presentados tienen aplicación general aunque la norma esté enmarcado por las mediciones geométricas.

La segunda parte de la norma muestra un método para optimizar el sistema de medición en termino de una incertidumbre objetivo. Puede entenderse que la incertidumbre objetivo debe determinarse cuidadosamente con base en los requisitos y el riesgo de mediciones incorrectas.

De acuerdo a la definición dada en **2.3**, la **trazabilidad** es la “propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón por la cual pueda ser relacionado a referencias determinadas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas **incertidumbres** determinadas”. Esta propiedad es adquirida por las mediciones cuando se llevan a cabo con instrumentos calibrados con patrones calibrados, calibrados a su vez con patrones calibrados, etc., hasta llegar a los patrones nacionales o internacionales.

La trazabilidad aparece explícitamente como requisito para la calibración de los dispositivos de medición con patrones trazables, aunque no se pone énfasis en que lo realmente importante y útil es la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales de las mediciones realizadas a pie de máquina. Debe subrayarse que seria incompleto interpretar la norma en el sentido de terminar la cadena de trazabilidad en la calibración de los instrumentos y excluir las mediciones realizadas a pie de maquina por no estimar su incertidumbre. No tiene sentido usar la incertidumbre obtenida al calibrar los instrumentos en lugar de la incertidumbre de las mediciones para al momento de verificar el cumplimiento con las especificaciones del producto. Si las mediciones a pie de maquina no son trazables, mas particularmente si su incertidumbre no esta determinada, no tiene valor alguno el esfuerzo para calibrar los instrumentos con trazabilidad a patrones nacionales.

Se entiende que el requisito de trazabilidad está incluido por la intención de lograr la equivalencia entre las mediciones del proveedor y del cliente, independientemente del lugar y tiempo en que ambos midan, y mejor aún, de que cualquier proveedor, cliente, autoridad, etc., obtengan resultados equivalentes de mediciones del mismo mensurando.

La **trazabilidad** esta indisolublemente ligada a la **incertidumbre**. De hecho es plausible que ambos requisitos, trazabilidad de una medición e incertidumbre de la misma, se conjuguen con la idea de que el valor más confiable del mensurando representado por el patrón nacional o internacional, este contenido en el intervalo determinado por la incertidumbre de la medición hecha a pie de maquina. En este caso, las dos mediciones, a pie de maquina y la obtenida del patrón nacional o internacional, pueden ser calificadas como equivalentes en este sentido.

Evidentemente, la falta de una estimación de la incertidumbre de la medición a pie de máquina impide evaluar, ya no demostrar, la equivalencia con la medición hipotética con el patrón nacional o internacional.

Aplicando el mismo razonamiento a las mediciones del cliente se concluyen las condiciones de equivalencia de las mediciones del cliente con las del proveedor a través del uso de patrones nacionales. Además, cuando hay trazabilidad a patrones nacionales, la equivalencia se da automáticamente entre todas las mediciones trazables al patrón nacional.

Fuente. [10] RESEÑA Y PERSPECTIVA DE LAS MEDICIONES EN MÉXICO,
1^{er} Simposio de metrología en México, CENAM , Ponencia MC. Héctor Nava Jaimes,
Mayo 2001, Querétaro, México.

Fuente. [12] ISO 9001: 2000, TRAZABILIDAD E INCERTIDUMBRE,
1^{er} Simposio de Metrología en México, CENAM. Ponencia MC. Lazos Martínez Rubén J.
Mayo 2001, Querétaro, México

Fuente. [13] EL RETO QUE IMPLICA CUMPLIR CON 14253,
1^{er} Simposio de Metrología en México, CENAM. Ponencia Zeleny Ramón.
Instituto de metrología Mitutoyo, Mayo 2001, Querétaro, México

La siguiente figura muestra la equivalencia de las mediciones por su **trazabilidad**. Las **barras** expresan la **incertidumbre** de las mediciones: **N** del patrón nacional, **S** del laboratorio secundario, **P** del proveedor, **C** del cliente. **S**, **Pb**, **Ca** y **Pc** son equivalentes y trazables al patrón nacional. **Pa** y **Cb** son equivalentes entre sí, pero **no** son trazables al patrón nacional.

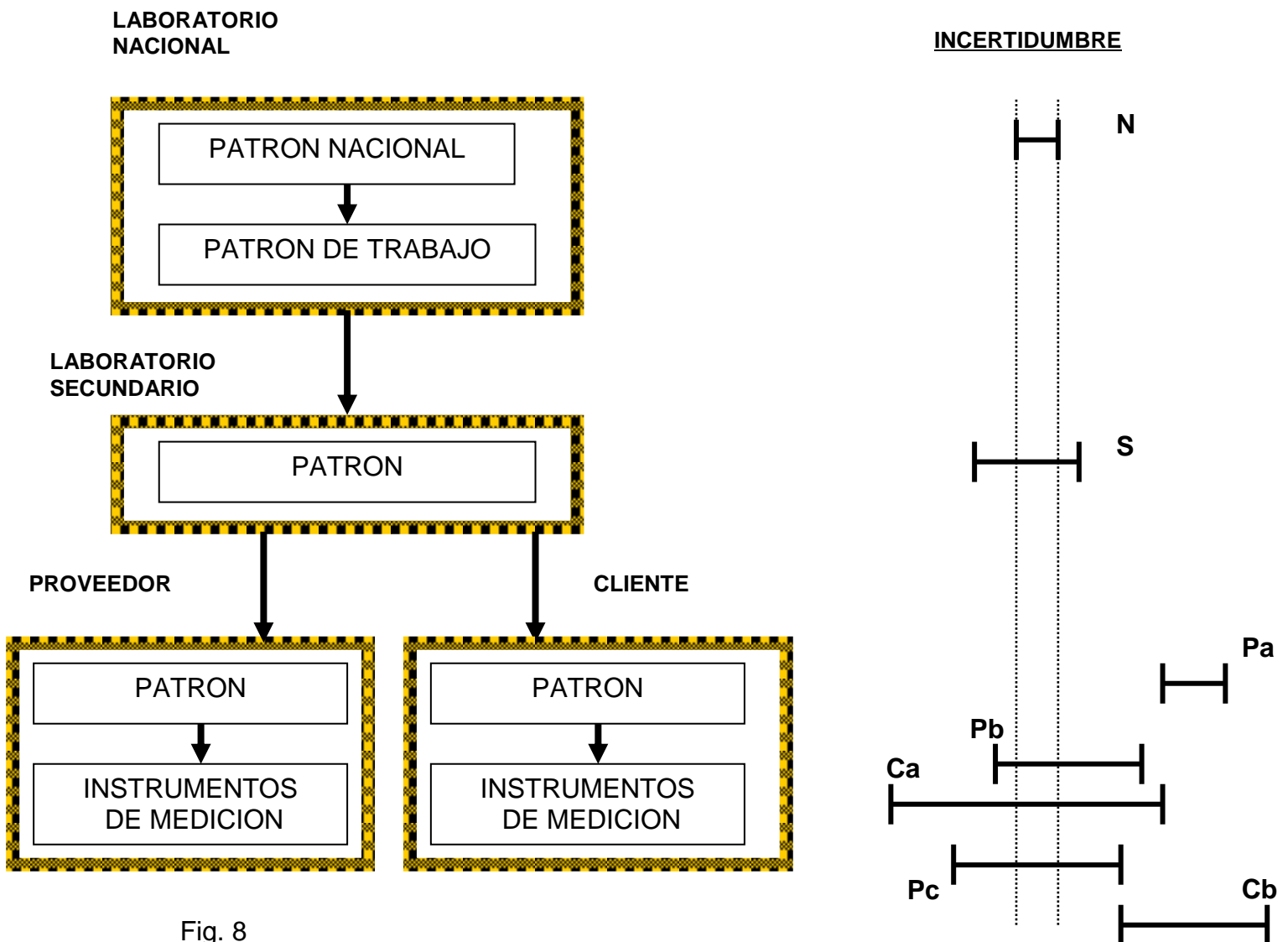


Fig. 8

Note que la incertidumbre crece cuanto más lejos se encuentre el patrón nacional. Por otro lado, existen ínter comparaciones entre patrones nacionales de distintos países, con el fin de asegurar la compatibilidad entre ellos. Esta característica puede entenderse como la

GLOBALIZACIÓN METROLÓGICA.

Estos son algunos de los patrones nacionales con los que cuenta el CENAM en la actualidad pueden consultarse en la siguiente dirección www.cenam.mx

RELACIÓN DE PATRONES NACIONALES POR ORDEN ALFABÉTICO

Nota importante: Los enlaces de los patrones están en archivos (**PDF**), el cual es un formato para ser visto por [Adobe Acrobat Reader](#), si requiere obtener el visualizador haga clic [aquí](#), es gratuito.

Patrón Nacional de	Referencia	Tamaño de Archivo PDF
aceleración alternante	CNM-PNF-1	58kb
actividad nuclear	ININ-PNM-2 *	
ángulo plano	CNM-PNM-3	107kb
capacitancia	CNM-PNE-4	85kb
exposición radiactiva	ININ-PNM-1*	
flujo volumétrico de gas (hasta 50 L/min)	CNM-PNM-5	89kb
flujo volumétrico de gas (hasta 2,840 L/min)	CNM-PNM-6 y 7	39kb
flujo volumétrico de líquidos (hasta 40 L/min)	CNM-PNM-4	34kb
flujo volumétrico de líquidos (hasta 1200 L/min)	CNM-PNM-14**	54kb
fuerza (hasta 50 kN)	CNM-PNM-10	53kb
fuerza (hasta 2,5 kN)	CNM-PNM-11	53kb
fuerza (hasta 150 kN)	CNM-PNM-15	102kb
fuerza (hasta 5 MN)	CNM-PNM-16,17	54kb
intensidad luminosa	CNM-PNF-4	69kb
irradiancia espectral	CNM-PNF-6	38kb
longitud	CNM-PNM-2	99kb
masa	CNM-PNM-1	43kb
par torsional	CNM-PNM-23	53kb
potencia y energía eléctrica	CNM-PNE-7	97kb
presión (hasta 7 MPa)	CNM-PNM-12,18	60kb

presión (hasta 175 kPa)	CNM-PNM-13	60kb
presión (hasta 100 MPa)	CNM-PNM-19	79kb
presión (hasta 500 MPa)	CNM-PNM-20	81kb
presión acústica	CNM-PNF-2	186kb
radiancia espectral	CNM-PNF-5	36kb
reflectancia, transmitancia y absorbancia espectral	CNM-PNF-3	70kb
resistencia eléctrica en corriente continua	CNM-PNE-3	182kb
sonometría	CNM-PNF-7	57kb
temperatura	CNM-PNE-2	91kb
tensión eléctrica en corriente alterna	CNM-PNE-6	88kb
tensión eléctrica en corriente continua	CNM-PNE-5	81kb
tiempo	CNM-PNE-1	56kb
vacío	CNM-PNM-21,22	78kb
viscosidad cinemática	CNM-PNM-9	67kb
volumen	CNM-PNM-8	33kb
Notas:		
* Documento en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares		
** Se aplica también como patrón de flujo másico de líquidos		

Derechos Reservados ®; Copyright ©; 2000 Centro Nacional de Metrología
Cualquier sugerencia respecto a este sitio dirigirla a: webmaster@cenam.mx

2.4 Requisitos de aseguramiento de la calidad para equipo de medición [14]




Cumplir con los requisitos de aseguramiento de la calidad marcados en el punto 4.11 de la norma serie ISO 9000 para equipo de medición, es un reto difícil para todas las personas que realizan mediciones y calibraciones que sin duda se deberán empezar a enfrentar como parte de los procesos de implantación de un sistema de calidad o de mejora continua en que todos estamos inmersos. Para ello se presenta un procedimiento basado en las recomendaciones de las normas **ISO 10012-1:1992/NMX-CC-017/1:1995 IMNC** (Requisitos de aseguramiento de la calidad para equipo de medición. Parte 1: Sistema de confirmación metrológica para equipo de medición), esta norma es un apoyo de las normas de la serie 9000, al igual este procedimiento se basa en la experiencia y conocimientos adquiridos de mi parte durante varios años de labor en el área de instrumentación y sistemas de control, los cuales aportan detalles y enriquecen el conocimiento relativo al manejo de equipo de medición.

La información manejada en este procedimiento metrológico, es propiedad de Agro Nitrogenados, S.A. de C.V. y es de carácter confidencial, esta forma parte de los tres pilares que sostienen a su sistema de calidad vigente, estos son: **Sistema de acciones correctivas y preventivas, sistema de auditorias y sistema metrológico.**


Para fines didácticos y requerimientos de este trabajo fue autorizada su impresión por la alta dirección de esta empresa.

Cabe mencionar que este procedimiento puede ser adecuado para los diferentes procesos de fabricación de bienes y servicios que existen en la actualidad. Se presenta este documento en su formato original vigente normado al igual por **ISO**.


Fuente. [14] Requisitos de aseguramiento de la calidad para equipo de medición. Parte 1: Sistema de confirmación metrológica para equipo de medición
NMX-CC-017/1:1995 IMNC, ISO 10012-1:1992


ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO		IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS S.A. DE C.V.		MI-00-P-27	
			HOJA	DE
			1	34
 <hr/> Agro Nitrogenados  <hr/> GRUPO ACERERO DEL NORTE				
GERENCIA DE MANTENIMIENTO				
FECHA EMISION ORIGINAL		NUMERO	REVISION MOTIVO	FECHA
15 DE DICIEMBRE DE 1997		02	Revisión Anual Directriz AC-00-P-05	15-JUN-02
ELABORÓ		REVISÓ	APROBÓ	
Jesús De Dios González Sup. de Mantenimiento.		Abel Román Molina Spñe. de Mantenimiento.	Jorge Armendariz Hernandez Gerente de Mantenimiento	


AC-F-01


ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO	IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.	MI-00-P-27	
		HOJA	DE
	3	34	


3.7.	<p>SISTEMA DE CONFIRMACIÓN METROLÓGICA.- Conjunto de operaciones requeridas para asegurar que cualquier elemento de un equipo de medición esta en un estado de cumplimiento con los requerimientos para los cuales será usado.</p> <p>NOTA: la confirmación metrológica incluye calibración, ajustes necesarios o reparación subsecuente, recalibración, sellado y etiquetado. Para abreviar estas operaciones la denominamos "confirmación".</p>
3.8.	<p>EQUIPOS DE MEDICIÓN.- Todos los instrumentos de medición patrones materiales de referencia, patrones de trabajo, aparatos auxiliares e instrucciones necesarias para realizar la medición.</p>
3.9.	<p>CALIBRACIÓN.- Conjunto de operaciones que establecen bajo condiciones especificas la relación entre los valores de una magnitud indicada por un instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada y los valores correspondientes de la magnitud realizados por los patrones</p>
3.10	<p>TRAZABILIDAD.- Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón por la cual pueda ser relacionado a referencias determinadas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida teniendo todas, incertidumbres determinadas.</p>
3.11	<p>INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN.- Resultado de la medición que caracteriza el intervalo de valores dentro de los cuales se encuentra el valor verdadero del mensurando.</p>
3.12	<p>PATRÓN (de medición).- Medida materializada instrumento de medición material de referencia o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad para utilizarse como referencia.</p>
3.13	<p>PATRÓN INTERNACIONAL (de medición).- Patrón reconocido por un acuerdo internacional para utilizarse internacionalmente como base para asignar valores a otros patrones de magnitud concerniente.</p>


 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO		IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.		MI-00-P-27	
			HOJA	DE
			4	34
3.14	PATRÓN NACIONAL.- Patrón reconocido por una decisión nacional de un país, que sirve de base para asignar valores a otros patrones de la magnitud concerniente.			
3.15	PATRONES DE REFERENCIA.- Es el patrón que normalmente es la referencia más alta de una magnitud dentro de un cierto lugar (empresa, laboratorio, lugar de medición); a partir de la cual se extiende la cadena trazabilidad.			
3.16	PATRÓN DE TRABAJO.- Es el patrón que normalmente es calibrado con un patrón de referencia. Este patrón se necesita para trabajos rutinarios de calibración y para prueba de equipos de medición.			
3.17	REPETIBILIDAD DE LAS MEDIDAS.- Grado de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurando, efectuándolas de forma que se cumplen la totalidad de las siguientes condiciones: El mismo método de medida. El mismo observador. El mismo instrumento de medir. El mismo lugar. Las mismas condiciones de utilización. La determinación efectuada en un corto espacio de tiempo.			
3.18	REPRODUCIBILIDAD.- Grado de concordancia entre los resultados de mediciones del mismo mensurando, en el caso de que las mediciones individuales sean efectuadas haciendo variar las condiciones tales como: El método de medida. El observador. El instrumento de medición. Las condiciones de utilización. El lugar. El tiempo.			
3.19	ERROR.- Es el resultado de una medición menos el valor verdadero de la magnitud medida. Puesto que un valor verdadero no puede ser determinado, en la practica se utiliza el valor convencionalmente verdadero.			

ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO	IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.	MI-00-P-27	
		HOJA	DE
	5	34	
3.20	EXACTITUD.- Proximidad de concordancia entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando.		
3.21	RESOLUCIÓN (de un dispositivo indicador).- La diferencia más pequeña entre las indicaciones de un dispositivo indicador que puede ser distinguido significativamente.		
3.22	LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD.- Lugar donde se mantienen los patrones y materiales de referencia de la superintendencia de control de calidad para las determinaciones metrológicas indicadas en los planes de Calidad de Agro Nitrogenados S.A. de C.V.		
3.23	LABORATORIO DE METROLOGÍA INTERNA.- Lugar donde se mantienen los patrones de referencia de la gerencia de mantenimiento, mismo que mantiene límites ambientales especificados por los fabricantes de equipos de medición, con el fin de conservar las características metrológicas de los equipos y ofrecer resultados confiables en las calibraciones.		
3.24	AMPLITUD DE MEDICIÓN.- Conjunto de valores de un mensurando para los cuales el error del instrumento de medición se mantiene entre límites especificados		
4.- REQUISITOS			
4.1	Programas de calibración.		
4.2	Procedimientos o instructivos de calibración.		
4.3	Incertidumbre de la medición.		
4.4	Registros.		
4.5	Etiquetado de confirmación.		
4.6	Control de equipo de medición no conforme.		
4.7	Integridad.		
4.8	Patrones usados en la calibración.		
4.9	Trazabilidad.		
4.10	Condiciones ambientales.		
4.11	Almacenamiento y manejo.		
4.12	Uso de productos y servicios externos.		
4.13	Personal calificado.		

ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO	IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.	MI-00-P-27	
		HOJA	DE
		6	34
<p>5.- RESPONSABILIDADES</p> <p>5.1 LABORATORIO DE METROLOGÍA INTERNA</p> <p>Controlar, calibrar y mantener los patrones de referencia de Agro Nitrogenados S.A. de C.V. y dar el servicio de calibración a las áreas que lo soliciten a efecto de establecer la trazabilidad hacia patrones nacionales e internacionales.</p> <p>5.2 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD.</p> <p>Controlar, calibrar y mantener los patrones de referencia e instrumentos de medición de la superintendencia de control de calidad a efecto de establecer la trazabilidad hacia patrones nacionales e internacionales</p> <p>5.3 SUPERINTENDENCIA DE MANTENIMIENTO DE SOLUCIONES NITROGENADAS.</p> <p>Controlar, calibrar y mantener los instrumentos de medición de los procesos y patrones de trabajo de las plantas de soluciones Nitrogenadas sujetas a control metrológico.</p> <p>5.4 SUPERINTENDENCIA DE MANTENIMIENTO.</p> <p>Controlar, calibrar y mantener los instrumentos de medición de los procesos y patrones de trabajo de las diferentes plantas, sujetos a control metrológico.</p> <p>6.- DESARROLLO</p> <p>Las instrucciones de este procedimiento se desarrollan en base al diagrama de flujo mostrando en el "ANEXO 1".</p>			

ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO		IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.		MI-00-P-27	
			HOJA	DE
	7	34		
6.1	SELECCIÓN DE EQUIPO Este punto aplica únicamente para los equipos de medición que serán adquiridos para control metrológico. Para documentar y registrar la selección de equipo de nueva adquisición utilice el formato MI-F-30 "Cuadro comparativo para la selección de equipo de nueva adquisición", ver "ANEXO 2".			
6.1.1	El superintendente del área correspondiente aprueba el formato MI-F-30			
6.1.2	Todo equipo de medición se selecciona en base a los siguientes aspectos, recordando que no siempre lo más caro es lo apropiado. <ul style="list-style-type: none"> a) Amplitud de medición. b) Costo. c) Exactitud del instrumento o equipo, en base a exactitud requerida. d) Condiciones ambientales de uso. e) Resolución. 			
6.2	ALTA AL SISTEMA DE CONFIRMACIÓN METROLÓGICA Esto aplica para los equipos de medición involucrados con la calidad de los productos, mencionados en los planes de calidad de las diferentes plantas:			
6.2.1	IDENTIFICACIÓN Asigne al equipo de medición una clave de identificación única en base a los pasos 6.2.1.1, 6.2.1.2 y 6.2.1.3, según corresponda.			
A)	El primer carácter corresponde al No. de área al que presta servicio el equipo. <ul style="list-style-type: none"> 1.- Plantas de Urea, manejo de solidos, S.A.M.P. 2.- Compresión de CO2 (Área VI). 3.- Plantas de Soluciones Nitrogenadas. 4.- Pesaje. 5.- Almacén de Refacciones. 			

 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO		IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.		MI-00-P-27	
			HOJA	DE
			8	34
B)	El segundo carácter es la abreviatura del departamento el cual esta asignado. MI – Mantenimiento de Instrumentos. MM -Mantenimiento Mecánico. ME –Mantenimiento Eléctrico. AR – Almacén de Refacciones.			
C)	El tercer carácter es el número consecutivo del equipo.			
D)	El ultimo carácter es el número asignado de acuerdo al "ANEXO 3" todos los caracteres van separados por un guión.			
6.2.1.2	CLAVE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PATRONES DE REFERENCIA DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA.			
A)	El primer carácter es la abreviatura correspondiente al patrón de referencia "PR" mayúscula.			
B)	El ultimo carácter es un número consecutivo de dos dígitos, el cual va separado del carácter anterior.			
6.2.1.3	CLAVE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD.			
A)	El primer carácter es la letra "T" mayúscula correspondiente a la Gerencia Técnica.			
B)	El segundo cararacter es la letra "A" mayúscula Correspondiente a la superintendencia de Control de Calidad, la cual va unida al primer carácter sin guión.			
C)	El tercer y cuarto carácter corresponden a las siguientes letras. EG - Equipo de Laboratorio en general. MI - Instrumento de Medición. PR – Patrón de Referencia. Los cuales van separados por un guión de los caracteres anteriores.			
D)	Los dos últimos caracteres es el número consecutivo del equipo.			

ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO	IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.	MI-00-P-27	
		HOJA	DE
	9	34	

Posteriormente:

Coloque al equipo la etiqueta No. MI-F-04 ver "ANEXO 6", que contiene la siguiente información.

Equipo.
 Marca.
 Modelo.
 Serie.
 Identificación.

NOTA.
 Los equipos que por su tamaño y uso no es practico este método de identificación, se puede prescindir de este punto. la rastreabilidad puede evidenciarse con la identificación de un número de serie o identificación del mismo.


Los instrumentos de medición instalados en campo para medir las variables criticas de proceso; sujetas a control metrológico su identificación es respetada, de acuerdo al TAG del proyecto.


6.2.2 INVENTARIO
 Registre el equipo de medición en el formato MI-F-11 "Inventario de equipo de medición en control metrológico", ver "ANEXO 4".
El laboratorio de metrología interna es quien aprueba la información que contenga el inventario así como las revisiones y actualizaciones del mismo.


6.2.2.1 Revise y actualice el inventario cada año a partir de la fecha de elaboración del mismo, o si se presentan los siguientes casos.


a) Si hay una alta o baja de equipo regístrela en el formato MI-F-11.
El laboratorio de Metrología firma de enterado.


b) Si hay cambios en los datos técnicos del equipo de medición revise y elabore nuevamente el inventario.


ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO	IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.	MI-00-P-27	
		HOJA	DE
	10	34	
6.3	CONFIRMACIÓN METROLÓGICA. Este punto aplica para todos los equipos de medición dados de alta en el sistema de confirmación metrológica. Su propósito es asegurar que el riesgo de que el equipo de medición produzca resultados con errores inaceptables se mantengan dentro de límites conocidos y permitidos.		
6.3.1	INTERVALOS DE CONFIRMACIÓN		
6.3.1.1	Los equipos de medición incluyendo a los patrones se confirman a intervalos periódicos. La frecuencia de tales confirmaciones se determina en base a la información proporcionada por el fabricante a la frecuencia y severidad de uso y a la experiencia en el desempeño del equipo.		
6.3.1.2	Dependiendo de los resultados obtenidos en confirmaciones precedentes, los intervalos pueden ser modificados con el fin de asegurar la continuidad de la exactitud requerida		
6.3.1.3	Registre los intervalos de confirmación en el formato MI-F-08 "Programa de calibración de equipo de medición en control metrológico", ver "ANEXO 5".		
6.3.1.4	El laboratorio de metrología interna mantiene los programas de calibración originales para dar seguimiento a los mismos. Asumiendo que la calibración puede efectuarse antes de la fecha programada.		
6.3.1.5	Por causas ajenas al laboratorio de metrología interna y laboratorio de control de calidad, los intervalos de confirmación de los patrones de referencia pueden alargarse. Informe a los usuarios del servicio de calibración para que tomen las medidas pertinentes de acuerdo a sus necesidades.		
6.3.1.6	En los lazos de medición de proceso compuestos por dos o más instrumentos la fecha programada incluirá a todos los equipos ligados a dicho lazo a efecto de conocer la incertidumbre de dicho lazo. En la posibilidad que dicho lazo pueda ser confirmado en sitio la		


 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO	IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.	MI-00-P-27	
		HOJA	DE
		11	34
	<p>incertidumbre dependerá de la cantidad de los patrones involucrados en tal confirmación, en caso contrario la incertidumbre del lazo de medición será la suma de todas las incertidumbres calculadas en cada instrumento.</p> <p>6.3.2 CALIBRACIÓN Determine e identifique el estado de calibración del equipo de medición aplicando el procedimiento o instructivo correspondiente.</p> <p>6.3.2.1 PROCEDIMIENTOS E INSTRUCTIVOS DE CALIBRACIÓN</p> <p>6.3.2.1.1 Establezca y utilice procedimientos o instructivos documentados para las confirmaciones que ejecute</p> <p>6.3.2.1.2 Asegúrese que todos los procedimientos o instructivos sean adecuados para su propósito y estos contengan el criterio de aceptación para asegurar que las calibraciones cumplen con las especificaciones requeridas.</p> <p>6.3.2.1.3 El criterio de aceptación de una calibración es el siguiente: "La suma de cada lectura del instrumento y la incertidumbre de la medición obtenidas en la calibración deben mantenerse cercanas al valor convencionalmente verdadero (patrón); sin exceder los límites representados por la exactitud requerida. La incertidumbre de la medición del equipo se calcula en base al procedimiento MI-00-P-24".</p> <p>6.3.2.1.4 Los procedimientos o instructivos manténgalos disponibles para el personal involucrado en la ejecución de las confirmaciones.</p> <p>6.3.2.2 ESPECIFICACIONES REQUERIDAS</p> <p>6.3.2.2.1 Determine en conjunto con el laboratorio de metrología interna las exactitudes requeridas del equipo de medición involucrado con las variables críticas del proceso declaradas en los planes de calidad de las diferentes plantas de Agro Nitrogenados S.A. de C.V.</p> <p>6.3.2.2.2 Registre las exactitudes requeridas en el formato MI-F-32 "ANEXO 9". La identificación de dicho registro debe coincidir con el TAG del lazo de medición de proceso y/o equipo de medición involucrado.</p>		


 <p>ASEGURAMIENTO DE CALIDAD</p>	NOMBRE DEL DOCUMENTO	IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.	MI-00-P-27	
		HOJA	DE
		12	34
6.3.2.2.3	Apóyese en sistemas de control estadístico de proceso para determinar la exactitud requerida del equipo de medición.		
6.3.2.2.4	El laboratorio de metrología mantendrá los registros originales de las exactitudes requeridas avaladas por las Gerencias involucradas.		
6.3.2.3	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN		
6.3.2.3.1	Al ejecutar las calibraciones tome en cuenta las incertidumbres significativas atribuibles al equipo de medición (incluyendo los patrones) y aquellas debidas al personal y al medio ambiente (cuando sean excedidos los límites del medio ambiente especificados por los fabricantes).		
6.3.2.3.2	Use como guía el procedimiento MI-00-P-24 para el cálculo de incertidumbre en las mediciones.		
6.3.2.4	REGISTRO DE CALIBRACIÓN		
6.3.2.4.1	Registre a detalle los resultados de la calibración del equipo de medición en el formato MI-F-13, MI-F-14 ver "ANEXO 7". Utilice los símbolos de las unidades declaradas en el sistema internacional de unidades, tal como se muestra en el "ANEXO 10". De tal manera que la trazabilidad de las mediciones pueda mostrarse.		
6.3.2.4.2	La calibración de los instrumentos de medición instalados en campo para medir las variables críticas de proceso, se registra a detalle en los formatos que indica el instructivo de calibración correspondiente al equipo a calibrar.		
6.3.2.5	ESTADO DE CALIBRACIÓN		
6.3.2.5.1	En base al criterio de aceptación, el estado de calibración del equipo puede ser: APROBADO o RECHAZADO.		

ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO	IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.	MI-00-P-27	
		HOJA	DE
		13	34
<p>APROBADO.</p> <p>a) Cuando el resultado de la calibración demuestra que la respuesta del equipo en el intervalo (Amplitud de medición) de uso, cumple con el criterio de aceptación.</p> <p>b) Cuando no exista evidencia de mal funcionamiento durante la calibración</p> <p>c) Para equipos multi-escalas, cuando una o más de sus escalas en los intervalos de uso, cumplen con el criterio de aceptación.</p> <p>NOTA. En este caso especifique los intervalos de uso aprobados.</p> <p>RECHAZADO.</p> <p>a) Cuando el resultado de la calibración demuestra que la respuesta del equipo en el intervalo (Amplitud de medición) de uso, no cumple con el criterio de aceptación.</p> <p>b) Cuando exista evidencia del mal funcionamiento durante la calibración.</p> <p>6.3.2.6 ETIQUETADO DE CONFIRMACIÓN.</p> <p>Identifique el estado de calibración del equipo con una etiqueta en forma segura y duradera.</p> <p>6.3.2.6.1 Cuento con etiquetas de reposición para sustituir las mismas en caso de dañarse o romperse. En el caso de equipos que por sus dimensiones no sea practico etiquetarlo, se podrá prescindir de este punto. La rastreabilidad podrá evidenciarse con la identificación de un número de serie o de identificación del mismo. En el "ANEXO 6" se muestran las etiquetas de confirmación respectivas.</p>			


ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO	IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.	MI-00-P-27	
		HOJA	DE
14		34	
6.3.2.6.2	A los proveedores externos se les respetaran sus etiquetas utilizadas siempre que cumplan con la distinción de APROBADO o RECHAZADO.		
6.3.2.6.3	El equipo de medición que se juzgue que no requiere confirmación metrológica identificalo claramente, esto es, debe distinguirse del equipo que requiere confirmación. Para ello utilice la etiqueta MI-F-05, "ANEXO 6" (EQUIPO NO INCLUIDO EN CONTROL METROLÓGICO).		
6.4	USO. En lo que respecta a equipos confirmados metrologicamente únicamente es permitido el uso de aquellos que mantengan la etiqueta de APROBADO y en la cual se indique la conformidad de el (los) intervalo(s) de uso. Son causas de suspensión de uso las siguientes condiciones: a) La detección de una inconformidad durante el uso, ver inciso 6.5.1. b) El vencimiento del intervalo de confirmación de acuerdo al programa MI-F-08 . Coloque una etiqueta de EQUIPO FUERA DE OPERACIÓN "ANEXO 6" a los equipos de medición que permanezcan en los diferentes lugares de Agro Nitrogenados y que por diferentes causas su intervalo de confirmación este vencido a efecto de evitar su utilización.		
6.5	CONTROL DE EQUIPO DE MEDICIÓN NO CONFORME (SEGREGADO, RECHAZADO)		
6.5.1	Todo equipo de medición es considerado NO CONFORME cuando es RECHAZADO en la calibración. Segréguelo del servicio hasta que las razones de su no conformidad hayan sido eliminadas y sea nuevamente calibrado. Identifíquelo con la etiqueta de RECHAZADO ver " ANEXO 6".		


 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO		IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.		MI-00-P-27	
			HOJA	DE
	15	34		
6.5.2	<p>Las causas de no conformidad pueden ser las siguientes</p> <p>a) Que haya sufrido daño. b) Que haya sido sobrecargado o mal utilizado. c) Que muestre cualquier mal funcionamiento. d) Cuyo correcto funcionamiento este en duda. e) Que haya violado la integridad de su sello.</p>			
6.5.3	<p>Cuando sea detectado un equipo de medición NO CONFORME bajo las causas mencionadas en el punto 6.5.1., 6.5.2., informe al respecto a los responsables de los equipo de medición incluidos en la cadena de trazabilidad para que en conjunto se evalúen los resultados obtenidos anteriormente y se determinen las acciones correctivas a tomar. Confirme dicho equipo metrologicamente tal como se indica en el "ANEXO 1".</p> <p>Posteriormente si resulta aprobada tal confirmación repita cada confirmación en la cadena de trazabilidad a efecto de asegurar la calidad de los productos. En caso que dicho equipo no recupere su conformidad segréguelo y sustitúyalo por otro equipo confirmado metrologicamente a efecto de cubrir las necesidades metrológicas posteriormente realice cada confirmación en la cadena de trazabilidad.</p>			
6.6	<p>INTEGRIDAD.</p> <p>Selle el acceso a los dispositivos de ajuste del equipo de medición cuyo posicionamiento afecte su desempeño para limitar la intervención de personal no autorizado que los desajuste. Los sellos deben diseñarse de tal forma que el desajuste sea evidente, estos no aplican a dispositivos. Que son ajustados por el usuario sin necesidad de referencias externas, por ejemplo, ajuste a cero.</p>			
6.6.1.1	<p>La decisión acerca de que controles o ajustes deben sellarse y el material sellante, como etiqueta, soldadura, alambre, pintura, entre otros queda a juicio del usuario.</p>			

 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO	IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.	MI-00-P-27	
		HOJA	DE
		16	34
6.6.2	En caso de presentarse cualquier violación de sellos de acceso, suspenda el uso del equipo y proceda a calibrarlo.		
6.7	TRAZABILIDAD.		
6.7.1	Calibre todo el equipo de medición utilizando patrones trazables a patrones nacionales e internacionales.		
6.7.2	En los casos de magnitudes en donde dichos patrones nacionales o internacionales no existan, establezca la trazabilidad a través de otros patrones de medición (por ejemplo, materiales de referencia adecuados, patrones colectivos o patrones industriales), que sean internacionalmente aceptados en el campo de que se trate.		
6.7.3	<p>Respalde todo patrón utilizado en el sistema de confirmación metrologica con certificados informes u hojas de datos del equipo, que atestigüen lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Resultados obtenidos b) Fecha c) Incertidumbre d) Condiciones ambientales bajo las cuales se obtuvieron los resultados. e) Firma de la(s) persona(s) que atestigua(n) la veracidad del resultado. f) Patrones utilizados 		
6.7.4	Mantenga evidencias documentadas de que cada calibración se ha realizado en la cadena de trazabilidad.		
6.7.5.1	El laboratorio de metrología interna es quien avala y revisa que las calibraciones externas mantengan la evidencia documentada de cada calibración en la cadena de trazabilidad. Para ello firmara dichos certificados, informes u hoja de datos de calibración.		


ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO	IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.	MI-00-P-27	
		HOJA	DE
		17	34


6.8	CONDICIONES AMBIENTALES
6.8.1	Utilice, calibre y ajuste los patrones y el equipo de medición en un ambiente controlado acorde a las condiciones ambientales proporcionadas por los fabricantes de equipos para asegurar la validez de los resultados de las mediciones.
NOTA:	Mida y registre las lecturas de temperatura a efecto de asegurar las calibraciones.
6.8.2	Considere solo los factores que afecten los resultados de la medición y puedan ser comparados con los límites proporcionados por el fabricante. Estos factores ambientales pueden vigilarse continuamente y se pueden aplicar las compensaciones correctoras a los resultados de las mediciones.
6.9	ALMACENAMIENTO Y MANEJO
6.9.1	Establezca y mantenga procedimientos para recibir, manejar, transportar, almacenar y despachar el equipo de medición, a fin de prevenir el abuso, maltrato, daño y cambio en sus características metrologicas y funcionales.
6.9.2	Cuando los patrones de referencia y trabajo sean transportados externamente de Agro Nitrogenados S.A. de C.V. para cu calibración, protéjalos con un material amortiguador de impactos en su interior y un empaque externo resistente a la lluvia, sol, etc., a fin de evitar daños al equipo.
6.9.3	Las actividades antes mencionadas son realizadas por personal entrenado y calificado en este procedimiento.
6.9.4	Los patrones de trabajo utilizados en las Plantas de Soluciones Nitrogenadas poseen una área de resguardo ubicada en los talleres de instrumentos.

ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO	IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.	MI-00-P-27	
		HOJA	DE
	18	34	
6.10	USO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS EXTERNOS		
6.10.1	Asegúrese que los productos y servicios de fuentes externas (incluyendo calibraciones) sean del nivel de calidad requerido para ello es conveniente utilizar fuentes formalmente acreditados ante organismos nacionales como el sistema nacional de calibración SNC o algún organismo internacional plenamente reconocido.		
6.10.2	Cuando no existen fuentes externas acreditadas, evalúe las existentes en base a sus necesidades de calidad requerida apoyándose en los procedimientos pertenecientes a la gerencia de abastecimientos para evaluación de proveedores externos. Para el caso de equipos de medición.		
6.10.3.1	Asegúrese que los certificados, informes u hojas de datos emitidos por una fuente externa contenga la siguiente información. a) Identificación b) Fecha de calibración c) Identificación de trazabilidad del patrón utilizado d) Condiciones ambientales durante la calibración e) Lecturas del patrón f) Incertidumbre de la medición g) Nombre y Firma de la(s) persona(s) que atestigua (n) la veracidad de los resultados.		
6.10.4	En el caso de equipo de medición calibrado de fabrica, se hacen las siguientes consideraciones: a) Cuando se trate de material volumétrico de vidrio, la calibración se considera valida durante toda la vida útil del equipo, por lo que no se requiere recalibracion. En este caso particular se acepta la información contenida en el registro emitido por el fabricante siempre y cuando se incluya lo siguiente:		

ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO	IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.	MI-00-P-27	
		HOJA	DE
	19	34	

I.	Debe ser demostrable la correspondencia del documento con el equipo calibrado mediante una identificación o número de serie.
II.	Para la unidad de medida que preceda debe establecerse un rango de exactitud conocido.
III.	Debe mencionarse la trazabilidad a patrón nacional e internacional.
b)	<p>Cuando se trate de reactivos sólidos o disoluciones acuosas valoradas de concentración o valor conocido, se acepta como valida la información contenida en la etiqueta del envase individual, siempre y cuando se mencione lo siguiente:</p>
I.	Identificación del fabricante y número de catálogo.
II.	Número de lote.
III.	<p>En reactivos sólidos, debe mencionarse el grado de pureza garantizado por el fabricante, con un intervalo de exactitud conocido.</p> <p>Si no se menciona en la etiqueta, lo anterior debe ser demostrable mediante literatura proporcionada por el fabricante.</p>
IV.	<p>En disoluciones acuosas debe mencionarse la trazabilidad a patrón nacional o internacional, o bien en el caso de reactivos valorados o de alta pureza, designados por el fabricante como "patrón primario", "estándar primario", "reactivo ultra puro", "solución valorada", "solución volumétrica", debe tenerse la certeza de que el frasco individual utilizado corresponde a dicha designación.</p> <p>En reactivos solidos, la información contenida en la etiqueta se considera valida hasta agotar el contenido del envase individual.</p> <p>En disoluciones acuosas, la información contenida en etiqueta se considera valida hasta agotar el contenido del envase individual o hasta el vencimiento de la fecha de caducidad, lo que ocurra primero.</p>
6.11	PERSONAL
6.11.1	Realice todas las confirmaciones metrológicas con personal calificado, capacitado, experimentado apto y bajo una supervisión apropiada. El personal que cubra la ausencia de esto debe cumplir con lo marcado en este punto.
6.11.2	Mantenga la evidencia requerida para cumplir en el punto 6.11.1 en acuerdo con lo marcado en los procedimientos operativos de la gerencia de relaciones industriales.

ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO		IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.		MI-00-P-27	
			HOJA	DE
	20	34		
6.12	QUEJAS			
6.12.1	Solucione cualquier queja recibida de los clientes referentes a las actividades de las confirmaciones metrológicas. Determine y evalúe las causas que provocaron dicho reclamo. Elabore un plan de acciones correctivas y preventivas para atender dicha queja.			
6.12.2	Registre todas las quejas y las acciones tomadas durante el año en el formato MI-F-12 "ANEXO 8".			
6.12.3	Realice toda las actividades marcadas en este procedimiento en todas las confirmaciones metrológicas a efecto de no dar lugar a dudas concernientes a la capacidad del personal o laboratorio que realice las confirmaciones.			
6.12.4	Las quejas o cualquier otra circunstancia relativa a fuentes externas canalícelas a través del laboratorio de metrología interna para evaluar el grado de inconformidad con lo solicitado este a su vez canalizará dicho reclamo a la gerencia de abastecimientos a su vez tramitará la no conformidad del servicio ofrecido por la fuente externa apoyándose en sus procedimientos documentados.			
6.12.5	Una vez solucionada la(s) queja(s) por la fuente externa, verifique el grado de cumplimiento con lo solicitado en conjunto con el laboratorio de metrología para asegurar que el producto o servicio cumple con la calidad requerida.			


ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO	IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.	MI-00-P-27	
		HOJA	DE
	21	34	

7.- **INSTRUCTIVOS Y FORMATOS.**

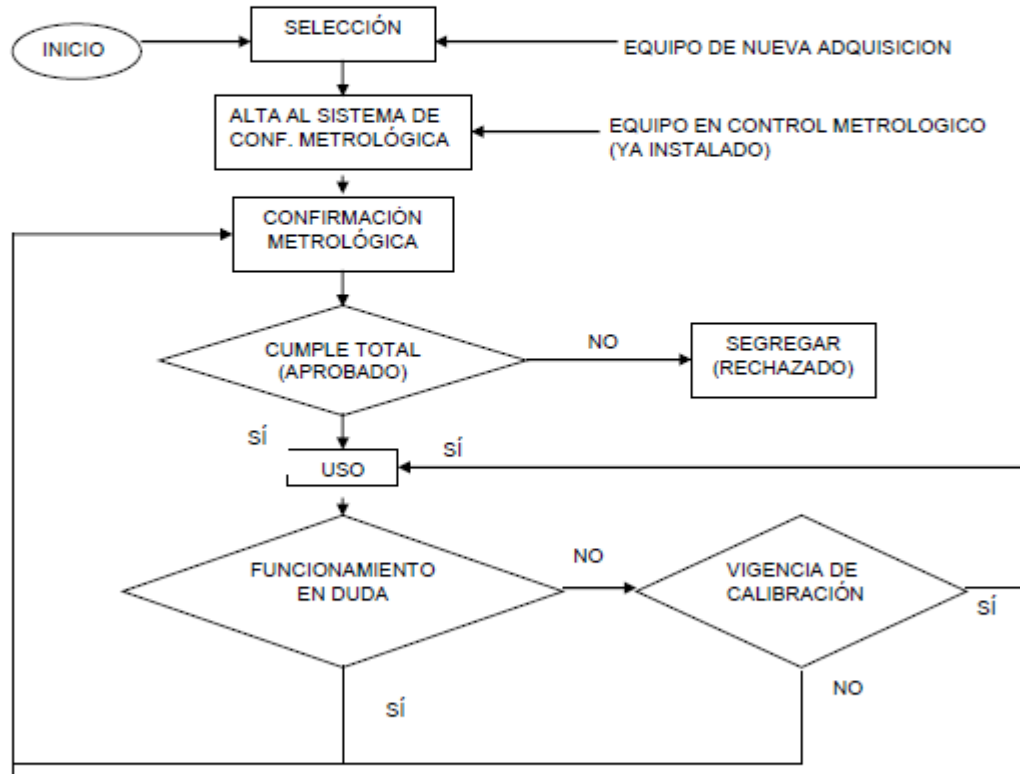
- 7.1 Anexo 2, formato MI-F-30
- 7.2 Anexo 4, formato MI-F-11
- 7.3 Anexo 5, formato MI-F-08
- 7.4 Anexo 6, formato MI-F-01, MI-F-03, MI-F-04, MI-F-05 MI-F-06
- 7.5 Anexo 7, formato MI-F-13, MI-F-14
- 7.6 Anexo 8, formato MI-F-12
- 7.7 Anexo 9, formato MI-F-32
- 7.8 Anexo 10, Sistema internacional de unidades.


8.- **REFERENCIAS.**

- 8.1 Procedimiento Directriz AC-00-P-08
- 8.2 Norma ISO-10012-1 1992 Requerimientos para el aseguramiento de calidad del equipo de medición, parte 1. NMX-CC-017/1: 1995.
- 8.3 Manual de Aseguramiento Metrológico Industrial QS-9000, Alfredo Elizondo Decanini.


ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO		IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.		MI-00-P-27	
			HOJA	DE
		22	34	

**ANEXO 1
DIAGRAMA DE FLUJO**






ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO			IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.			MI-00-P-27	
				HOJA	DE
		23		34	


**ANEXO 2
FORMATO MI-F-30**

ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO.			FECHA
	CUADRO COMPARATIVO PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPO DE MEDICIÓN DE NUEVA ADQUISICIÓN. DEPARTAMENTO: SECCIÓN: EQUIPO REQUERIDO:			
	Especificación Requerida.	Equipo propuesto	Equipo propuesto	Equipo propuesto
Amplitud de medición.				
Costo				
Exactitud.				
Temperatura de uso				
Resolución.				
EQUIPO SELECCIONADO:				
OBSERVACIONES:				
Realizó: _____ Aprobó: _____ Revisó: _____ <small style="float: right;">LABORATORIO DE METROLOGIA INTERNA.</small>				


MI-F-30


ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO	IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.	MI-00-P-27	
		HOJA	DE
		24	34
ANEXO 3			
NÚMERO 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71	EQUIPO CALIBRADOR DE PRESIÓN NEUMÁTICO. MANOMETRO PATRÓN. CALIBRADOR DE PRESIÓN ELECTRÓNICO. COLUMNA DE MERCURIO MULTIMETRO DIGITAL. MULTIMETRO ANALÓGICO CALIBRADOR MULTIFUNCIONES. CALIBRADOR DE TERMOPARES. CALIBRADOR RTD. FRECUENCIOMETRO. GENERADORES DE FUNCIONES. CALIBRADOR DE Ph. SIMULADOR DE VIBRACIÓN. BÁSCULAS PORTÁTILES. MASA PATRÓN. PATRÓN DE FLUJO TERMOMETRO DIGITAL TERMOMETRO DE MERCURIO. CALIBRADOR UNIVERSAL. MICRÓMETRO. REGLA GRADUADA		


ASEGURAMIENTO		NOMBRE DEL DOCUMENTO				IDENTIFICACION									
 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.				MI-00-P-27										
					HOJA	DE									
					26	34									
ANEXO 5 FORMATO MI-F-08															
 ASEGURAMIENTO CALIDAD		PROGRAMA DE CALIBRACION DE EQUIPO DE MEDICION EN CONTROL METROLOGICO				FECHA:									
DEPTO: AREA:		SECCION: EQUIPO DE MEDICION:				FECHA PROGRAMA REVISION:									
IDENTIFICACION	NOMBRE DE EQUIPO	FRECUENCIA	CALENDARIO DE CALIBRACION												OBSERVACIONES
			PROGRAMADO						EJECUTADO						
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
ELABORO:		APROBO:													
MI-F-088															

ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO		IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.		MI-00-P-27	
			HOJA	DE
		27	34	


**ANEXO 6
ETIQUETAS**


 Agro Nitrogenados S.A de C.V.	CONTROL METROLOGICO
IDENTIFICACIÓN _____	
FECHA DE CALIBRACIÓN _____	
INTERVALO(S) _____	
CALIBRADO POR _____	
<div style="background-color: red; color: white; display: inline-block; padding: 2px 10px;">RECHAZADO</div>	
M-F-01A	


 Agro Nitrogenados S.A de C.V.	CONTROL METROLOGICO
IDENTIFICACIÓN _____	
FECHA DE CALIBRACIÓN _____	
PROXIMA CALIBRACIÓN _____	
CALIBRADO POR _____	
INTERVALO(S) _____	
<div style="background-color: green; color: white; display: inline-block; padding: 2px 10px;">APROBADO</div>	
M-F-03A	

ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO		IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.		MI-00-P-27	
			HOJA	DE
		28	34	


ANEXO 6
ETIQUETAS


 Agro Nitrogenados S:A de C.V	CONTROL METROLOGICO
EQUIPO _____ MARCA _____ MODELO _____ SERIE _____ IDENTIFICACIÓN _____	
IDENTIFICACIÓN	MI-F-04A

 Agro Nitrogenados S:A de C.V	
EQUIPO NO INCLUIDO EN CONTROL METROLOGICO	
IDENTIFICACIÓN _____ NOMBRE _____ FIRMA _____ FECHA _____	
	MI-F-05A

ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO		IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.		MI-00-P-27	
			HOJA	DE
		29	34	

**ANEXO 6
ETIQUETAS**


 Agro Nitrogenados S:A de C.V.	CONTROL METROLOGICO
EQUIPO FUERA DE OPERACIÓN	
IDENTIFICACION	_____
NOMBRE	_____
FECHA	_____
FIRMA	_____
MI-F-06A	

 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO	IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.	MI-00-P-27	
		HOJA	DE
30	34		


**ANEXO 7
FORMATO MI-F-13**

 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO	FECHA DE CALIBRACION	
	INFORME DE CALIBRACION (INTERNA)	FECHA DE PROXIMA CALIBRACION	
		HOJA	1
		2	
DEPARTAMENTO :			
SECCION:			
TIPO DE INSTRUMENTO:		IDENTIFICACION:	
DATOS	INSTRUMENTO	PATRON	
NOMBRE			
MARCA			
MODELO			
SERIE			
ESCALA (S)			
INTERVALO(S)			
EXACTITUD			
PROCED. DE CALIBRACION/USO			
RESULTADO			
<input type="checkbox"/> APROBADO		<input type="checkbox"/> RECHAZADO	
REALIZÓ: _____		_____ FIRMA	
APROBO: _____		_____ FIRMA	
OBSERVACIONES			


MI-F-13

ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO		IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.		MI-00-P-27	
			HOJA	DE
		32	34	


**ANEXO 8
FORMATO MI-F-12**

ASEGURAMIENTO	QUEJAS		AÑO
 DE CALIDAD	RELACION DE QUEJAS RECIBIDAS		
DEPTO:			
AREA:			
CLIENTE	DESCRIPCION	ACCIONES TOMADAS	FECHA Y FIRMA

MI-F-12


ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO		IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.		MI-00-P-27	
			HOJA	DE
		33	34	

**ANEXO 9
FORMATO MI-F-32**

ASEGURAMIENTO  <small>www.aseguramientodecalidad.com</small>	NOMBRE DEL DOCUMENTO		IDENTIFICACION	
			HOJA	DE

GERENCIA			
REVISIONES			
<small>FECHA EMISIÓN ORIGINAL</small>	<small>NUMERO DE REVISION</small>	<small>MOTIVO</small>	<small>FECHA</small>
<small>ELABORO</small>	<small>REVISO</small>	<small>AFIRMO</small>	

MI-F-32

ASEGURAMIENTO  DE CALIDAD	NOMBRE DEL DOCUMENTO	IDENTIFICACION	
	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL METROLÓGICO DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA DE AGRO NITROGENADOS, S.A. DE C.V.	MI-00-P-27	
		HOJA	DE
	34	34	

**ANEXO 10
SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES**

MAGNITUD	NOMBRE	SIMBOLO
longitud	metro	m
masa	kilogramo	kg
masa	tonelada	t
tiempo	segundo	s
tiempo	minuto	min
tiempo	hora	h
tiempo	día	d
corriente eléctrica	ampere	A
tensión eléctrica	volt	V
resistencia eléctrica	ohm	Ω
volumen	litro	l, L
volumen	metro cúbico	m ³
temperatura termodinámica	Kelvin, Celsius	°K, °C
flujo volumétrico	metro cúbico por hora	m ³ /h
flujo másico	tonelada por hora	t/h
presión	pascal	Pa
presión	kilogramo por centímetro cuadrado	kg/cm ²
presión	libra por pulgada cuadrada	lb/in ² (psi)
presión	atmósfera	atm

Reglas metroológicas:

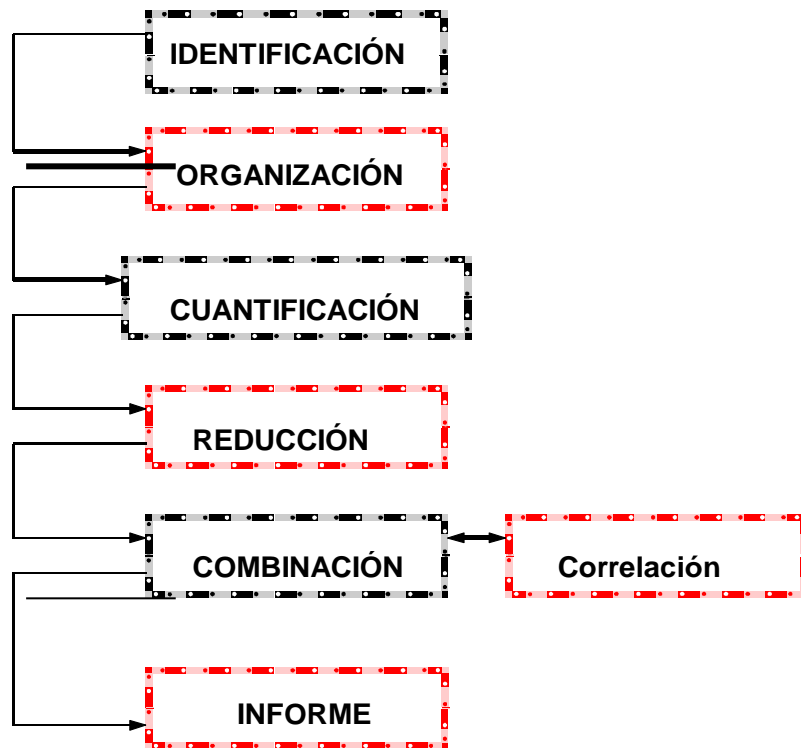
Regla para signo decimal.- El signo decimal debe ser una coma sobre la línea (,) ejem. 70,250. Si la magnitud de un número es menor que la unidad el signo decimal debe ser precedido por un cero ejem. 0,468 .

Regla para números.- Los números deben ser impresos en tipo arábigo, en caso de varios dígitos deben ser separados por un espacio y grupos de tres, nunca por una coma, un punto o por otro medio ejem. 7 801 234, 539 .

¿Cómo se evalúan y expresan las incertidumbres?



3.1 Estimación de incertidumbres (Conceptos) [6]



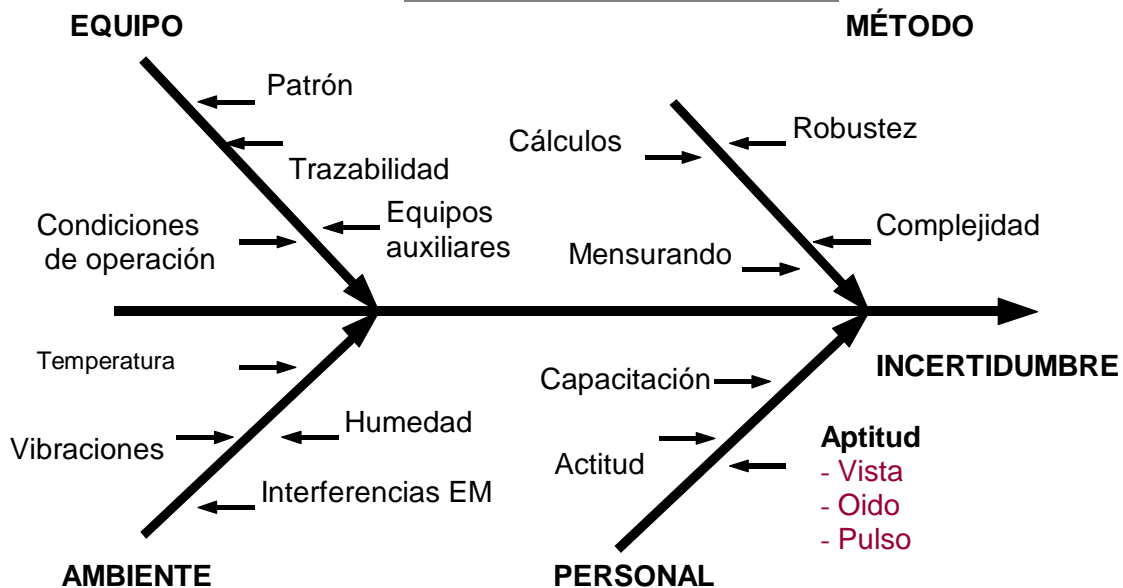
IDENTIFICACIÓN

<i>Fuente de incertidumbre</i>	<i>Explicación clara de su origen</i>

Para la identificación de fuentes de incertidumbre la normativa recomienda:

1. Trabajo en grupo
2. No suprimir obvios.
3. Asegurar la comunicación acerca de su origen.
4. Dejar la lista abierta.

ORGANIZACIÓN



Otras fuentes que se pueden sumarse a esta lista serían por ejemplo:

Fricción mecánica, resolución del instrumento, histéresis, reducción de datos, redondeo de resultados, errores y equivocaciones, densidad, presión atmosférica, gravedad del lugar, fluctuaciones de alimentación neumática-eléctrica-hidráulica, polvo en el ambiente, nivel de iluminación, etc.

CUANTIFICACIÓN

TIPOS DE INCERTIDUMBRE

A

“ SI TIENEN
ORIGEN
ESTADISTICO”

- **Son**
Determinadas
Estadísticamente
Por el usuario.

B

“LAS OTRAS”

- Son**
comunicadas
al usuario

Ejemplos de incertidumbre estadística es hecha por el usuario: **tipo A** son aquellos cuya estadística es hecha por el usuario: **repetibilidad, reproducibilidad, regresión lineal.**

Ejemplos de incertidumbre **tipo B** aparecen cuando se consultan documentos originados externamente: **certificados de calibración, tablas, formulas, hojas técnicas, hojas de especificaciones, etc..**

CUANTIFICACIÓN

Fuente	Valor numérico U de la Incertidumbre de la fuente	Presentación	Referencia
A rep	##, # unidades, tanto%, ppm	S_r	Proc. # Reg. # 02/04/99
A reprd	##, # unidades, tanto%, ppm	S_L	Proc. # Reg. # 02/04/99
B patrón	##, # unidades, tanto%, ppm	U_P	Manual proveedor, # certificado de calibración, Hoja técnica
B resl	##, # unidades, tanto%, ppm	U_{dms}	Manual proveedor, # certificado de calibración, Hoja técnica
B mov	##, # unidades, tanto%, ppm	U_m	Manual proveedor, # certificado de calibración, Hoja técnica
B hist	##, # unidades, tanto%, ppm	U_h	Manual proveedor, # certificado de calibración, Hoja técnica

En esta tabla se observa que las incertidumbres tipo **A** se estiman siguiendo un procedimiento estadístico y pueden expresarse de diferentes formas, por las tipo **B** se requiere tener a la mano manuales, especificaciones, etcétera.

Fuente. [6] Curso Taller CUANTIFICACIÓN DE INCERTIDUMBRES, Centro Nacional de Metrología, MC. Rubén J. Lazos Martínez, Noviembre de 1995.

3.2 Guía BIPM/ISO para la expresión de la incertidumbre en las mediciones

Reseña de la guía BIPM/ISO

En 1986 el BIPM (Bureau International des Poids et Mesures) por sus siglas en Francés, aprueba las recomendaciones hechas desde 1978 por organizaciones internacionales (32 laboratorios de Metrología Nacionales de todo el mundo) generadas por la falta de consenso para evaluar y expresar las incertidumbres en los resultados de las mediciones.

El BIPM estableció el grupo de trabajo ISO/TAG 4/WG 3 compuesto por expertos de la IEC (International electrotechnical Commission), la ISO (International Organization for Standardization), la IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), la IUPAP (International Union of Pure and Applied Physics) y la OIML (International Organization of Legal Metrology)

Con el propósito de establecer en un documento reglas generales para la evaluación y la expresión de incertidumbres en la medición, las cuales puedan seguirse a diferentes niveles de exactitud y en muchos campos, desde el piso de ventas hasta la investigación.

3.2.1 Teoría de incertidumbre

“Estimación que caracteriza el intervalo de valores dentro de los cuales se encuentra el valor verdadero de la magnitud medida”

La palabra incertidumbre significa DUDA y por lo tanto en un sentido más amplio “incertidumbre de medición” significa la duda que se tiene sobre la calidad de una medición.

Incertidumbre es una estimación de la duda que tiene el que realiza la medición sobre el valor que obtiene del mensurando, Este es un parámetro indispensable para definir la calidad de la medición y validar su confiabilidad.

Todo valor de un mensurando y , reportado debe ser acompañado por este parámetro x .

Este parámetro está representado como una desviación normal o como un intervalo de confianza

$$y \pm x \rightarrow (y_1, y_2)$$

El resultado de una medición refleja el grado exacto de conocimiento del valor del mensurando.

Este después de ser corregido por efectos sistemáticos conocidos es considerado aún como un estimado del valor del mensurando debido a que existe una incertidumbre por los errores aleatorios y efectos de imperfecciones en las correcciones aplicadas para efectos sistemáticos.

De lo anterior nació la necesidad de implementar métodos aceptables universalmente para caracterizar la calidad del resultado de una medición, esto es, para evaluar y expresar la incertidumbre.

El método para la estimación de la incertidumbre de una medición esta basado en :

- 1) La estimación de las incertidumbres individuales de las variables.
- 2) La combinación de estas a través de la Ley de la Propagación de Errores.

El método normalizado a nivel internacional fue desarrollado por la BIMP (Oficina Internacional de Pesas y Medidas) traducido al español en colaboración con la ISO (Organización Internacional de Normalización), como se menciona en la reseña de la guía BIPM/ISO y se describe en un documento denominado:

“Guía BIPM/ISO para la expresión de la Incertidumbre en las mediciones”

A continuación se describe cada paso de esta guía.

PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN Y EXPRESIÓN DE INCERTIDUMBRES EN LAS MEDICIONES.

3.2.2 Definir el proceso de medición por medio de un modelo en el que se indiquen todas las variables que influyen en la medición del mensurando.

$$y = f (X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \quad (01)$$

Notas:

1. Se recomienda que esta actividad sea realizada por el diseñador de la prueba o el personal que tenga mas conocimientos sobre la medición, para asegurar que se consideren todos los factores y variables involucrados en el proceso de medición y que afecten la calidad del valor estimado del mensurando.
2. Es necesario que se reúna toda la información referente al método de medición, tal como: procedimiento de medición especificaciones y manuales del equipo de medición involucrado, información técnica, estudios de repetibilidad, datos históricos de mediciones previas.

3.2.3 Plantear el modelo como una relación matemática.

$$y = X_i \quad (02)$$

3.2.4 Si existen errores sistemáticos que pueden ser corregidos incluir (si es necesario) esta corrección en la relación matemática.

$$y = X_i + C \quad (03)$$

Notas:

- 1 X_i y C pueden ser valores directos o relaciones (ecuaciones) matemáticas.
- 2 Cuando en la ecuación 2 ó 3 no se incluye una de las variables que se definió en el modelo inicial que pueden causar incertidumbre, esta se adicionará como una función matemática extra a la relación. En caso de no contar con una relación directa se puede adicionar como una función desconocida $f (X_i)$.

$$y = X_i + C + f (X_i) \quad (04)$$

- 3 Es importante verificar que todas las variables especificadas en el modelo planteado en el punto (01) estén incluidas en esta ultima relación.

3.2.5 Calcular la mejor estimación del mensurando a partir de la mejor estimación de las variables a partir de la relación matemática, ecuación (03) ó (04).

3.2.6 Incertidumbres tipo “A”

“Aquella cuya incertidumbre estándar se evalúa por medio de análisis estadístico de una serie de observaciones”

Repetibilidad (S_r)

Para iniciar la estimación de incertidumbres tipo A, cuyas fuentes principalmente son la repetibilidad y Reproducibilidad de las mediciones también llamados estudios de r y R , primero la normativa recomienda dividir el intervalo de medición en cuestión en 3 puntos (p) representativos* esto es 10%, 50% y 90% ó punto inferior, punto medio y punto superior , posteriormente en cada punto representativo debemos determinar el número de mediciones (n) que realizaremos, estos pueden ser 2, 3, 4, 5...,10..., 20..., etcetera mediciones.

* La normalización al respecto señala que en estos puntos los equipos de medición tienen un comportamiento de observancia debido a diferentes factores, también los principales institutos de metrología en el mundo adoptan este criterio.

Con frecuencia se piensa que las incertidumbres **tipo A** por haber sido determinadas por métodos estadísticos, se conocen **mejor** que las **tipo B**. Sin embargo, esto no es así, ya que cualquier incertidumbre basada sobre una muestra finita de n mediciones, tiene en si misma una incertidumbre estadística implícita que, aún para ($n = 10$) ésta llega a ser del **24%** para una distribución normal.

También se debe tener presente que:

“Las estimaciones **tipo A** pueden ser poco confiables si el número de mediciones es pequeño”.

Las incertidumbres **tipo A** se basan en distribuciones de frecuencia. Generalmente se determinan por métodos de observaciones repetidas de la magnitud medida y calculadas como la desviación estándar normal estimada de la media, ¿Como se pueden obtener estas?

1.– Obtener la **media aritmética** de las (n) mediciones para determinar un valor que es típico o representativo de un conjunto de mediciones usando la ecuación:

$$Y_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_{ij} \quad (05)$$

2.– Dentro de este proceso calcular la **varianza estimada** de las (n) mediciones independientes usando la ecuación:

$$S^2_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2 \quad (06)$$

3.– Posteriormente calcular la **desviación estándar estimada** S_i para cualquiera de las (n) mediciones individuales para determinar el grado en que las mediciones tienden a extenderse alrededor de la media aritmética, usando la ecuación :

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2}{n - 1}} \quad (07)$$

Muchas veces por diversos factores solo determinamos cierta cantidad de mediciones, cuando estas distribuciones están constituidas por pequeñas muestras esto es $n \leq 30$ mediciones, es necesario aproximarlas a distribuciones normales.

4.- En base a lo anterior se puede estimar la incertidumbre **tipo A** asociada a la **repetibilidad** usando la ecuación :

$$U_{Ar} = \frac{Si}{\sqrt{n}} t \quad (08)$$

$$U_{Ar} = S_r \quad (09)$$

Donde: U_{Ar} = Incertidumbre tipo "A"
 t = factor "t" student

S_i = Desviación estándar estimada
 n = Numero de mediciones

Al tratarse de pequeñas muestras (cierta cantidad de mediciones) se le denomina **distribución t de <<student>>** por ser su descubridor Gosset, que publicó sus trabajos con el seudónimo de <<student>> a principios del siglo XX, para grandes valores de n (esto es $n \geq 30$), la curva se aproxima estrechamente a una curva normal.

En las siguientes tablas se puede ver la incertidumbre en la desviación estándar estimada en función del número de mediciones disponibles, al igual el factor "**t**" basado en la distribución **t de student**, para una distribución normal, este factor de aproximación debe aplicarse principalmente cuando se disponga de menos de **30** mediciones, $n \leq 30$ principalmente y aplica para un factor de cobertura (confianza) * **K = 2** (2 desviaciones estándar). Se puede observar que conforme **n** aumenta "**t**" tiende a la unidad.

Nota. Para distribuciones normales resulta que:

El 68,27% de las mediciones están comprendidas entre $\bar{y}_i - Si$ y $\bar{y}_i + Si$

El 95,45% de las mediciones están comprendidas entre $\bar{y}_i - 2Si$ y $\bar{y}_i + 2Si$

El 99,73% de las mediciones están comprendidas entre $\bar{y}_i - 3Si$ y $\bar{y}_i + 3Si$

Para distribuciones moderadamente asimétricas, los porcentajes anteriores pueden mantenerse aproximados.

Numero de observaciones (n)	$U_{Ar} S_i$ (%)
2	71
3	50
4	41
5	35
10	24
20	16
30	13
50	10

Numero de observaciones (n)	t
2	7,0
3	2,3
4	1,7
5	1,4
6	1,3
7	1,3
8	1,2
9	1,2

Reproducibilidad (S_L)

Con el fin de estimar la reproducibilidad de los resultados de mediciones, se considera en este trabajo que solo cambia una de las condiciones, siendo p el número de valores que toma esa condición. Así, se pueden considerar p observadores, p laboratorios, p métodos, etcétera.

Además, por ser el caso mas frecuente, se supone el mismo número n de repeticiones para cada valor de la condición.

1.– Calcular la **repetibilidad** del conjunto de resultados usando la ecuación:

$$S_r^2 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i^2}{p} \quad (10)$$

Siendo S_i la desviación estándar estimada de la media \bar{Y}_i para cada condición i ,

$$S_i^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2 \quad (11)$$

2.– Calcular la variabilidad (**Reproducibilidad**) entre las condiciones usando la ecuación:

$$S_L^2 = \frac{W}{p-1} - \frac{S_r^2}{n} \quad (12)$$

Obtener **W** usando la ecuación:

$$W = \sum_{i=1}^n (\bar{Y}_i - \bar{\bar{Y}})^2 \quad (13)$$

Donde:

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_{ij} \quad (14)$$

$$\bar{\bar{Y}} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{Y}_i}{p} \quad (15)$$

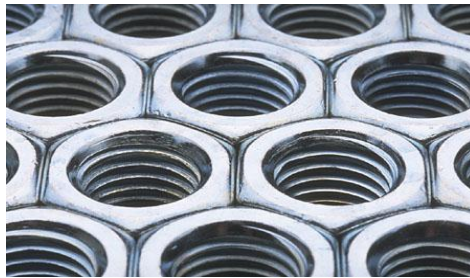
S²L representa la dispersión de cada condición respecto a la media de todo el experimento y que corrige restando el efecto de la variabilidad interna a cada condición. Es decir **S²L** determina el grado en que cada observador, laboratorio, método, etc., tiende a variar respecto a la media de todo el experimento. Este término se puede considerar como la variabilidad entre condiciones.

La incertidumbre estándar asociada a la reproducibilidad es S_L .

Cuando resulte un valor de S^2_L negativo, sustituirlo con 0 (cero) y considerar S_L como cero.

En este trabajo se considerada $UAR = S_L$,

UAR = Incertidumbre tipo **A** asociada a la reproducibilidad de las mediciones.



3.2.7 Incertidumbres tipo “B”

“Aquella cuya incertidumbre estándar se evalúa por medios diferentes que un análisis estadístico de una serie de mediciones”

Se basa en el conocimiento que tenga el metrólogo del proceso de medición y la información disponible sobre el mismo y los instrumentos empleados en el.

- ⇒ **Datos de medición previos.**
- ⇒ **Experiencia con el sistema de medición o conocimiento general del mismo.**
- ⇒ **Especificaciones del fabricante.**
- ⇒ **Datos disponibles de calibraciones y otros reportes.**
- ⇒ **Incertidumbres asignadas a datos de referencia tomados de manuales, entre otros.**

El trabajo consiste en convertir una incertidumbre expresada de diferentes maneras en incertidumbre estándar, que corresponda a una desviación estándar del mensurando bajo evolución.

Estas incertidumbres están inmersas en el proceso de medición por ello deben ser estimadas, por ejemplo el patrón de calibración genera una fuente de incertidumbre por si solo con cierto impacto a la calibración dependiendo de la calidad o tamaño de esta, al igual las condiciones en el medio ambiente, ciertas interferencias electromagnéticas, etcétera, podemos ver la Pág. 86 de este trabajo para recordar las innumerables fuentes de incertidumbre, pero se recomienda estimar solo las de mayor impacto en base a la experiencia del metrólogo en el proceso de medición.



Ejemplos de expresiones de incertidumbres

* **Múltiplo de la desviación estándar** : $U_E = h S$

Donde U_E es la incertidumbre expresada.

Entonces la incertidumbre estándar debe tomarse como la incertidumbre expresada dividida entre el factor h utilizado:

$$U(X_i) = \frac{U_E}{h} \qquad U(X_i) = U_B$$

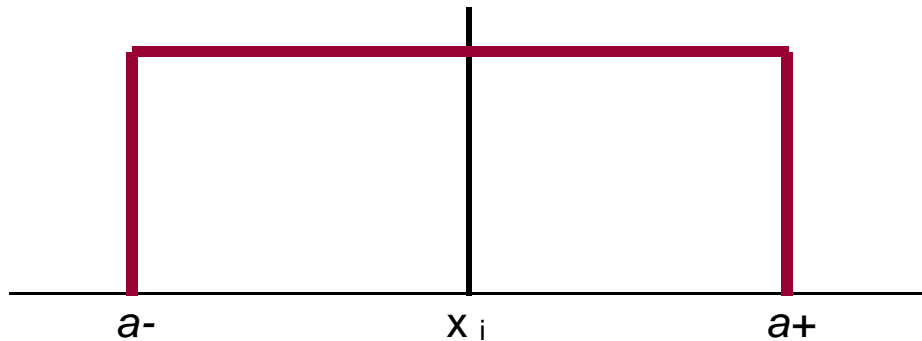
* **Expresada con un cierto nivel de confianza, se supondrá una distribución normal de la variable bajo evaluación** :

$$U(X_i) = \frac{U_E}{k}$$

Donde k es el factor de cobertura para diferentes niveles de confianza.

Nivel de confianza	Factor k
50 %	0,67
68,3	1
90 %	1,64
95 %	1,96
95,45	2
99 %	2,58
99,73 %	3

** Algunas veces se especifica que la variable bajo evaluación se encuentra dentro de un intervalo de valores máximos (a +, a -). En tales casos se supondrá una distribución rectangular donde su incertidumbre estándar es:*



$$U(Xi) = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (16)$$

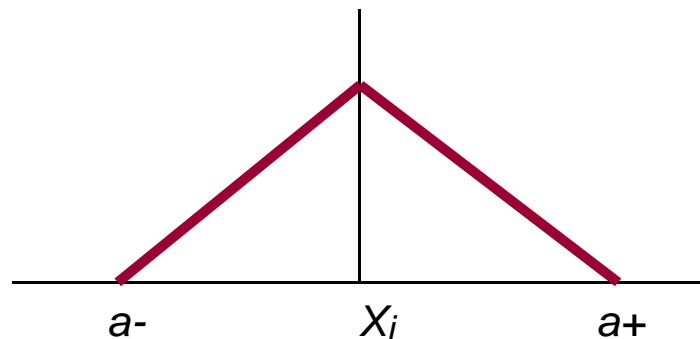
Cuando la distribución es simétrica, resultado de evaluar la desviación estándar de la media dentro del intervalo de valores máximos, o bien como:

$$U(X_i) = \frac{a}{\sqrt{12}} \quad (17)$$

Cuando la distribución no es simétrica, es decir

$$|a_-| \neq |a_+|$$

*** Si se tuvieran datos de que los valores de la magnitud en cuestión alrededor del valor medio son más probables, entonces se tomará la suposición de una distribución triangular.**



$$U(X_i) = \frac{a}{\sqrt{6}} \quad (18)$$

“Se recomienda hasta donde sea posible, se evalúen experimentalmente todos los parámetros de los que depende él mensurando, para que las estimaciones con ellas realizadas se basen en datos observados y no solo en reportes o afirmaciones sin antecedentes” No todos los parámetros afectan al mensurando por igual, debemos considerar para fines prácticos solo los que más influyan en el resultado. La demanda de incertidumbre requerida por el cliente dará la pauta para considerar más fuentes.

* Resolución

Resolución de un instrumento con indicación analógica.

D — valor de la división mínima de la escala.

d — longitud (ancho) de la división mínima de la escala.

c — ancho de la aguja.

Se asigna una distribución rectangular con ancho **R** :

$$R = \frac{1}{\frac{d}{c} + 1} D \quad \frac{d}{c} < 10 \text{ y condiciones de indicación estática.}$$

cuando $\frac{d}{c} > 10$ Se tendrá que: $R = \frac{D}{10}$ en los demás casos,

por lo que la *incertidumbre estándar* se calcula dividiendo el resultado anterior entre $2\sqrt{3}$

$$U_R = \frac{R}{2\sqrt{3}} \quad (19)$$

Se puede notar que las unidades de **d** y **c** son de longitud, mientras que las de **D** son las de lectura del indicador.

En aquellas situaciones donde la lectura deba hacerse con la aguja en movimiento, se aumentará la incertidumbre a criterio del observador. Esta no puede ser menor al valor mencionado.

Cuando la escala es no lineal (logarítmica por ejemplo), **D** es el valor de la mínima división de la escala en la zona de trabajo.

* Resolución de un instrumento con indicación digital

Se considera como resolución de una indicación digital al dígito menos significativo que pueda ser claramente leído por el operador.

$$R = DMS \\ ## , ### ###$$

De acuerdo con la definición de resolución, se asigna una distribución rectangular de ancho igual al valor de la posición del dígito menos significativo (*DMS*).

Y la *incertidumbre estándar* es por lo tanto :

$$U_R = \frac{DMS}{2\sqrt{3}} \quad (20)$$

Puede notarse que el *DMS* no es necesariamente el dígito de la extrema derecha del indicador, sino el primero de derecha a izquierda que puede leerse.

En el siguiente desplegado **1, 2347** , en este caso el *DMS*= 0,0001 y *UR*= 0,00003

* *Umbral de movilidad*

La prueba de movilidad se realiza cambiando lentamente la señal de entrada hasta que se detecte una variación en la respuesta del instrumento. No debe confundirse con sensibilidad.

Si

M = el valor del cambio de la señal de entrada que produzca una respuesta en el instrumento, se asigna una distribución rectangular con ancho M y por lo tanto la *incertidumbre estándar* es:

$$U_M = \frac{M}{2\sqrt{3}} \quad (21)$$

* *Histéresis*

La estimación del efecto de *histéresis* es de hecho una prueba de *reproducibilidad* ante cambio de condiciones de uso. Específicamente, en elementos elásticos este efecto es notable al usar el instrumento aumentando la carga sobre él y después disminuyéndola.

Sin embargo, frecuentemente se toma un número muy reducido de mediciones de modo que es necesario aproximar su estimación considerando la diferencia máxima entre los valores ascendentes y descendentes.

Esto es, si los resultados en ascenso son $\{X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_A\}$ y los descendentes son $\{Y_1, Y_2, \dots, Y_B\}$ entonces se asocia una distribución rectangular de ancho

$$H = \text{máx} (\text{abs} (X_i - Y_i))$$

y por lo tanto la *incertidumbre estándar* es:

$$U_H = \frac{H}{2\sqrt{3}} \quad (22)$$

3.2.8 Incertidumbre estándar combinada.

Plantear la ecuación para el cálculo de la incertidumbre estándar combinada, $U_c(y)$, con base al modelo planteado en (01), (02) y la ley de propagación de incertidumbres, a partir del teorema de Taylor en 2 variables, cuya ecuación de partida es:

$$U_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} U(x_i)\right)^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \frac{\partial y}{\partial x_i} \frac{\partial y}{\partial x_j} U(x_i) U(x_j) r(x_i, x_j)}$$

(23)

donde:

$U_c(y)$ = Incertidumbre estándar combinada.

dy/dx_i = Coeficiente de sensibilidad.

r = Coeficiente de correlación. Ver anexo 3.

$U(x_i)$ = Incertidumbre individual de cada variable.

Se recomienda consultar la publicación del CENAM, Reporte técnico CNM-MEE-PT-0001, Apéndice A, donde se desarrolla la ecuación (23) Págs. 33-36. *Resumen y ejemplos de aplicación de la guía ISO/BIPM para la expresión de incertidumbres en las mediciones*

En esta expresión se consideran todas las variables que pueden causar *incertidumbre en la medición del mensurando*, incluyendo las involucradas en la relación matemática, las correcciones y las indicadas como una función desconocida. Cuando no existen *correlaciones* entre las variables la ecuación anterior (23) se simplifica como:

$$U_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} U(x_i)\right)^2}$$

(24)

Mientras que el diseñador de la prueba o el personal experto de la medición no indiquen lo contrario, se considera que el proceso de medición *no tiene correlaciones*.

Calcular los coeficientes de sensibilidad, C_s , del mensurando con relación a cada variable (Analíticamente a partir de la función que relaciona las variables, ecuación (03) ó (04), o por medios experimentales).

$$C_s = \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right) \quad (25)$$

Notas:

- 1 Si se cuenta con una relación matemática que combina a las variables entre sí para calcular el mensurando, los coeficientes de sensibilidad corresponderán a las derivadas parciales del mensurando con relación a cada variable. En el caso que existan funciones desconocidas se puede realizar a partir de gráficas de observaciones experimentales, donde C_s corresponderá a la pendiente de la curva que relacione el comportamiento del mensurando con cada variable.
- 2 Cuando se realizan mediciones directas, por ejemplo la medición de temperatura con un termómetro, se considera que el coeficiente de sensibilidad vale "1", ya que la función que relaciona la variable con el mensurando es directa.

De esta manera la ecuación (24) se reduce a:

$$U_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n U^2(x_i)} \quad (26)$$

O lo que es igual a :

$$U_c(y) = \sqrt{(U_{Ar})^2 + (U_{AR})^2 + (U_{Bmov})^2 + (U_{Bhist})^2 + (U_{Bresol})^2 + \dots + (U_{xi})^2} \quad (27)$$

Cada termino fue tratado anteriormente en este procedimiento.

Hasta aquí se ha tratado el procedimiento común para obtener la incertidumbre de la medición de un equipo o instrumento debida a la ley de propagación de incertidumbres, en donde intervinieron principalmente los siguientes factores:

- Modelo analítico matemático del mensurando.
- Variables de influencia.
- Coeficientes de sensibilidad.
- Incertidumbres “A” y “B” de las variables de influencia.
- Coeficiente de correlación.

Ahora cuando otro equipo requiere ser calibrado contra el primero deberán de combinarse tanto las incertidumbres del equipo patrón como la del equipo a calibrar de la siguiente manera:

$$U_{calibración} = \sqrt{\sum_{i=1}^n U^2(x_i) + U^2_{patrón}} \quad (28)$$



3.2.9 Incertidumbre expandida

Finalmente se obtiene la incertidumbre expandida U , multiplicando la incertidumbre de la calibración por el factor de cobertura $K = 2$;

$$U = 2 U_{\text{Calibración}} \quad (29)$$

La normativa recomienda este factor el cual ofrece una protección contra los fenómenos aleatorios. Con esto se incrementa el nivel de confianza del intervalo dentro del cual se estima que se encuentre el valor verdadero del mensurando.

Se ha observado que cuando U_c y/o U_{cal} se calcula por tres o más componentes, su distribución tiende a ser “normal” aunque las distribuciones individuales no lo sean. Los principales institutos internacionales de metrología como el **CENAM**, han seleccionado $K = 2$ equivalente a un nivel de confianza de 95,45%; por lo que se considera recomendable adoptar este criterio.

Nivel de confianza	Factor de cobertura
50%	0,67
68,27%	1
90%	1,645
95%	1,960
95,45%	2
99%	2,576
99,73%	3

3.2.10 Resultados

Elaborar un registro de la evaluación de la incertidumbre U del método de medición que contenga:

- Método de medición estudiado
- Modelo
- Relación matemática
- Ecuación de la incertidumbre combinada
- Valor de los coeficientes de sensibilidad
- Valor de las incertidumbres individuales
- Valor de la incertidumbre combinada
- Valor de la incertidumbre expandida
- Valor del coeficiente de expansión.
- Nombre del evaluador
- Fecha de la evaluación.

Es necesario indicar claramente para todos los casos si los resultados están expresados como **% de la lectura**, **% L**, como **% de escala total**, **% E.M.T.** o una combinación de ambas: del mismo modo es buena practica expresar los resultados en las unidades de la medición del calibrando e incluidas en el sistema internacional de unidades.

En el capítulo IV de este trabajo dedicado a *ejemplos para evaluar y expresar incertidumbres*. Se mostrarán diferentes maneras de registrar el resultado, utilizando en cada caso diferentes formatos para ello, cada uno puede utilizarse como mejor convenga al interesado o en su caso desarrollar un formato propio. En lo anterior la normativa deja a criterio del metrologo la manera de registrar los resultados obtenidos.

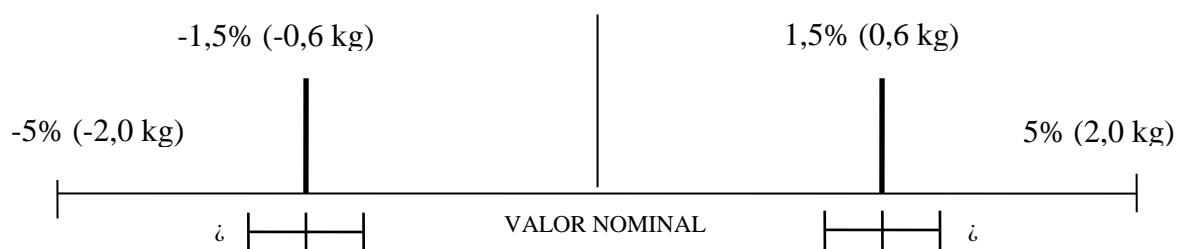
¿Se ha dado información clara y suficiente para que el resultado obtenido sea confiable y pueda ser actualizado cuando haya nuevos datos?

3.3 Comparación de la incertidumbre con el sistema de medición

La incertidumbre de la medición debe ser comparada con las especificaciones o límites de control (*si es que se lleva control estadístico de la característica medida*) con el objeto de analizar el comportamiento del sistema de medición:

Se tendrá una incertidumbre aceptable si ésta no rebasa un % fijado del intervalo de la especificación o de los límites de control. Cada interesado definirá este % en base a las necesidades del cliente.

En caso de rebasar el % fijado, los responsables correspondientes necesitan definir el plan de acciones a seguir (por ejemplo: cambio o calibración del instrumento, mejorar el método de medición por ejemplo).



3.4 Idoneidad del sistema de medición

Se dice que un sistema de medición es idóneo cuando el índice de idoneidad es alrededor de la unidad esto es:

$$I_A = U_c / U_r = 1$$

U_c es la *incertidumbre actual*, esta se estima a partir de las características del sistema de medición y depende de todo el sistema.

U_r es la *incertidumbre requerida*. Cuando el índice I_A es muy alto, la *incertidumbre actual* U_c es demasiado grande comparada con la requerida U_r , y el sistema será torpe para el propósito Requerido.

En el otro caso, cuando I_A es muy pequeño, la *incertidumbre actual* es mucho menor que la requerida y el sistema cumple de sobra las especificaciones, lo cual no es tan halagüeño como a primera vista parece pues usualmente incertidumbre baja implica normalmente un *costo alto*, por la inversión en equipo o control del ambiente, por tiempo de medición ,etc..

Sin embargo, antes de emprender una acción correctiva debe estudiarse cuidadosamente la conveniencia de hacer cambios, contemplando las necesidades de medición a mediano plazo.

ANEXO 1

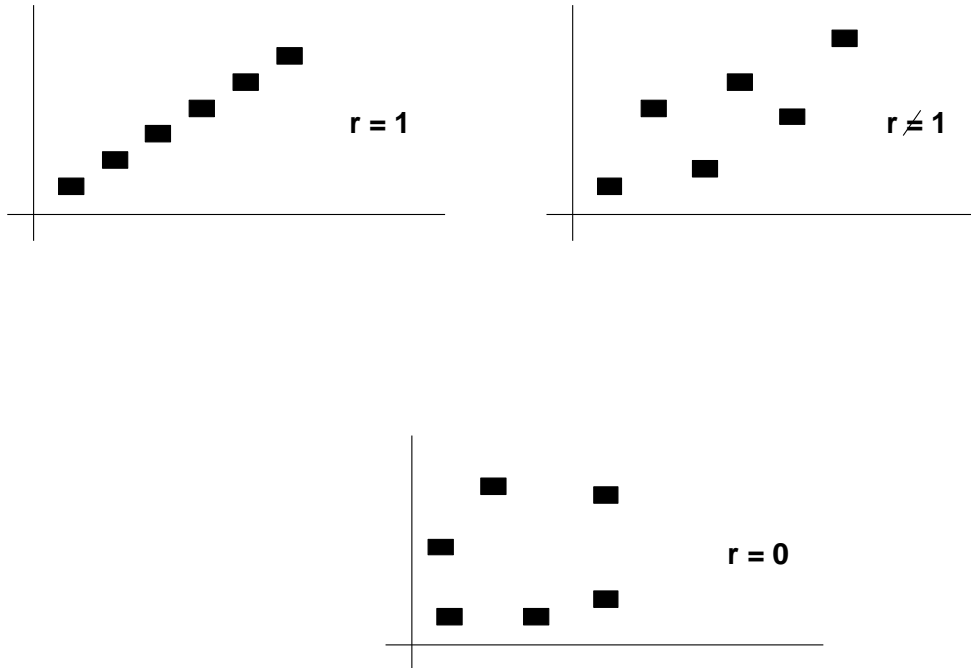
IMPACTO DE LA INCERTIDUMBRE DE LOS PATRONES EN LAS CALIBRACIONES

Relación $U_{\text{patrón}} : U_{\text{Calibrando}}$	$\sqrt{U^2_{\text{patrón}} + U^2_{\text{cal}}}$	U_c	% de impacto
1 : 1	$\sqrt{1,000^2 + 1,000^2}$	1,414	41,4 %
1 : 2	$\sqrt{0,500^2 + 1,000^2}$	1,118	11,8 %
1 : 3	$\sqrt{0,333^2 + 1,000^2}$	1,054	5,4 %
1 : 4	$\sqrt{0,250^2 + 1,000^2}$	1,031	3,1 %
1 : 5	$\sqrt{0,200^2 + 1,000^2}$	1,020	2,0 %
1 : 10	$\sqrt{0,100^2 + 1,000^2}$	1,005	0,5 %

ANEXO 2

Relación de Trazabilidad		$U_{\text{patrón}} : U_{\text{Calibrando}} ; 1 : 2$	
Nivel	Incertidumbre nominal	Incertidumbre "real" debida a la trazabilidad	Porcentaje de impacto o degradación
Patrón Primario Nacional	0,10	0,10	0,00 %
Patrón Primario de Trabajo	0,20	0,22	11,80 %
Patrón Secundario	0,40	0,46	14,56 %
Patrón Industrial de referencia	0,80	0,92	15,24 %
Instrumento en Línea	1,60	1,85	15,41 %
Relación de Trazabilidad		$U_{\text{patrón}} : U_{\text{Calibrando}} ; 1 : 4$	
Patrón Primario Nacional	0,00625	0,00625	0,00 %
Patrón Primario de Trabajo	0,025	0,026	3,08 %
Patrón Secundario	0,100	0,103	3,27 %
Patrón Industrial de referencia	0,400	0,413	3,28 %
Instrumento en Línea	1,600	1,652	3,28 %
Relación de Trazabilidad		$U_{\text{patrón}} : U_{\text{Calibrando}} ; 1 : 10$	
Patrón Primario Nacional	0,001	0,001	0,00 %
Patrón Primario de Trabajo	0,01	0,01005	0,50 %
Patrón Secundario	0,1	0,1005	0,50 %
Patrón Industrial de referencia	1,0	1,005	0,50 %
Instrumento en Línea	10	10,05	0,50 %

ANEXO 3

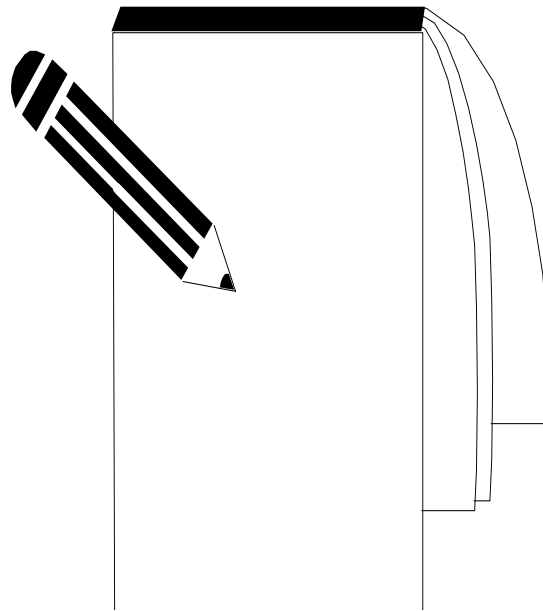


En ocasiones es sencillo identificar y estimar el factor de correlación entre dos variables, por ejemplo, entre la temperatura ambiente y la temperatura del agua almacenada en un tanque a la intemperie.

En otros casos es más complicado estimarlas, aún cuando su identificación sea evidente.



Ejemplos para evaluar y expresar incertidumbres



Ejemplo 1: (Dispositivo optoelectrónico) [15]

Calibración de un detector de gas hidrocarburo combustible diseñado y fabricado para detectar gas metano CH₄ contenido en aire, en el rango de 0-100% LEL*. Basado en un sensor de tipo no dispersivo óptico infrarrojo (NDIR).

El sensor NDIR se compone de una lámpara infrarroja fuente, dos detectores *piro eléctricos, y una cavidad óptica para muestra de gas.

La lámpara fuente produce radiación infrarroja la cual interactúa con la muestra de gas combustible que viaja dentro de la cavidad óptica. La radiación infrarroja contacta con cada uno de los detectores piro eléctricos en su viaje. Uno de los detectores piro eléctricos se encuentra “activo” y el otro se toma de referencia, el detector “activo” esta cubierto por un filtro óptico que absorbe el espectro de luz IR, el cual varía con la concentración de la muestra de gas. El detector de referencia esta cubierto por un filtro óptico que no absorbe el espectro de luz IR. Cuando la muestra de gas está presente la señal de salida del detector activo se decrementa de acuerdo con el nivel de señal de salida del detector de referencia el cual permanece sin variaciones.

La relación de señales de los detectores “activo” y “referencia” se toma como salida del sensor y esta se computa como la concentración del gas en cuestión para este caso **gas metano CH₄**.

En la actualidad este tipo de detectores se utilizan en sistemas de detección de gas y fuego para monitorear posibles fugas de gas combustible y prevenir reacciones con fuentes de ignición presentes en el área, requerimiento normativo de la ** **NFPA** para la protección del personal, instalaciones y medio ambiente de una unidad industrial que utiliza en su proceso este tipo de materias primas o se encuentre cerca de unidades que si lo utilicen. A continuación se muestran esquemas de las partes que lo componen, figuras que indican su curva de respuesta y el cálculo de incertidumbre de la medición de interés en este trabajo. La calibración e incertidumbre de la medición es vital mantenerlas dentro de parámetros para la óptima operación y seguridad del personal que labora en estos lugares de muy alto riesgo.

Nota. Este tipo de detectores se utiliza mucho en plataformas marinas en la sonda de Campeche, México.

* Propiedad de algunos sólidos que presentan polaridad eléctrica al variar su temperatura

** **National Fire Protection Association (NFPA)** .

Fig. 1 Sensor NDIR

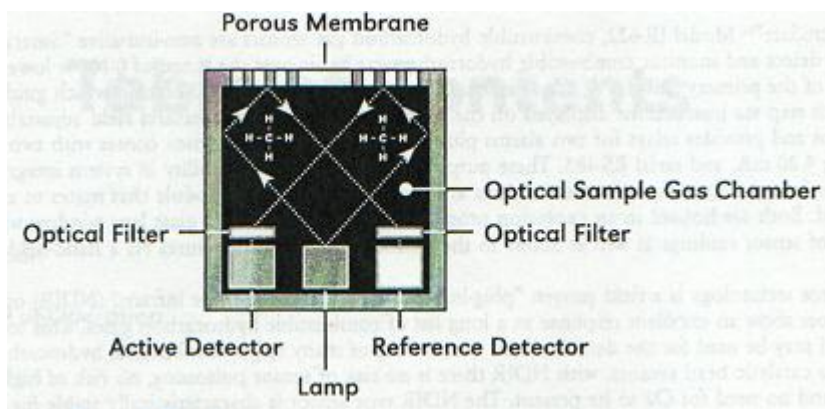


Fig. 2 Microprocesador control circuit



Fig.3 Functional block diagram & output response curve

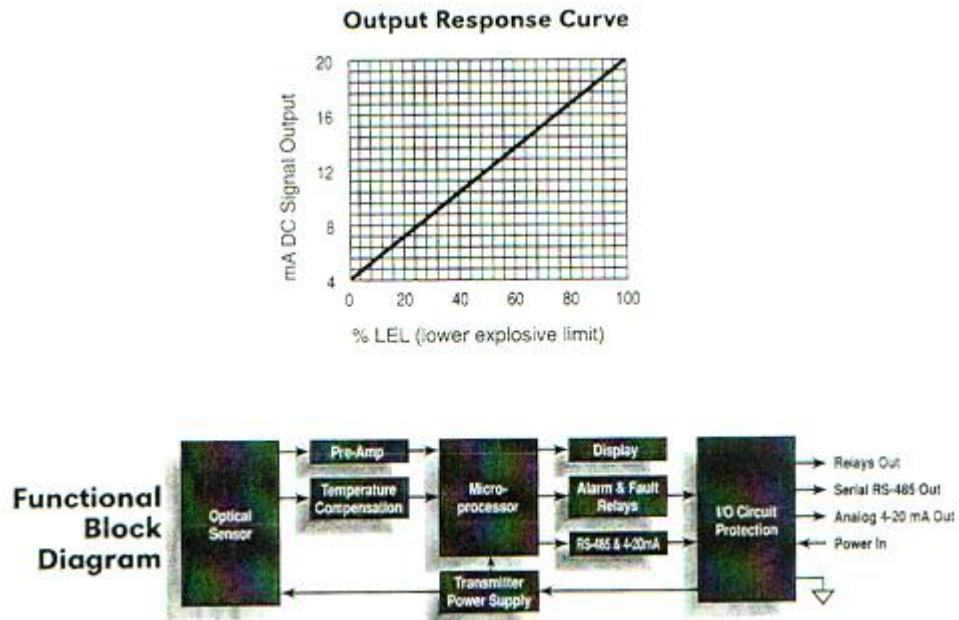


Fig. 4 Specifications

Method of detection

NDIR optical

Electrical Classification

Class I; Groups B, C, D; Div. 1.

Response Time

T50 < 15 seconds; T90 < 35 seconds

Clearing Time

90% < 35 seconds

Repeatability

± 3% FS

Range

0-100% (lower explosive limit) LEL

Operating Temperature

-40° to +175° F

Accuracy

± 3% FS

Sensor Warranty

5 year pro-rated

Power Consumption

Normal operation = 95 mA (2.3 watts); Full alarm = 123 mA (<3 watts)

Zero Drift

< 5% per year

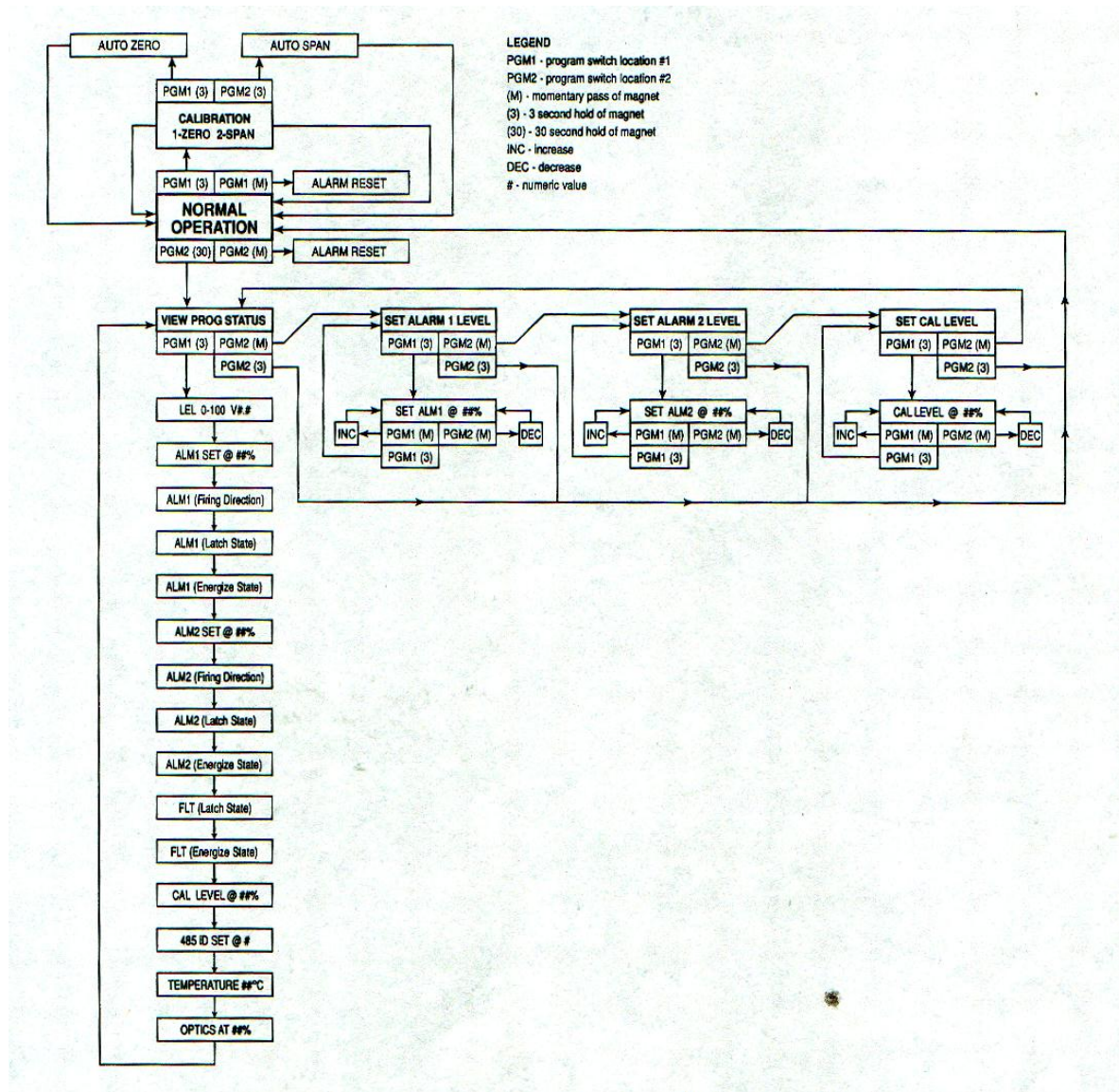
Output

3 relays (alarm 1, alarm 2, and fault) contact rated 5 amps @ 250 VAC, 5 amps @ 30 VDC;
Linear 4-20 mA DC; RS-485 Modbus™

Input Voltage

22.5-28 VDC

Fig. 5 Software flow chart



Materiales utilizados en la calibración:

Detcon N° parte 3270 programador magnético.

Detcon N° parte 6132 adaptador roscado de calibración.

Regulador de presión a 1,000 ml / min. de flujo mínimo.

Gas span de calibración 50 % LEL, $\pm 5\%$ mezcla de gas metano CH₄ balanceado en aire (certificado).

Gas span de calibración 100 % LEL, $\pm 5\%$ mezcla de gas metano CH₄ balanceado en aire (certificado).

Procedimiento de calibración: Calibración a 100 % LEL

Primer paso. Posteriormente de energizar al detector, si la lectura del detector no es cero, en base a la hoja de SOFTWARE FLOW CHART ajustar la lectura a cero cuando el detector este en contacto con aire limpio del medio ambiente, asegúrese que en ese momento no este presente ningún tipo de contaminantes como vapores de pintura, de solventes químicos, de pegamentos, etc..., esperar que la lectura indique cero.

Segundo paso. Verificar span. Conectar el adaptador de calibración y conectar el cilindro de gas span a 100 % LEL, $\pm 5\%$, abrir la válvula del regulador ajustado a 1,000 ml / min, esperar a que la lectura estabilice a 100 % LEL, $\pm 3\%$ la lectura debe indicar un valor entre 97% LEL y 103 % LEL, en caso contrario debe calibrarse el detector en base a la hoja de SOFTWARE FLOW CHART.

Tercer paso. Posteriormente de verificar por completo el span del detector se procede a suministrar el gas de 50 % LEL, $\pm 5\%$ respectivamente para la toma de lecturas de la calibración y cálculo de incertidumbre de la medición que a continuación se describe. En este ejemplo se tomará un punto de calibración con valor de 50 % LEL (**punto medio**).

* LEL (Lower explosive limit) Limite bajo de explosividad.

Fuente. [15] **DECTON MICROSAFE™ IR-622 COMBUSTIBLE HYDROCARBON SENSOR**
Operator's instruction manual. October 1, 2001 Document # 2195 Rev. 6.0

Método de medición:

Detección de gas combustible (Gas metano CH₄). Método directo

Modelo:

$L = f(Li)$

L valor de la medición

Li lectura del instrumento(detector)

Relación matemática:

$L = L_i$

Datos: (especificaciones y datos tomados en campo estimados)

Escala del instrumento: 0-100% LEL

Intervalo de calibración: 0-100% LEL

Exactitud del instrumento: $\pm 3\%$ F.S.

Incertidumbre del gas patrón: $\pm 2\%$ LEL para 50 y 100% LEL

To = Temperatura ambiente en campo = 30 °C

UeTo = Máxima variación en la temp. amb. durante la calibración (mediciones) = $\pm 3^\circ\text{C}$

a) Cálculo de incertidumbres tipo A:

Repetibilidad: Tomar un punto de calibración, 50% LEL (punto medio), realizar 5 mediciones directas resultado de la comparación del gas patrón y el instrumento (detector).

Reproducibilidad: Utilizar 3 observadores y tomar cada lectura con un observador diferente.

Obtener la media aritmética de cada columna de lecturas:

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_{ij} \quad (05)$$

Obtener la media de los 3 observadores:

$$\bar{\bar{Y}} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{Y}_i}{p} \quad (15)$$

Obtener la varianza estimada de las lecturas de cada columna:

$$S_i^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2 \quad (11)$$

Obtener la media de estas varianzas:

$$S_r^2 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i^2}{p} \quad (10)$$

Obtener la diferencia entre las diferentes medias aritméticas para cada observador:

$$\bar{Y}_i - \bar{Y}$$

Obtener el valor de **W**:

$$W = \sum_{i=1}^n (\bar{Y}_i - \bar{Y})^2 \quad (13)$$

Calcular la **repetibilidad** y **reproducibilidad**:

$$S_r = \sqrt{S^2_r} \quad S_L^2 = \frac{W}{p-1} - \frac{S_r^2}{n} \quad (12)$$

Si S_L^2 , es un número negativo, sustituirlo con cero (0) y considerar a S_L como cero.

Calcular la **incertidumbre estándar** asociada a la **repetibilidad**:

$$UAr = \frac{S_r}{\sqrt{n}} t \quad (08)$$

t = factor "t" student = **1.4** , para 5 mediciones por observador, con un factor de cobertura de **K = 2** .

Si $n \geq 10$, **t = 1**

Para este ejemplo se considera $U_{AR} = 0$, **incertidumbre estándar** asociada a la **reproducibilidad**, (los valores de los cálculos se realizarán al término del ejemplo).

b) Cálculo de incertidumbres tipo B:

Obtener una incertidumbre tipo “B” estándar a partir de una incertidumbre expresada de diferente manera.

En las especificaciones del fabricante del instrumento se dispone de la incertidumbre del gas patrón como un intervalo simétrico de valores máximos, es lógico considerar este intervalo como una distribución probabilística del tipo uniforme con valor medio igual a “0” cero, entonces la incertidumbre tipo B para el punto de prueba seleccionado, sería:

$$UB_{patrón} = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{\pm 2\%}{\sqrt{3}} \quad (16)$$

c) Cálculo de incertidumbres estándar combinada:

Combinar las incertidumbres tipo A y B, cabe mencionar que los coeficientes de sensibilidad por ser una medición directa, es decir la respuesta del instrumento se comporta de manera lineal con él mensurando de entrada (gas patrón), toman el valor de “1”, ya que las derivadas parciales toman este valor. Al igual no existen correlaciones entre las variables por lo que la ecuación para calcular la incertidumbre estándar combinada es:

$$U_{cal} = \sqrt{\sum_{i=1}^n U^2(x_i) + U^2_{patrón}} \quad (28)$$

Para este ejemplo, no se considera calcular incertidumbres por variaciones en la temperatura ambiente debido a que el fabricante declara que sus especificaciones originales de exactitud son validas en un intervalo de temperatura ambiente de -40 a 79 °C, y la temperatura ambiente de campo en la calibración varía de 22 a 28 °C, se considera que no es necesario aplicar correcciones por temperatura.

d) Cálculo de la incertidumbre expandida:

Calcular la incertidumbre expandida U , multiplicando la incertidumbre combinada (incertidumbre en la calibración), por el factor de cobertura $K = 2$.

$$U = 2U_{cal} \quad (29)$$

Para un nivel de confianza de **95,45%**

e) Reporte:

Expresar los resultados obtenidos en las unidades de la medición del calibrando y en el **Sistema internacional de unidades**.

Cabe aclarar que la lista de fuentes de incertidumbres esta abierta y depende mucho del conocimiento que tenga el personal sobre la medición, para asegurar que se consideren todos los factores y variables involucrados en el proceso y que **afectan la calidad del valor estimado del mensurando**.

A continuación se muestran los valores obtenidos en este ejemplo:

LABORATORIO DE METROLOGIA INTERNA

repetibilidad y Reproducibilidad (r y R)

rèplicas (j)	observadores (i)		
	1	2	3
1	49	50	51
2	50	49	49
3	51	52	52
4	49	51	50
5	52	50	49

p=3

INSTRUMENTO: AT-8051-AA

PATRON: GP-02

ESCALA: 0-100% LEL

INTERVALO: 0-50% LEL

FECHA: 02-Abr-02

REALIZÓ: P. Lopez Yaco

J. De Dios G.

Moises Olive

n=5

$\bar{Y}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_{ij}$	50.2	50.4	50.2
$S_i^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2$	1.36	1.04	1.36
$\bar{Y}_i - \bar{Y}$	0.0667	0.134	0.0666

$\bar{\bar{Y}} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \bar{Y}_i$	50.26660
$S^2_r = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p S_i^2$	1.25330
$W = \sum_{i=1}^p (\bar{Y}_i - \bar{\bar{Y}})^2$	0.02680

repetibilidad
Sr=1.1195 % LEL

$S^2_L = \frac{w}{p-1} - \frac{S_r^2}{n}$	-0.23720
---	----------

reproducibilidad
SL= 0 % LEL

si este resultado es negativo, sustituir con 0 (cero)

MI-F-23B

LABORATORIO DE METROLOGIA INTERNA

Hoja para cálculo de incertidumbres **tipo A y B**

MEDICIONES	PUNTOS DE CALIBRACION		
	10%	50%	90%
1	 	 	
2	 	 	
3	 	 	
4	 	 	
5	 	 	

p=3

INSTRUMENTO AT-8051-AA
PATRON GP-02
ESCALA 0-100% LEL
INTERVALO 0-50% LEL
FECHA 02-Abr-02
CALIBRO J. De Dios G.

n=5

$\bar{y}_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$	 	 	
$S^2(Y_i) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2$	 	 	
$S(Y_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2}{n}}$	 	 	
$U_{ArR} = S_r + S_L$		1.1195% LEL	

K=2

$U = U_C$	
	2.7015 %LEL

$U_A = \frac{S(Y_i)}{\sqrt{n}} \cdot t$	0.7009
$U_B = \frac{a}{\sqrt{3}}$	1.1547
$U_C = \sqrt{U_{ArR}^2 + U_A^2 + U_B^2}$	1.3507

$Y = P \pm U$
50%LEL ± 2.7015 % LEL

Ejemplo 2. [16]

Se calibra un multímetro digital de 4 ½ dígitos en la escala de 200 mV de tensión directa con un calibrador multifunción con certificado vigente. Los datos reportados por los fabricantes de los instrumentos son:

DATOS:

$$U_{EM} = \text{Incertidumbre expresada del multímetro (tensión CC)} \\ = \pm (0,05 \% \text{ de la lectura} + 0,01 \% \text{ de la escala}) @ (+ 18 \text{ a } +28) ^\circ\text{C}$$

$$U_{EC} = \text{Incertidumbre expresada del calibrador (tensión CC)} \\ = \pm (0,004 \% \text{ de la salida} + 0,001 \% \text{ de la escala} + 5 \mu\text{V}) @ (+ 20 \text{ a } +30) ^\circ\text{C} \\ \text{para las escalas de 20 mV, 200 mV, 2V, 20V, 200V y 1100 V.}$$

$$T_0 = \text{Temperatura ambiente del laboratorio} = 23 ^\circ\text{C}$$

$$U_{ET_0} = \text{Máxima variación en la temperatura ambiente del laboratorio durante las} \\ \text{Mediciones} = \pm 2 ^\circ\text{C}$$

¿Cuál es la incertidumbre de la medición?

a) Definición del mensurando:

El método de medición es de comparación directa, la salida del calibrador se conecta a la entrada del multímetro y se toman las lecturas. En este caso se tienen errores por efectos sistemáticos ya que el calibrador tiene asociada una incertidumbre en su salida, por lo que el modelo matemático sería:

$$V = P + E$$

En donde **V** es la lectura del multímetro, **P** es la tensión exacta (sin incertidumbre) de salida del calibrador y **E** es la **corrección aditiva** por el “efecto sistemático” introducido por la incertidumbre especificada por el fabricante del calibrador.

Al evaluar las condiciones de operación del patrón, se declara que sus especificaciones originales de incertidumbre son válidas en un intervalo de temperatura ambiente de (20 a 30) °C y dado que la temperatura del laboratorio y su intervalo máximo de variación cumplen esta restricción, se considera que no es necesario aplicar correcciones por temperatura.

Al revisar la normalización existente para la calibración de instrumentos de indicación digital, se encuentra la recomendación de utilizar el 10%, 50%, y 90% del valor a plena escala, como los puntos de calibración representativos de la escala en cuestión. Para este caso los puntos de calibración son 20 mV, 100 mV, y 180 mV.

b) Cálculo de la incertidumbre estándar tipo A:

Para este ejemplo y por cuestiones de tiempo solo se toman 5 mediciones del calibrador por cada punto de prueba y para calcular la incertidumbre tipo A se emplean las ecuaciones descritas en el punto 3.2 de la GUÍA BIPM/ISO incluida en este trabajo.

Nº medición (k)	Punto de calibración (Mv)	V _k (Mv)	(v _k - \bar{V})	(v _k - \bar{V}) ²	U _A (uV)
1	20	19,99	-10	100	--
2	20	20,00	0	0	--
3	20	20,00	0	0	--
4	20	20,00	0	0	--
5	20	20,01	+10	100	--
$\bar{y}_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_1$	---	20,000	---	---	4,4
1	100	99,99	-10	100	--
2	100	100,00	0	0	--
3	100	100,01	+10	100	--
4	100	100,00	0	0	--
5	100	100,00	0	0	--
$\bar{y}_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_1$	---	100,000	---	---	4,4
1	180	180,01	+8	64	--
2	180	180,00	-2	4	--
3	180	179,99	-12	144	--
4	180	180,00	-2	4	--
5	180	180,01	+8	64	--
$\bar{y}_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_1$	---	180,002	---	---	5,2

c) Cálculo de incertidumbres tipo B:

C.1 La incertidumbre especificada absoluta del calibrador debe calcularse para cada una de las tensiones de prueba seleccionadas:

Para 20 mV:

Por conveniencia se selecciona la escala del calibrador más cercana a la tensión de prueba: 20 mV

$$\begin{aligned}U_{EC-20mV} &= \pm (0,004\% \text{ de la salida} + 0,001\% \text{ de la escala} + 5 \text{ uV}) \\ &= \pm (0,004\% \{20 \times 10^{-3} \text{ V}\} + 0,001\% \{20 \times 10^{-3} \text{ V}\} + 5 \text{ uV}) \\ &= \pm 6,0 \text{ uV}\end{aligned}$$

Para 100 mV:

En este caso la única escala del calibrador que proporciona la menor incertidumbre que proporciona la menor incertidumbre expresada de acuerdo a la tensión de prueba solicitada es 200 mV.

$$\begin{aligned}U_{EC-100 mV} &= \pm (0,004\% \text{ de la lectura} + 0,001\% \text{ de la escala} + 5 \text{ uV}) \\ &= \pm (0,004\% \{100 \times 10^{-3} \text{ V}\} + 0,001\% \{200 \times 10^{-3} \text{ V}\} + 5 \text{ uV}) \\ &= \pm 11,0 \text{ uV}\end{aligned}$$

Para 180 mV:

Como en el caso anterior la escala más adecuada para obtener la tensión de salida patrón es 200 mV

$$\begin{aligned}U_{EC-100 mV} &= \pm (0,004\% \text{ de la lectura} + 0,001\% \text{ de la escala} + 5 \text{ uV}) \\ &= \pm (0,004\% \{180 \times 10^{-3} \text{ V}\} + 0,001\% \{200 \times 10^{-3} \text{ V}\} + 5 \text{ uV}) \\ &= \pm 14,2 \text{ uV}\end{aligned}$$

Ahora dado que no se dispone de información adicional acerca de **E** y además en el manual del instrumento se especifica esta incertidumbre como un intervalo simétrico de valores máximos, es lógico considerar este intervalo como una distribución probabilística de tipo uniforme con valor medio igual a "0" cero, entonces las incertidumbres tipo B para cada punto de prueba sería:

Para 20 mV:

$$U_{B20mV} = \frac{U_{EC-20mV}}{\sqrt{3}} = \frac{6,0}{\sqrt{3}} = 3,5\mu V$$

Para 100 mV:

$$U_{B100mV} = \frac{U_{EC-100mV}}{\sqrt{3}} = \frac{11,0}{\sqrt{3}} = 6,4\mu V$$

Para 180 mV:

$$U_{B180mV} = \frac{U_{EC-180mV}}{\sqrt{3}} = \frac{14,2}{\sqrt{3}} = 8,2\mu V$$

d) Cálculo de la incertidumbre estándar combinada.

Se calcula la $U_C(V)$ aplicando la ecuación (23), al modelo, $V = P + E$ en este caso se consideran independientes las variables que intervienen, en el modelo y el término de correlación es cero, así que:

$$U_C^2(V) = \left[\frac{S(Vk)}{\sqrt{n}} \right]^2 + \left[\frac{\partial V}{\partial E} \right]^2 U_E^2$$

se deduce que el coeficiente de sensibilidad es :

$$\frac{\partial V}{\partial E} = 1$$

Obteniendo:

Para 20 mV:

$$U_c(V_{20mV}) = \sqrt{(4,4)^2 + (1)^2(3,5)^2} = 5,6\mu V = 6\mu V$$

Para 100 mV:

$$U_c(V_{100mV}) = \sqrt{(4,4)^2 + (1)^2(6,4)^2} = 7,8\mu V = 8\mu V$$

Para 180 mV:

$$U_c(V_{180mV}) = \sqrt{(5,2)^2 + (1)^2(8,2)^2} = 9,7\mu V = 10\mu V$$

e) Cálculo de la incertidumbre expandida.

$$U_{20mV} = 2U_c(V_{20mV}) = 2(6) = 12\mu V$$

$$U_{100mV} = 2U_c(V_{100mV}) = 2(8) = 16\mu V$$

$$U_{180mV} = 2U_c(V_{180mV}) = 2(10) = 20\mu V$$

Para verificar si el multímetro se encuentra dentro de especificaciones, se tiene que calcular su incertidumbre expresada de acuerdo a la fórmula que proporciona el fabricante y obtener la desviación estándar correspondiente a partir de la distribución rectangular, y compararla con los resultados obtenidos.

Cálculo de la incertidumbre estándar del multímetro bajo calibración:

Para 20mV:

$$U_{EM\ 20mV} = \pm(0,05\%lectura + 0,01\%escala)$$

$$U_{EM\ 20mV} = \pm(0,05\%(20 \times 10^{-3}) + 0,01\%(200 \times 10^{-2}))$$

$$U_{EM\ 20mV} = \pm 30\mu V$$

$$U_{E-20mV} = \frac{30}{\sqrt{3}} = 17\mu V$$

Para 100 mV:

$$U_{EM\ 100mV} = \pm 70\mu V$$

$$U_{E-100mV} = \frac{70}{\sqrt{3}} = 40\mu V$$

Para 180 mV:

$$U_{EM\ 180mV} = \pm 110\mu V$$

$$U_{E-180mV} = \frac{110}{\sqrt{3}} = 64\mu V$$

f) Reporte de la calibración:

Los resultados de la calibración se muestran en la tabla siguiente los cuales son confiables al **95%**, obtenidos de $U = Kuc(V)$, con una incertidumbre combinada $Uc(V)$ reportada en la siguiente tabla y $K=2$

Escala mV	Punto de calibración mV	VR mV	$\pm U_E$ uV	\bar{V} mV	$\pm U$ uV	$\pm Uc$ (V)	Cumple spec. $\bar{V} - U \leq V_R \pm U_E \leq \bar{V} + U$
200	20	20,000	17	20,000	12	6	Sí
200	100	100,00	40	100,000	16	8	Sí
200	180	180,00	64	180,002	20	10	Sí

g) Observaciones:

En situaciones prácticas, por ejemplo cuando se tienen que verificar las especificaciones de un gran inventario de multímetros, comúnmente por razones económicas, se realiza un número limitado de mediciones para cada punto de calibración, de manera que si la componente A es la de mayor influencia en el calculo U_v , se tendría que establecer el número de mediciones suficientes para garantizar la relación

$$V_R - UE \leq \bar{V} + U \leq V_R + UE$$

Fuente. [16] REPORTE TÉCNICO CNM-MEE-PT-0001, RESUMEN Y EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LA GUÍA BIPM/ISO PARA LA EXPRESIÓN DE INCERTIDUMBRES EN LAS MEDICIONES, 1994

Sergio López Carmona, Carlos A. Sanchez Fernandez, Centro Nacional de Metrología.

Ejemplo: 3 [16]

A un resistor cuyo valor nominal es de $100 \Omega \pm 1\%$ se le aplica una tensión E , de $(100 \pm 1) V$ y se desea calcular la potencia disipada en el y la incertidumbre en la estimación:

DATOS:

R_N = Resistencia nominal del elemento = 100Ω

U_{ER} = Incertidumbre expresada del valor nominal del resistor = $\pm 1\%$ que corresponde a 1Ω .

E_N = Tensión nominal aplicada = $100 V$,

U_{ER} = Incertidumbre expresada en el valor de la tensión = $\pm 1V$

a) Definición del mensurando:

El método de medición es directo, es decir la potencia disipada en el resistor se determina en función de magnitudes relacionadas funcionalmente con la magnitud a medir. El modelo matemático es:

$$P = \frac{E^2}{R} \quad (1)$$

No se estiman relevantes los efectos por temperatura y otros factores así que se determina la potencia y su incertidumbre a partir de la ecuación anterior.

b) Calculo de incertidumbre tipo A:

En este caso no se parte de mediciones repetidas y el calculo de la incertidumbre tipo A no se efectúa. Entonces el mejor valor a reportar en la operación indicada en la ecuación anterior:

$$P = 100 W$$

c) Calculo de las incertidumbres tipo B:

c.1) Las incertidumbres en E y R se consideran tipo B y dado que no se dispone de información adicional se calculan las desviaciones estándar respectivas en función de la distribución rectangular:

Para E :

$$U_{B-E} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,6V$$

Para R:

$$U_{B-R} = \frac{0,1}{\sqrt{3}} = 0,06\Omega$$

d) Cálculo de la incertidumbre combinada:

Se calcula, la $U_{c^2}(P)$ aplicando la ecuación (23) al modelo matemático también en este caso se consideran independientes las variables que intervienen en el modelo y por lo tanto el término de correlación es cero, así que:

$$U_{C^2}(P) = \left[\frac{\partial P}{\partial E} \right]^2 U_E^2 + \left[\frac{\partial P}{\partial R} \right]^2 U_R^2$$

De la ecuación se obtienen los coeficientes de sensibilidad:

$$\frac{\partial P}{\partial E} = \frac{2E}{R} = \frac{2(100)}{100} = 2$$

$$\frac{\partial P}{\partial R} = \frac{-E^2}{R^2} = -\frac{(100)^2}{(100)^2} = -1$$

y $U_c(P)$ sería:

$$U_c(P) = \sqrt{(2)^2 + (0,6)^2 + (-1)^2(0,06)^2} = 2,08W$$

e) Cálculo de la incertidumbre expandida:

$$U = 2 U_c(P) = 4,17 W$$

f) Reporte del valor:

$$P = (100 \pm 4,17) W$$

Fuente. [16] REPORTE TÉCNICO CNM-MEE-PT-0001, RESUMEN Y EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LA GUÍA BIPM/ISO PARA LA EXPRESIÓN DE INCERTIDUMBRES EN LAS MEDICIONES, 1994

Sergio López Carmona, Carlos A. Sanchez Fernandez, Centro Nacional de Metrología.

Ejemplo 4:

Agro Nitrogenados, S.A. de C.V. empresa productora de químicos para el campo mexicano. Utiliza dentro de su proceso para la fabricación de fertilizante líquido (Solución nitrogenada), un flujo másico de materia prima a base de nitrato de amonio líquido, 40 kg/h máximo. Es necesario que el valor nominal dentro de este rango máximo de 40 kg/h se mantenga con un error máximo permitido $\leq \pm 5 \%$ para que la relación entre flujos de materias primas (flujo másico de urea líquida y flujo de condensados) se mantenga dentro de valores específicos de calidad. De esta manera la empresa asegura que las características establecidas y contratadas con el cliente registradas en la ficha técnica de este producto (Solución nitrogenada) se cumplan.

Para ello se requiere conocer la incertidumbre de la medición del lazo de medición que interviene en este proceso de medición de flujo másico, con numero de identificación: **1110-FIC-1001**

El cual se compone de los siguientes equipos:

DATOS:

1110-FIT-1001 - Transmisor de flujo, tipo másico marca Bailey Fisher
40 kg/h $\pm 1\%$
20 mAdc $\pm 1\%$

1110-FR-1001 - Registrador de flujo a base de microprocesadores, Mca. Fisher & Porter
entrada 1-5 Vdc, $\pm 0,5 \%$

ρ - Densidad del nitrato de amonio líquido = 0,8756

$\partial\rho$ - Variaciones de la densidad del nitrato de amonio líquido por cada grado centígrado = 0,0002

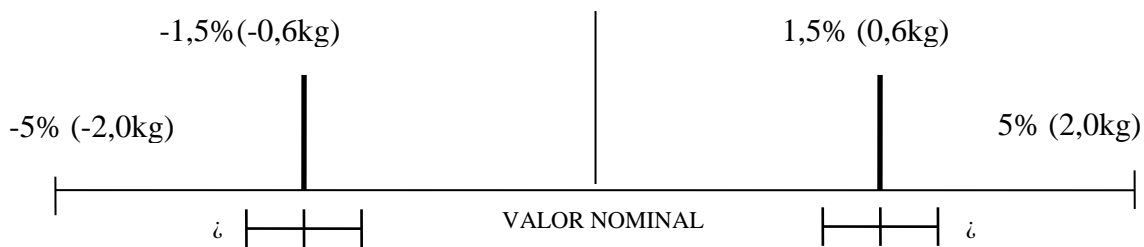
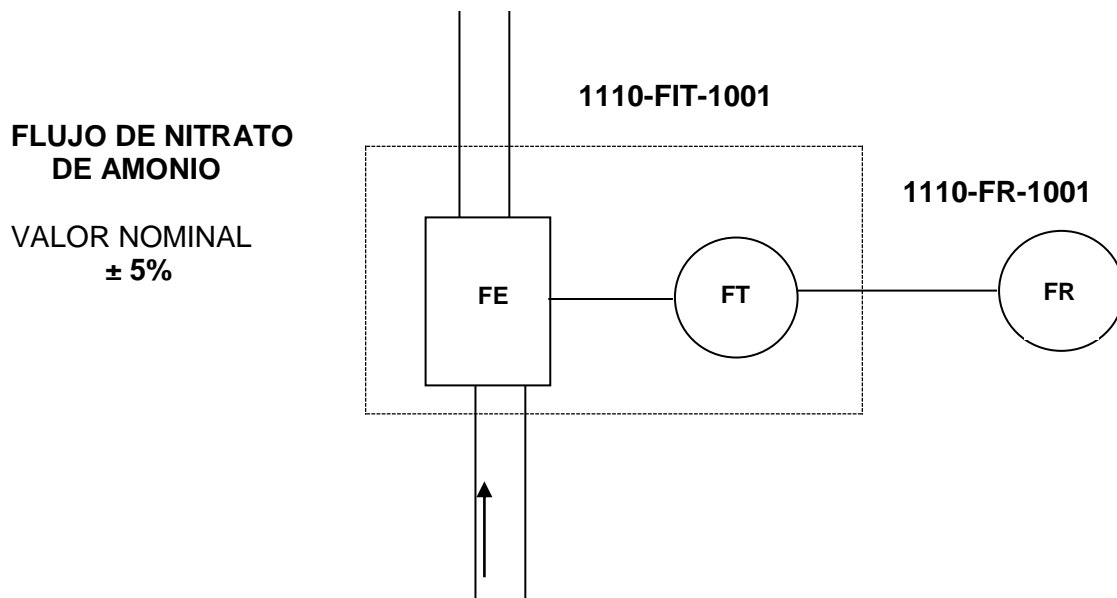
Patrones utilizados en la calibración:

3-MI-03-71 - Patrón de flujo, tipo másico
Mca. Micromotion 60 kg/h $\pm 0,5 \%$ (Incertidumbre)

3-MI-01-56 - Patrón de corriente (Multímetro digital)
Mca. FLUKE, 20 mA $\pm 0,3 \%$ (Incertidumbre)

3-MI-01-58 - Patrón de voltaje (Generador de voltaje)
Mca. Transmation, 10 vdc $\pm 0,2 \%$ (Incertidumbre)

La siguiente Figura muestra el loop de medición en cuestión:



Relación entre los límites de proceso, exactitudes del loop de medición y su incertidumbre.

a) Método de medición:

Masa de nitrato de amonio líquido de proceso.

b) Modelo:

$$M = f(V, \rho)$$

Donde:

M masa del flujo de nitrato de amonio líquido

V volumen medido

P densidad nitrato de amonio líquido

c) Relación matemática:

$$M = V\rho$$

d) Cálculo de incertidumbres estándar tipo A:

Para ello se elige un punto de calibración en el intervalo de 0-40 kg (se opta por el punto medio, 20 kg), además 3 observadores, es decir una vez conectados en serie transmisor y patrón, se les corre un flujo de agua con densidad 1.0, posteriormente las lecturas son tomadas directamente de los totalizadores de masa configurados tanto en el transmisor de flujo másico FIT, como en el patrón de calibración 3-MI-03-71, cabe mencionar que los exhibidores (display) de ambos instrumentos muestran tanto el flujo másico instantáneo como el total de masa en un tiempo determinado. Es valido utilizar agua como fluido de calibración por cuestiones de costo ya que ambos instrumentos miden finalmente masa.

Se calcularán las incertidumbres asociadas a la repetibilidad y Reproducibilidad por considerarse las más significativas, este cálculo será aplicado al transmisor de flujo FIT (1110-FIT-1001) y registrador de flujo FR (1110-FR-1001), posteriormente serán convertidas en incertidumbres estándar.

Cabe mencionar que para el caso del registrador de flujo FR, es necesario realizar una tabla de equivalencia para su calibración, esto es:

Kg/h	%	Vdc	mA	U (kg/h)
0	0	1	4	0,2
10	25	2	8	0,2
20	50	3	12	0,2
30	75	4	16	0,2
40	100	5	20	0,2

Los valores obtenidos se muestran en los formatos siguientes.

LABORATORIO DE METROLOGIA INTERNA

repetibilidad y Reproducibilidad (r y R)

rèplicas (j)	observadores (i)		
	1	2	3
1	20,50	20,40	20,35
2	20,60	20,50	20,50
3	19,40	20,35	20,55
4	19,50	19,65	19,55
5	20,30	19,70	19,65

p=3

INSTRUMENTO: 1110-FIT-1001

PATRON: 3-MI-03-71

ESCALA: 0-40 kg/h

INTERVALO: 0-40 kg/h

FECHA: 03-Mar-02

REALIZÓ: D. Fdez. Diaz

J. De Dios G.

Salomon Mtz.

n=5

$\bar{Y}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_{ij}$	20,06	20,12	20,12
$S_i^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2$	0,2584	0,1346	0,1856
$Y_i - \bar{Y}$	0,1167	0,1767	0,1767

$\bar{\bar{Y}} = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^p \bar{Y}_i$	19.9433
$S^2_r = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p S^2_i$	0,19286
$W = \sum_{i=1}^p (\bar{Y}_i - \bar{\bar{Y}})^2$	0,07606

repetibilidad
Sr =0,43915

$S^2_L = \frac{W}{p-1} - \frac{S_r^2}{n}$	-0.000542
---	-----------

reproducibilidad
SL= 0

si este resultado es negativo, sustituir con 0 (cero)

MI-F-23B

LABORATORIO DE METROLOGIA INTERNA
repetibilidad y Reproducibilidad (r y R)

rèplicas (j)	observadores (i)		
	1	2	3
1	20,01	20,05	19,99
2	20,03	20,01	19,98
3	19,98	20,02	19,97
4	19,99	20,03	20,01
5	20,05	20,01	20,00

p=3

INSTRUMENTO: 1110-FR-1001

PATRON: 3-MI-01-58

ESCALA: 0-40 kg/h

INTERVALO: 0-40 kg/h

FECHA: 03-Mar-02

REALIZÓ: D. Fdez. Diaz

J. De Dios G.

Salomon Mtz.

n=5

$\bar{Y}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_{ij}$	20,012	20,024	19,990
$S_i^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2$	0,000656	0,000224	0,000200
$Y_i - \bar{Y}$	0,0034	0,0154	-0.0186

$\bar{\bar{Y}} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \bar{Y}_i$	20,008
$S^2_r = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p S^2_i$	0,000360
$W = \sum_{i=1}^p (\bar{Y}_i - \bar{\bar{Y}})^2$	0,000594

repetibilidad
Sr = 0,01897

$S^2_L = \frac{w}{p-1} - \frac{S^2_r}{n}$	-0.003496
---	-----------

reproducibilidad
SL= 0

si este resultado es negativo, sustituir con 0 (cero)

MI-F-23B

e) Cálculo de incertidumbres tipo B:

e.1 Se consideran para este ejemplo las incertidumbres proporcionadas por los fabricantes de los patrones utilizados en la calibración, la incertidumbre asociada a la medición del volumen del nitrato de amonio utilizado y la incertidumbre asociada a la variación de la densidad por la variación de temperatura del mismo.

1.Cálculo de la incertidumbre de la medición del volumen de la muestra de nitrato de amonio líquido utilizado para este ejemplo: Para ello se utilizó un recipiente calibrado con un error del 1.5%, se midió en este caso, un volumen de 1 m³ de nitrato de amonio líquido (obtenido de la planta de Nitrato), al igual se considera que las incertidumbres que intervienen en los siguientes cálculos corresponden a un intervalo simétrico de valores máximos, es lógico considerar estos intervalos como distribuciones probabilísticas de tipo uniforme con valor medio igual a "0" cero, entonces las incertidumbres tipo B para estos casos, serían:

$$U_{\text{volumen}} = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{(1)(1,5)}{100\sqrt{3}} = \pm 0,0086m^3$$

1.Variaciones de densidad del nitrato de amonio líquido por cada grado centígrado:

$$U_{\rho_{\text{densidad}}} = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{\pm 0,0002}{\sqrt{3}} = 0,0001154g / ml = 0,1154kg / m^3$$

2.Patrón de flujo: 60 kg/h aplica para el transmisor FIT

$$U_{p_{\text{flujo}}} = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{\pm 0,3}{\sqrt{3}} = \pm 0,1732kg$$

3.Patrón de corriente: 20 mA (40 kg/h) aplica para el transmisor FIT

$$U_{p_{\text{corriente}}} = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{\pm 0,12}{\sqrt{3}} = \pm 0,069kg$$

4. Patrón de voltaje: 5 Vdc (40 kg/h) aplica para el registrador FR.

$$Up_{\text{voltaje}} = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{\pm 0,08}{\sqrt{3}} = 0,0461kg$$

f) Cálculo de la incertidumbre estándar combinada:

Se calcula, la $U^2c(M)$ aplicando la ecuación (23) al modelo matemático también en este caso se consideran independientes las variables que intervienen en el modelo y por lo tanto el termino de correlación es cero, así que:

$$U^2c(M) = U^2_{ArRFIT} + U^2_{ArRFR} + U^2_{P_{\text{flujo}}} + U^2_{P_{\text{corriente}}} + U^2_{P_{\text{voltaje}}} + \left[\frac{\partial M}{\partial \rho} \right]^2 U^2_{\rho_{\text{densidad}}} + \left[\frac{\partial M}{\partial V} \right]^2 U^2_{V_{\text{volumen}}}$$

De la ecuación se obtienen los coeficientes de sensibilidad:

$$\frac{\partial M}{\partial \rho} = V = 1m^3$$

$$\frac{\partial M}{\partial V} = \rho = 0,8756kg/m^3$$

y $Uc(M)$ sería:

$$Uc(M) = \sqrt{(0,2749)^2 + (0,01187)^2 + (0,1732)^2 + (0,0692)^2 + (0,0461)^2 + (1)^2(0,1154)^2 + (0,8756)^2(0,0086)^2}$$

$$Uc(M) = 0,3546kg$$

g) Cálculo de la incertidumbre expandida:

Calcular la incertidumbre expandida U , multiplicando la incertidumbre combinada (incertidumbre en la calibración), por el factor de cobertura $K = 2$.

$$U = 2U_c(M) = \pm 0,7092 \text{ kg} \quad (29)$$

Para un nivel de confianza de **95,45%**

f) Reporte del valor:

Expresar los resultados obtenidos en las unidades de la medición del calibrando y en el **Sistema internacional**.

$$M = (40,00 \pm 0,7092) \text{ kg}$$

Cabe aclarar que la lista de fuentes de incertidumbres esta abierta y depende mucho del conocimiento que tenga el personal sobre la medición, para asegurar que se consideren todos los factores y variables involucrados en el proceso y que **afectan la calidad del valor estimado del mensurando**.

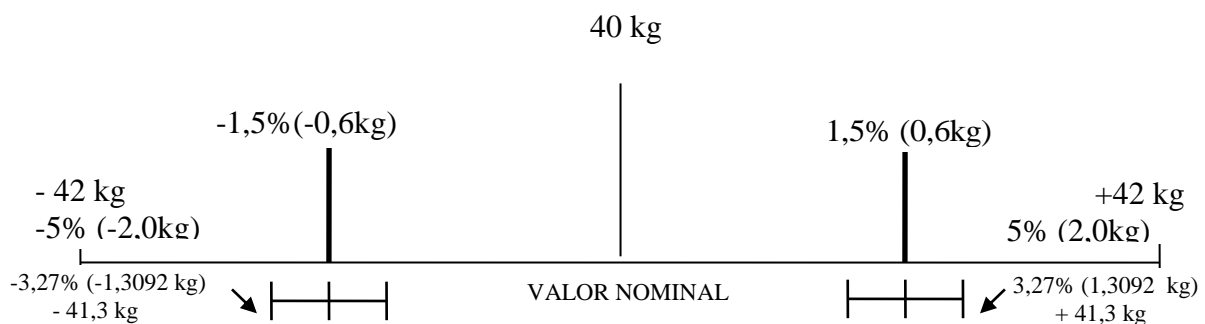
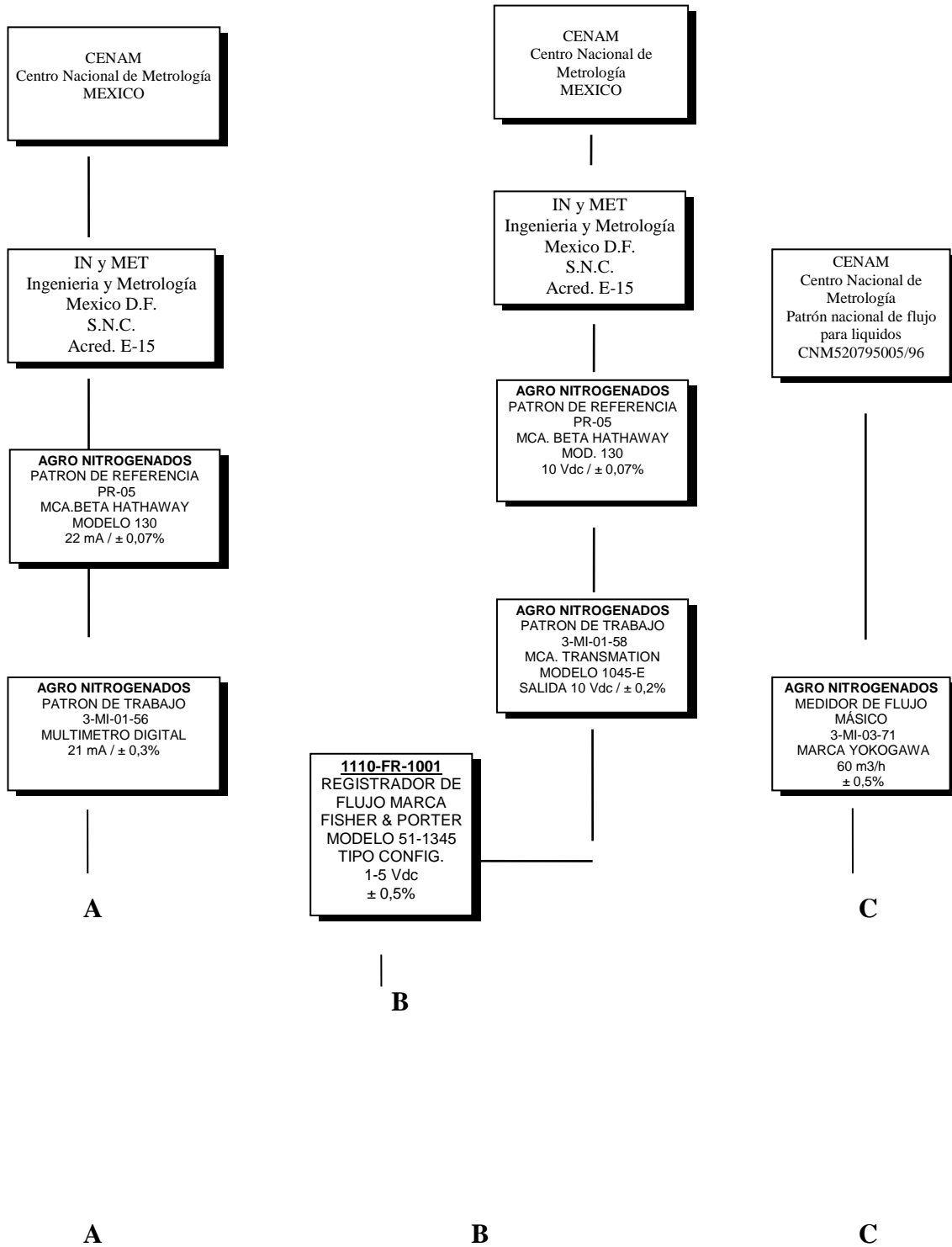
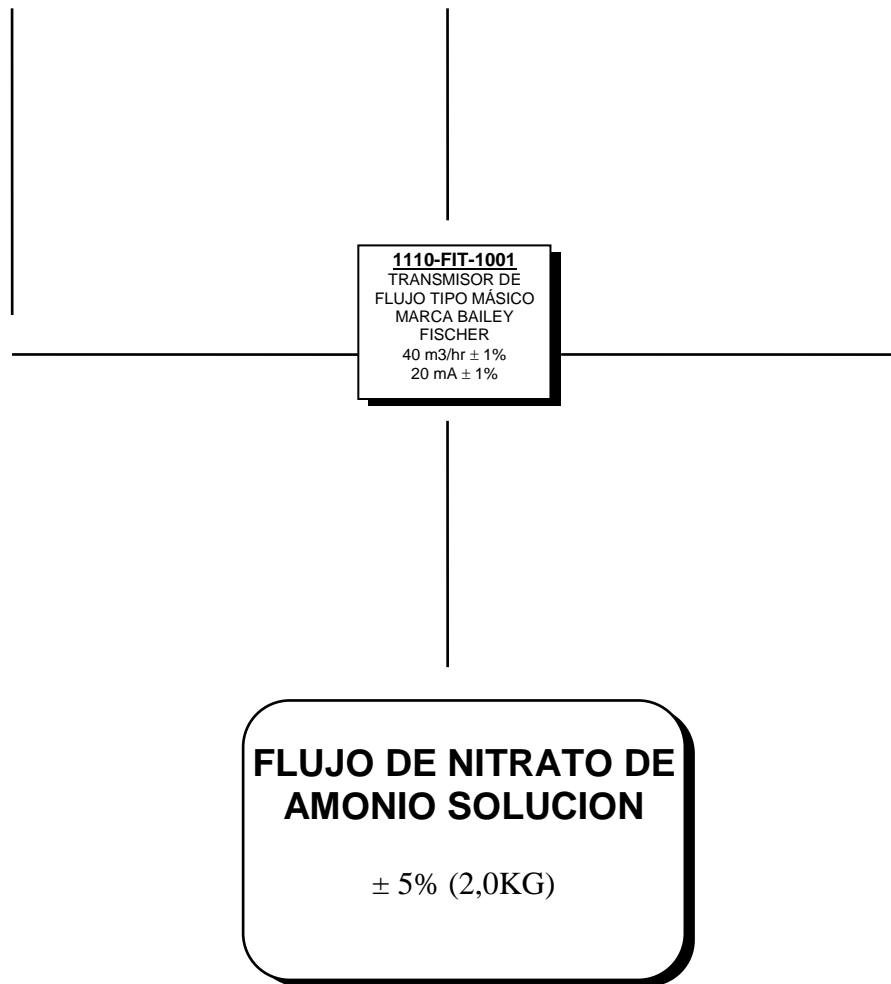


Fig. Relación final entre los límites del proceso, exactitudes del loop de medición y su Incertidumbre calculada.

g) Carta de trazabilidad para la medición de flujo de nitrato de amonio líquido:

**CARTA DE TRAZABILIDAD DEL LOOP DE MEDICION
FLUJO DE NITRATO DE AMONIO LIQUIDO**





Los ejemplos que se presentaron para mostrar las ventajas que se tienen al evaluar la incertidumbre en un sistema de medición, tienen el propósito de apoyar la comprensión del proceso de estimación de incertidumbres de medición entre los interesados en las mediciones para quienes el estudio de la incertidumbre se ha vuelto indispensable, no debido a la novedad del tema, pues el concepto data de cientos de años, si no a su redescubrimiento y su aplicación recientes. Estos ejemplos no pretenden sustituir, si no más bien contribuir al esfuerzo que cada responsable de mediciones debe hacer para estimar la incertidumbre de las mediciones de su propio sistema.



Hasta aquí se han tratado diferentes aspectos sobre las mediciones, confirmación metrológica de equipo de medición, evaluación, expresión y ejemplos de incertidumbres de diversas áreas metrológicas, por ello es necesario resumir los **beneficios** que se obtienen en implantar un sistema de confirmación metrológica en un lugar de medición donde la obtención de resultados depende del equipo de medición, de los procedimientos y las condiciones para ello.

- Asegurar al cliente y al fabricante mismo, la calidad de sus productos o servicios
- Que las características críticas de calidad de un producto o servicio sean medidas con equipos de medición con la exactitud, repetibilidad, reproducibilidad, estabilidad e incertidumbre requerida
- Que el riesgo del consumidor sea conocido y controlado, o sea, que la posibilidad de que se acepte un producto o servicio defectuoso o que el consumidor adquiriera un producto fuera de especificación sea baja
- Permite al fabricante conocer efectivamente cuáles son las tolerancias que puede darle a su producto en el proceso de fabricación
- Previene al fabricante de tomar mediciones en condiciones ambientales adversas, con equipo inexacto o con personal no apto para ello.
- Evitar el uso de productos y servicios de fuentes externas que no cumplan con el nivel de calidad requerido, cuando esos productos y servicios, afecten significativamente la confiabilidad de las mediciones del fabricante

Al igual se pueden resumir los **beneficios** que se obtienen en utilizar la guía BIPM/ISO para evaluar y expresar la incertidumbre de la medición

- Utilizar la normativa internacional y nacional, de aceptación universal para ello
- En un mercado globalizado, la medición puede efectuarse en un país y utilizarse el resultado en otro
- Permite una mayor objetividad, uniformidad así como una reducción de las discrepancias entre metrológicos y otros técnicos que realizan mediciones y pruebas y que informan de los resultados formulando conclusiones basándose en las mismas
- La guía BIPM/ISO para la determinación de incertidumbre tiene como principal propósito proporcionar reglas acerca de la expresión de incertidumbre en la medición que sirvan para la comparación internacional de los resultados de las mediciones. Sin embargo, es reconocido que dos diferentes expertos pueden producir dos diferentes enunciados de incertidumbres debido a distintas consideraciones, especialmente si proceden de diferentes regiones geográficas como América, Europa o Asia. Con el tiempo los criterios se irán unificando.
- No existen recetas de cocina para encontrar toda las fuentes de incertidumbre importantes.
- Como se establece en la guía, la evaluación de incertidumbres no es una tarea de rutina ni puramente matemática, depende del conocimiento detallado de la naturaleza de los mensurandos y de las mediciones.

Tradicionalmente las tolerancias o límites de proceso (especificaciones) son establecidas por los fabricantes de bienes o servicios sin que los diseñadores tengan en mente el “como” y “con que” se va a medir, mucho menos con que incertidumbre. En pocas palabras aun en

muchos casos en la actualidad estamos a expensas de los fabricantes de equipos de medición por ello nosotros tenemos que ser capaces de comparar y clasificar los equipos de diferentes fabricantes para elegir el apropiado a nuestras necesidades.

A nivel mundial la **ISO** establecida en diferentes países desarrollados se encuentra desarrollando normas que aplicaran en diferentes áreas, estas generalmente se traducen en requerimientos que deberán cumplirse después de un tiempo de su aparición. Con ellas los criterios de conformidad o no conformidad de productos o servicios serán muy estrictos con ello se estará seguro de la decisión pero los costos de un buen sistema de medición serán altos ya que se reducirán las tolerancias de los fabricantes de partes.

Menor tolerancias >> Menor incertidumbre >> mayor costo

Aumentar la tolerancia incrementa el riesgo, sin embargo reducir la incertidumbre incrementa el costo.

Durante muchos años se han estado realizando mediciones sin preocuparse por la incertidumbre, ahora que este concepto se esta popularizando, esta creando conflicto con lo que se considera deseable, sin embargo muchas mediciones son muchos más creíbles de lo que su gran valor de incertidumbre sugiere.

La determinación de incertidumbre ha ido ganado terreno y cada vez mas gente trabajando en metrología tiene que utilizarla para reportarla junto con sus mediciones. Hasta ahora las normas nos dicen **que hacer** pero no **como** hacerlo, sin embargo se esta avanzando para convertir a la incertidumbre en una herramienta de tipo económico que permita evaluar apropiadamente la relación costo beneficio.

Con todo lo anterior se puede afirmar que la implantación y administración correcta de un sistema de confirmación metrológica para equipos de medición apoyado por esta herramienta poderosa que es la “evaluación de la incertidumbre de la medición” trae beneficios fácilmente apreciables, ***por lo tanto este trabajo de tesis cumple con lo marcado en el objetivo y sirve de guía para ello.***

Un mejor entendimiento de la incertidumbre sin duda traerá mejores y más confiables incertidumbres en el futuro.



Una vez implantado un sistema de confirmación metrológica para equipos de inspección, medición y prueba se propone lo siguiente: Como una mejora continua y obtención de mejores resultados:

- 1° Conocer o investigar todo lo relacionado con los procesos de medición, que serán verificados y/o calibrados. Tener a la mano toda la información disponible referente al sistema de medición.
- 2° Conocer o determinar las especificaciones o límites de proceso, los cuales serán establecidos con el cliente en el inicio de la fabricación del bien o servicio, para compararlos con el resultado de la medición y su incertidumbre estimada.
 - En caso que la incertidumbre actual sobrepase las especificaciones, se recomienda determinar la incertidumbre requerida para así seleccionar el equipo de medición apropiado o en su defecto cambiar o calibrar el equipo, mejorar el método de medición o de muestreo.

Nota. Los detalles para la determinación de la incertidumbre requerida están fuera del alcance de este trabajo y se recomienda consultar bibliografía apropiada para esto como:

LAS MEDICIONES Y LA CALIDAD. Evaluación de sistemas de medición por incertidumbre. *CENAM /RLAZOS/1996*

- 3° Seleccionar el equipo de inspección, medición y prueba así como los patrones utilizados para su calibración en base a los siguientes aspectos.
 - **Capacidad**
 - **Costo**
 - **Condiciones críticas de funcionamiento (límites)**
 - **Manejo, operación, necesidades de mantenimiento y de capacitación al operador**
 - **Incertidumbre**

Las cuales deben ser consideradas para una selección óptima. A menor incertidumbre de la medición del instrumento mayor será su costo. Esto significa que el instrumento es más exacto por lo tanto más caro.

Medición directa.

El primer paso es conocer la máxima incertidumbre que se permitirá en la medición. Esta se deriva del conocimiento de los límites de la tolerancia de especificación de la característica de calidad en control. En este tipo de medición, la única incertidumbre a considerar es la del instrumento. Por lo tanto, del conocimiento de esta incertidumbre dependerán las características metrológicas (exactitud, repetibilidad, deriva, estabilidad, etc.) del instrumento.

Medición Indirecta.

Para las mediciones indirectas, se deberá aislar el componente de incertidumbre del instrumento en cuestión de otros factores que pueden causar incertidumbre. Una vez conocido este valor, proceda como se indica en las mediciones directas.

Ejemplo:

Se requiere hacer una medición de presión en un tanque de almacenamiento de nitrógeno. Por cuestiones de control se sabe que la máxima incertidumbre permitida es de $\pm 5\%$. En este caso se considera que la única fuente de incertidumbre de la medición es el mismo instrumento. Lo que significa que se debe adquirir uno cuya incertidumbre sea igual al $\pm 5\%$ de la magnitud de la presión medida.

Para seleccionar el equipo se deben tener en cuenta las especificaciones de los catálogos haciendo una combinación de las varianzas de las tolerancias de la exactitud, repetibilidad, deriva con el tiempo, para poder obtener una incertidumbre aproximada.

Otra opción es exigir al proveedor que indique la incertidumbre del instrumento que ofrece por ejemplo: se quiere hacer una medición de $350 \text{ kg/cm}^2 \pm 5 \text{ kg/cm}^2$ en el mercado se ofrece un manómetro con un alcance máximo de 500 kg/cm^2 con el 1% de incertidumbre referido a la escala total. Por lo tanto, este manómetro tiene una incertidumbre de 500×0.01 igual a 5 kg/cm^2 Entonces el instrumento **cumple** con los requerimientos de incertidumbre.

Ejemplo:

En la producción de esferas de acero, la especificación indica que la masa de cada esfera debe de ser de $10 \text{ g} \pm 0,01\text{g}$. Para esto, se requiere de un método de medición de masa que tenga una incertidumbre adecuada para realizar la medición. Se sabe que la determinación de la masa se realiza directamente con la balanza de precisión (por llamarla así). Por lo tanto, la única fuente de incertidumbre es la balanza.

Esto quiere decir que se requiere de un instrumento de medición cuya incertidumbre sea menor o igual a la especificación determinada. La forma ideal es localizar equipos de diferentes modelos en el mercado, junto con las características de exactitud, repetibilidad y otras significativas. Y realizar la combinación de estas para estimar las incertidumbres totales.

Por ejemplo:

Se ofrecen tres tipos de balanza:

a) balanza 1.	Alcance de medición	0 –10 g
	Mínima división	0,00001
	Exactitud	$\pm 0,00005$
	Repetibilidad	$\pm 0,00003$
	Otros factores	$\pm 0,00001$
	Costo	\$50,000

b) balanza 2.	Alcance de medición	0 – 200 g
	Mínima división	0,0001
	Exactitud	±0,0003
	Repetibilidad	±0,0001
	Otros factores	±0,0001
	Costo	\$25,000
c) balanza 3.	Alcance de medición	0 – 1000 g
	Mínima división	0,1
	Exactitud	±0,02
	Repetibilidad	±0,01
	Otros factores	±0,01
	Costo	\$5,000

Las incertidumbres de las balanzas son las siguientes:

$$UB1 = 2 \sqrt{\left(\frac{0,00005}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0,00003}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0,00001}{\sqrt{3}}\right)^2} = 0,00006g$$

$$UB2 = 2 \sqrt{\left(\frac{0,0003}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0,0001}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0,0001}{\sqrt{3}}\right)^2} = 0,0003g$$

$$UB3 = 2 \sqrt{\left(\frac{0,02}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0,01}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0,01}{\sqrt{3}}\right)^2} = 0,02g$$

La opción **óptima** es la **balanza 2**, ya que proporciona una incertidumbre adecuada para la medición a un costo medio.

- 4° Instalar en lo posible un lugar de medición para verificar y/o calibrar equipos de inspección, medición y pruebas que cumpla con las siguiente normativa actual sobre laboratorios de pruebas.

NOM – CC –13 -1992
ISO / IEC25 -1990

La implantación del laboratorio

Suponiendo que el laboratorio tendrá como labores específicas:
La calibración de equipo de medición.

Ahora suponiendo que otra de las funciones del laboratorio en formación, es la calibración de instrumentos que se utilizan directamente por ejemplo en transacciones comerciales, lo que se debe hacer para el cumplimiento de este propósito es considerar los límites de error tolerables que son usualmente establecidos por normas y reglamentos de acuerdo a las recomendaciones.

Además del intervalo de medición y los límites de error tolerables, es necesario considerar la información sobre la carga de trabajo para una labor específica. Este punto no debe ser pasado por alto durante la fase de planeación. A mayor carga de trabajo, más importante resulta la selección de equipo mejor adaptado a una labor en particular.

Este tipo de laboratorios debe contar con patrones de referencia, patrones de trabajo, procedimientos, instructivos, normas y recomendaciones vigentes o actualizadas y sistemas de calibración capaces de evaluar dinámicamente, así como cuantificar el grado de incertidumbre de los mismos. De la misma manera debe ser capaz de monitorear continuamente los procesos de medición.

Para este tipo de laboratorios se debe poseer un *alto nivel de monitoreo y control ambiental* que permita informar resultados de medición incluyendo el grado de incertidumbre.

4.1) En ningún caso, se debe utilizar los laboratorios de calibración como sitio de tránsito continuo o para el almacenamiento de objetos destinados para otros fines de empleo o como lugar de reunión para empleados que no toman parte directa en los trabajos de calibración. Lo mismo es válido para los periodos en los cuales no se ejecutan ensayos de calibración en los laboratorios.

4.2) Los trabajos administrativos relacionados con las calibraciones (cálculos de los resultados y elaboración del certificado o informe de calibración) también deben ser llevados a cabo, fuera de los laboratorios de calibración.

4.3) Los informes de las calibraciones, formularios, preinscripciones, etc. Deben ser conservados en las oficinas administrativas del laboratorio (esta no debe estar contemplada dentro del laboratorio), esto con el fin de impedir el acumulamiento del polvo dentro de los archiveros de control y resguardo administrativo.

Condiciones preliminares y dimensiones de laboratorio

Cualquier planeación y provisión de mobiliario de un laboratorio, estará incompleto sin las especificaciones de los locales para alojar el equipo. Para realizar medida con muy buena exactitud, son necesarias condiciones ambientales especiales.

4.4) El lugar debe seleccionarse lejos de las vías de tráfico intenso, de la industria pesada, de las líneas de alta tensión y en lo posible de transmisores potentes de radio.

4.5) Los equipos de calibración y los patrones de referencia pueden ser afectados por cambios en el ambiente, tales como la temperatura, la presión barométrica, la humedad relativa, etc. .

4.6) Las condiciones ambientales listadas en esta recomendación se han adoptado gradualmente a nivel internacional.

4.7) Es probable que algunos laboratorios trabajen bajo condiciones ambientales diferentes a las propuestas, por lo que al corregir sus resultados les representa trabajo extra y un meticuloso procesamiento de datos para garantizar los resultados que se informan en los documentos correspondientes.

4.8) El funcionamiento general de los laboratorios se simplifica cuando se utilizan las mismas condiciones ambientales disminuyendo las probabilidades de error al informar los resultados. Para los laboratorios que no ofrecen servicios externos de calibración es más accesible establecer un conjunto de condiciones ambientales de acuerdo a su entorno. Esto es, para la evaluación de datos de las pruebas provenientes de otras fuentes y bajo condiciones de ambiente diferentes.

Además de ser importante mantener la temperatura, la humedad, etcetera es más importante mantener la estabilidad del ambiente durante el proceso de calibración. Se deben considerar los límites del intervalo a cambios de ambiente y establecerse y mantenerse en todos los laboratorios en formación.

Condiciones ambientales

4.9) Las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa y presión barométrica) deben registrarse continuamente.

4.10) Los laboratorios de calibración deben tener una temperatura ambiente dentro del intervalo de $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $24\text{ }^{\circ}\text{C}$. En lo posible, esta temperatura debería ser mantenida constante a $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. El intervalo para fluctuaciones de temperatura debe ser de 6 h como mínimo.

4.11) También hay que mantener esta temperatura durante la noche. La temperatura no debe fluctuar mucho para que los equipos de medición no se empañen.

4.12) Los termómetros de laboratorio (de vidrio) u otros instrumentos para medir la temperatura, deben ser calibrados e instalados en la sala de ensayo, en lugares apropiados para facilitar el control de la temperatura ambiente. Además de estos registros, son necesarios un termómetro con un intervalo de medición de 15 a 30 °C y una resolución de 0,1 °C , un barómetro con exactitud de 0,1 mmHg ó 1mmHg y un hidrómetro con una resolución al 1%, además de la instalación de un instrumento registrador continuo de la temperatura.

4.13) Como se sabe, sí la humedad relativa de un laboratorio sobrepasa los 60 ó 65 % puede causar efectos corrosivos en algunos instrumentos o patrones, además puede causar degradación de electroaislamiento. De esta misma manera en que una humedad por debajo de 20 al 30 % de humedad se manifestarían efectos electrostáticos tales como descargas, etc., que fácilmente dañarían algunos circuitos electrónicos de los equipos.

4.14) Entonces, por lo tanto, la humedad relativa del aire en los laboratorios de verificación y/o calibración, deben estar mantenida *entre el 40% y 60%*.

4.15) Por lo menos se debe instalar en un lugar apropiado un determinador de humedad calibrado (de ser posible también un instrumento registrador).

4.16) La presión barométrica es una de las influencias que no es tan fácil de controlar y su presencia puede afectar algunas mediciones, por lo que se deberá tener cuidado de estas perturbaciones y realizar los ajustes necesarios para no afectar la validez de los resultados.

4.17) Si el caso lo requiere también hay que instalar un deshumidificador o una instalación de aire acondicionado.

4.18) La calidad de aire para muchos laboratorios es importante. Para mantener una presión diferencial de por lo menos 12 pascales entre el interior y el exterior del laboratorio, todo esto con el fin de reducir el flujo de partículas suspendidas hacia el interior.

4.19) El número de partículas suspendidas de un laboratorio bajo condiciones normales de trabajo y con su personal laborando, mayores a 0.5 micrómetros o más, no debe exceder de 1.8 millones de partículas por metro cúbico de aire, esto equivale a 50 000 partículas por pie cúbico de aire.

4.20) Actividades ajenas a las normales del laboratorio, tales como fumar, comer, beber, soldar, etc. pueden contribuir al aumento de partículas suspendidas por lo que debe evitarse.

4.21) Para mantener la temperatura constante y evitar corrientes de aire, la sala debe tener ventanas dobles y de ser posible también puertas dobles (esclusas de aire); En el caso de que la sala ventanas hacia un lugar donde la insolación sea directa, es preciso taparlas o en su defecto recubrirlas con cortinas enrollables o contraventanas, para impedir un calentamiento unilateral o reducir sus efectos.

4.22) Dentro de los posibles la sala debe estar exento de polvo y debería ser posible mantenerla así, utilizando para ello tapetes trampa para polvos, guardapolvos para puertas, etc. .

4.23) La cubierta del piso es frecuentemente un problema y un motivo de compromiso. Por eso, se recomienda que la cubierta cumpla con una serie de requisitos, por ejemplo que sea resistente a las cargas y al desgaste, no este expuesta a la retención de polvo o abrasión, que no produzca estática, que sea resistente al fuego y finalmente sea atractiva. Este recubrimiento puede ser un enlosado de plástico duro que no este expuesto a aumentar la estática.

4.24) El suelo de la sala debe tener un recubrimiento que sea plano, liso y de un color claro, esto es por si ocurre un accidente al caerse un equipo y no sufra algún daño o para facilitar su localización.

4.25) Las paredes interiores deben ser de una superficie lisa con un terminado adecuado: yeso y pintura en atmósfera seca, cubierta con pintura anti-hongos resistente aun alto grado de humedad (preferentemente de un color mate claro).

4.26) Si el caso lo requiere se deben aislar las paredes exteriores contra influencias de temperatura. Eso es sobre todo importante en el caso de paredes cerca de las cuales se encuentran equipos de exactitud especial.

4.27) La instalación de los acondicionadores del aire debe estar situada fuera de las instalaciones del laboratorio. Los tubos de los acondicionadores del aire, deben tener un aislamiento térmico.

4.28) Los niveles apropiados de iluminación dentro del laboratorio deben fluctuar entre 700 y 1000 lux, además se deben utilizar tubos fluorescentes y las balastras deben colocarse a una distancia considerables (preferentemente fuera de la sala), de modo que no provoquen un calentamiento adicional de la sala.

4.29) Es necesario contar con una eficaz fuente de energía que debe ser regulada para evitar al máximo cualquier distorsión de frecuencia o tensión eléctrica que afecte validez de los resultados o la vida de los equipos y patrones.

Como ultima propuesta no podemos descartar lo siguiente;

5° Capacitación del personal que calibra equipos de medición, sobre aspectos de las mediciones, cálculo de incertidumbres, manejo de equipos, operación de laboratorios de calibración y/o prueba. Lo anterior puede llevarse a cabo en institutos nacionales gubernamentales como el **CENAM** en Querétaro, México a manera de aprovechar esta infraestructura y/o internacionales si así se desea.

Fuente. [17] ISO / IEC 25-1990 CONDICIONES GENERALES PARA EL ACREDITAMIENTO DE LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN Y PRUEBAS.

Dirección de Metrología de Materiales
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, Agosto 1993.

Fuente. [18] FUNDAMENTOS DE LA METROLOGÍA DE MASA, CURSO - TALLER

Dirección de Metrología Mecánica
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, 1996.

Fuente. [19] MANUAL DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO INDUSTRIAL Basado en los requerimientos de calidad de la normativa QS-9000.

Alfredo Elizondo Decanini
Editorial Castillo, 1996.



- [1] **REPORTE TÉCNICO CNM-MED-PT-0002**
GUÍA BIMP/ISO PARA LA INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES.
Dirección de Metrología Eléctrica, 1994.
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA.
- [2] **NORMA MÉXICANA NMX-CC-1/ISO 8402**
Vocabulario internacional de terminos fundamentales y generales de metrología
Dirección General de Normas, DGN. SECOFI
- [2.1] **INTERNATIONAL STANDARD ISO 9001: 1994**
Sistemas de Calidad - Modelo para el aseguramiento de calidad en diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio.
SGS, ISC INTERPRETACIÓN DE REQUISITOS
- [3] **LAS MEDICIONES Y LA CALIDAD**
Evaluación de sistemas de medición por incertidumbre.
MC. Ruben J. Lazos Martínez
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, 1996.
- [4] **REVISTA MENSUAL- MANUFACTURA- AGOSTO 2001**
Consejo nacional de ciencia y tecnología
CONACYT
- [5] **PUBLICACIÓN TÉCNICA CNM-MMM-PT-001**
VOCABULARIO INTERNACIONAL DE TERMINOS FUNDAMENTALES Y GENERALES DE METROLOGÍA
Félix Pezet Sandoval, Jorge Mendoza Illescas
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, 1994.
- [6] **CUANTIFICACIÓN DE INCERTIDUMBRES. CURSO TALLER.**
MC. Rubén J. Lazos Martínez. Noviembre 23 y 24 de 1995.
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, 1995.
- [7] www.cenam.mx
LEY FEDERAL SOBRE METROLOGÍA Y NORMALIZACIÓN, ULTIMA REFORMA 19/05/1999.

[8] REVISTA INFORMATIVA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, 1995

[9] METROLOGÍA

Carlos González, Ramón Zeleny
EDITORIAL, MC GRAW HILL, 1995 .

[10] RESEÑA Y PERSPECTIVA DE LAS MEDICIONES EN MÉXICO.
Héctor Nava Jaimes. 1er Simposio de Metrología, Mayo 2001.
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, 2001

[11] www.diccionarios.com

DICCIONARIO GENERAL DE LA LENGUA ESPAÑOLA VOX

[12] ISO 9001:2000, TRAZABILIDAD E INCERTIDUMBRE .

Lazos-Martínez Rubén J., 1er Simposio de Metrología, Mayo 2001
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, 2001.

[13] EL RETO QUE IMPLICA CUMPLIR CON ISO 14253 .

Zeleny R. 1er Simposio de Metrología, Mayo 2001.
Instituto de Metrología Mitutoyo / Mitutoyo Mexicana ,S.A. de C.V.

[14] REQUISITOS DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD PARA EQUIPO DE MEDICIÓN. PARTE 1:

Sistema de confirmación Metrológica para equipo de medición.

NMX-CC-017/1:1995 IMNC

ISO 10012-1:1992

[15] DETCON MICROSAFE™ IR-622 COMBUSTIBLE HYDROCARBON SENSOR

Detcon Operator's instruction manual. October 1, 2001

Document # 2195 Rev.6.0

[16] REPORTE TÉCNICO CNM-MEE-PT-0001.

RESUMEN Y EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LA GUÍA ISO / BIPM PARA LA EXPRESIÓN DE INCERTIDUMBRES EN LAS MEDICIONES.

Sergio López Carmona, Carlos A. Sánchez Fernández

Dirección de Metrología Eléctrica

CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, 1994.

**[17] ISO / IEC 25-1990 CONDICIONES GENERALES PARA
EL ACREDITAMIENTO DE LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN Y PRUEBAS.**

Dirección de Metrología de Materiales
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, Agosto 1993.

[18] FUNDAMENTOS DE LA METROLOGÍA DE MASA, CURSO - TALLER

Dirección de Metrología Mecánica
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, 1996.

[19] MANUAL DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO INDUSTRIAL

Basado en los requerimientos de calidad de la normativa QS-9000.

Alfredo Elizondo Decanini
Editorial Castillo, 1996.

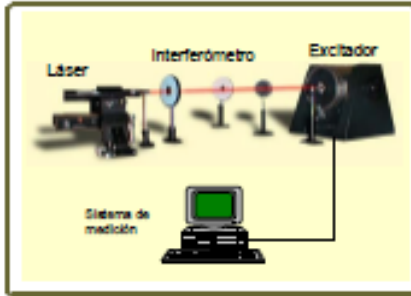
www.cenam.mx

Memorias del 2o. Simposio 2002 de Metrología en México

Memorias del 1er. Simposio 2001 de Metrología en México



Unidad: aceleración lineal (m/s^2)
Realización: el patrón nacional de aceleración alternante tiene un valor definido por la sensibilidad promedio de un acelerómetro patrón con cristales piezoeléctricos de cuarzo de alta estabilidad cuando se aplica un movimiento armónico simple con frecuencia y nivel de aceleración determinados mediante un interferómetro láser tipo Michelson.
Incertidumbre expandida: a 5×10^{-2} en el intervalo de 50 Hz a 800 Hz y a 8×10^{-2} en el intervalo de 800 Hz a 5 kHz ($k=2$), con un nivel de confianza de aproximadamente 95%.



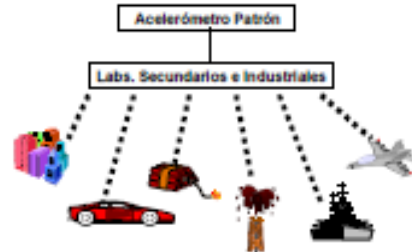
Patrón Nacional de Vibraciones

ALCANCE

El Patrón Nacional de Vibraciones reproduce las unidades dinámicas lineales, v.g., desplazamiento, velocidad y aceleración alternante, realizando la medición con un interferómetro láser tipo Michelson. A partir de un excitador de vibraciones del tipo electrodinámico donde se monta el acelerómetro patrón. Se aplica un movimiento armónico de alta pureza espectral, a una frecuencia y nivel de aceleración lineal que se determinan usando técnicas de interferometría, en base a los métodos de medición de relación de frecuencias (cuando la frecuencia de trabajo está entre 50 Hz y 800 Hz) con una incertidumbre típica de a 5×10^{-2} y el método de determinación de los puntos mínimos de las funciones de Bessel (cuando la frecuencia de trabajo está entre 0,8 kHz y 5 kHz), que tiene una incertidumbre de medición de a 8×10^{-2} usando un factor de cobertura $k=2$, con un nivel de confianza de 95,45%. Lo anterior se realiza dentro del intervalo de 50 Hz a 5 kHz y $1 m/s^2$ a $150 m/s^2$. Sin embargo, derivado de la investigación y desarrollo en el Patrón Nacional de Vibraciones los alcances se ampliarán de 1 Hz a 15 kHz, durante el año 2 000.

JUSTIFICACIÓN

A partir del excitador electrodinámico se transfiere la cantidad de aceleración a un conjunto de acelerómetros patrón de alta estabilidad temporal y respuesta lineal. Así se forma el inicio de la cadena de trazabilidad en sensores e instrumentos para medir vibraciones mecánicas, con lo que se ven beneficiados diferentes sectores de la sociedad, v.g., industria automotriz, petroquímica, metal - mecánica, de la transformación, ecología, protección civil, etc. Estos sectores de la sociedad, en donde la medición de vibración es una variable crítica, pueden percibir el valor agregado que resulta de las comparaciones internacionales. Las comparaciones con países de América, Europa, Asia y Oceanía, tienen un impacto en el comercio e intercambio de productos y servicios.



INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

El Patrón Nacional de Vibraciones, con un interferómetro láser tipo Michelson, realiza las mediciones de la aceleración alternante, que es una magnitud derivada del SI, trazable a las magnitudes de base de tiempo y longitud. La trazabilidad en longitud depende de un láser He-Ne; en tiempo, de un generador y contadores de frecuencias; en tensión eléctrica en c.a., de un voltmetro; y en capacitancia depende de un capacitor patrón de gas y un amplificador de carga. En el caso específico del Patrón Nacional de Vibraciones la trazabilidad se realiza a patrones conservados en el CENAM. La validación de los métodos y técnicas de medición se realiza mediante comparaciones nacionales e internacionales.

Mantenimiento

El mantenimiento del Patrón Nacional de Vibraciones se efectúa desarrollando el control estadístico de las mediciones que se realizan a los acelerómetros patrón conservados en el CENAM. Además, se realiza mediante ejercicios de comparación con otros laboratorios reconocidos, tanto a nivel nacional como internacionalmente, v.g., comparación nacional durante 1996-1997, comparación con países de la Unión Europea en 1997-1998, comparación con países de América en 1996-1998, y la próxima será una comparación clave dentro del BIPM (Francia), participando los 12 laboratorios más reconocidos a nivel internacional, entre ellos el CENAM.

Unidad: radián (rad)
 Realización: un conjunto de dos mesas divisoras de alta exactitud, para ángulos superiores a 15 minutos de arco y un generador de pequeños ángulos, para ángulos menores a 15 minutos de arco.
 Incertidumbre expandida: a 0,05 segundos de arco ($k = 2$)



Figura 1 - Patrón Nacional de Ángulo Plano, para ángulos superiores a 15 minutos de arco

APLICACIÓN

La unidad de ángulo plano en el Sistema Internacional (SI) es el radián. Esta unidad se define como el ángulo descrito por un arco de circunferencia de igual longitud que el radio de la misma. El SI acepta grados, minutos y segundos como unidades. En la práctica éstas últimas son aún muy utilizadas.

A partir del patrón nacional de ángulo se calibran bloques patrón angulares, polígonos de referencia, mesas divisoras, niveles de alta exactitud y autocollimadores, sus beneficiarios más grandes se ubican en los laboratorios secundarios y en la industria metalmeccánica.

ALCANCE

Para ángulos menores a 15 minutos de arco, se utiliza el generador de pequeños ángulos y se basa en el principio de la barra de senco que consiste en formar un triángulo rectángulo en el cual el cateto opuesto al ángulo que se desea generar se construye con bloques patrón de alta exactitud.

Para ángulos mayores a 15 minutos de arco se emplea un conjunto de dos mesas divisoras de alta exactitud. Cada mesa está formada por dos coronas dentadas coaxiales de acoplamiento frontal. Cuando las coronas son empujadas se acoplan y evolucion cualquier juego angular. Cuando las coronas se desacoplan, pueden girar y volver a acoplarse para generar un ángulo. Las mesas divisoras tienen un total de 1440 pasos para un giro de 360°, lo que corresponde a una cuenta mínima de 15 minutos de arco por paso.



Figura 2 - Carta de trazabilidad del Patrón Nacional de Ángulo Plano

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

En el caso de la calibración del generador de pequeños ángulos debe calibrarse la longitud del brazo y esto se realiza en el CENAM en la máquina de medición por coordenadas trazable al patrón nacional de longitud, posteriormente con este generador se calibra un autocollimador y éste a su vez interviene en la calibración de las mesas divisoras de alta exactitud para asegurar su trazabilidad al patrón Nacional de Longitud. Por otro lado, se calibra una contra otra mediante un proceso de comparación de ángulo generado por una y otra, este método parte del principio de cerradura del círculo, es decir, que la suma de las desviaciones angulares al efectuar un giro completo, debe ser cero.

Haciendo múltiples mediciones de las desviaciones en distintas posiciones de las mesas, se establece un sistema de ecuaciones que permiten identificar los errores de los instrumentos en cada posición angular, quedando así trazables al patrón nacional de longitud.

Mantenimiento

Las mesas divisoras se calibran entre ellas cada dos años por el método de calibración conjunta y en cuanto al generador de pequeños ángulos también se calibra cada dos años, como antes se ha mencionado. La automatización del sistema de calibración conjunta y la calibración de bloques angulares es una meta a corto plazo ya que las calibraciones realizadas actualmente consumen mucho tiempo y son muy laboriosas con gran riesgo de errores.



CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

CNM-PNE-4

Patrón Nacional de Capacitancia

Unidad: farad (F)
Realización: el patrón nacional de capacitancia tiene un valor definido por el valor promedio de un conjunto de capacitores patrón con dieléctrico de sílice fundida, con un valor nominal de 10 pF a una frecuencia de 1 kHz, mantenidos en baños de aire a temperatura controlada.
Incertidumbre expandida: $\pm 1 \times 10^{-6}$ ($k=2$, con un nivel de confianza de aproximadamente 95%)



Patrón Nacional de Capacitancia

APLICACIÓN

El patrón nacional de capacitancia está compuesto por capacitores similares a aquellos que son empleados como patrón nacional en diversos laboratorios nacionales de metrología en todo el mundo, ya que estos reúnen las más altas características metrologías en su género. Están contruidos en base al diseño de capacitores de alta estabilidad del NBS (hoy NIST), y tienen un dieléctrico de sílice fundida con electrodos de oro y contactos de bronce fosforado recubiertos con oro, que proporcionan al capacitor las mejores características de estabilidad, la cual para el patrón nacional de capacitancia es mejor que 3×10^{-7} año. La principal función del patrón nacional de capacitancia es ser el punto de referencia para establecer la escala de capacitancia que brinda servicios de calibración confiables a laboratorios secundarios y a la industria. Otro aspecto de gran relevancia es que la unidad de capacitancia sirve como referencia en la medición de otras magnitudes físicas, como potencia eléctrica para factores de potencia menores a 1, presión acústica, aceleración, etc.

ALCANCE

Con base en el patrón nacional de capacitancia, el alcance de medición cubre un intervalo comprendido entre 1 pF (10^{-12} F) a 1 F. Para establecer los valores de capacitancia de 1 pF a 100 pF se emplean capacitores de dieléctrico de sílice fundida. Para el valor de 1 nF (10^{-9} F) se emplean capacitores de dieléctrico de nitrógeno seco, para valores de 10 nF a 1 μ F (10^{-6} F) se utilizan capacitores de dieléctrico de mica, y para valores de 10 μ F a 1 F se emplea un capacitor de cuatro terminales cuyo funcionamiento está basado en transformadores de relación. Para realizar el escalamiento a partir del patrón nacional, se utiliza un puente de capacitancia basado en un divisor inductivo de tensión y capacitores de balance, los cuales permiten realizar mediciones con relaciones de 1:1 y 10:1, con una resolución de 0,1 nF.



El Patrón Nacional de Capacitancia como referencia para otras mediciones

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

El patrón nacional de capacitancia es trazable a la unidad de capacitancia mantenida en el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), de la República Federal Alemana, mediante un conjunto de 10 capacitores de dieléctrico de sílice fundida mantenidos en un baño de aire a temperatura controlada, los cuales están referidos a un capacitor calculable de tipo Thompson-Lampard con una capacitancia definida por la determinación de la longitud de sus electrodos y de la permitividad del vacío: $C = \frac{1}{2} \ln \frac{2}{1} \times \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$. Se prevé que en el futuro la unidad de capacitancia será trazable a la unidad de resistencia reproducida por medio del efecto Hall cuántico para corriente alterna, empleando para este fin un puente de cuadratura que relacione la resistencia Hall con capacitores de 1 nF, para lo cual, los principales centros nacionales de metrología están ya trabajando en ello, y el CENAM lo comenzará a hacer en un mediano plazo.

Mantenimiento

El mantenimiento del patrón nacional de capacitancia se efectúa midiendo, intercomparando y llevando un control estadístico periódico de cada capacitor, para lo cual se emplea un puente de capacitancia de relación 1:1 con una resolución de 0,1 nF. La actual conformación del patrón nacional involucra seis capacitores contenidos en cinco módulos con baños de aire controlados en temperatura independiente, con los cuales se realiza una intercomparación semanal, de la cual resulta el valor de cada uno de los capacitores como función del valor promedio de calibración inicial de todo el grupo.



CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

CNM-PNM-5

Patrón Nacional de Flujo Volumétrico de Gas (de 0,05 L/min a 50 L/min)

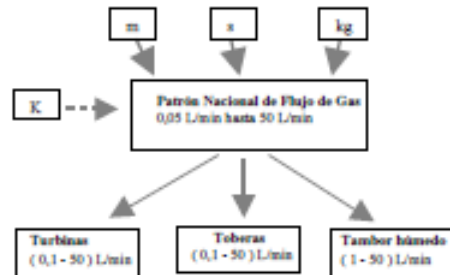
Unidad: m³/s, cm³/min, L/min, kg/s
Reproducción: el patrón nacional de flujo de gas tipo pistón es un equipo de desplazamiento positivo. Su principio de funcionamiento se basa en la determinación conjunta del volumen de aire desplazado por el pistón y el tiempo en el cual se realiza dicho desplazamiento de volumen.
Incertidumbre expandida: a 3×10^{-3} (k=2)



Patrón Nacional de Flujo de Gas tipo pistón

ALCANCE

El patrón nacional de flujo de gas del tipo pistón cubre un alcance de medición de 0,05 L/min hasta 50 L/min. Estos valores se alcanzan empleando dos cilindros de vidrio. El cilindro pequeño, con diámetro de 30,12 mm cubre un alcance de 0,05 L/min hasta 0,5 L/min, mientras que en el cilindro grande cuyo diámetro es de 152,4 mm se logra medir flujos desde 0,5 L/min hasta 50 L/min.



APLICACIÓN

El patrón nacional de flujo de gas es el origen de la cadena de trazabilidad en nuestro país en materia de medición de flujo de gas. Su establecimiento y operación ha permitido a las industrias farmacéuticas, automotrices, de alimentos, de distribución de gas natural entre otras, lograr niveles de incertidumbre adecuados a los requerimientos de los procesos industriales y de las transacciones comerciales en la medición de flujo de gas, mediante los servicios de calibración que se ofrecen en el CENAM.

- Medidores de flujo tipo tarjetas
- Medidores de desplazamiento positivo tipo litado
- Medidores de desplazamiento positivo tipo diáfragma
- Medidores de desplazamiento positivo tipo turbina
- Medidores de flujo tipo arena variable (rotámetro)
- Medidores de flujo tipo orificio
- Medidores de flujo del tipo de flujo laminar

El Patrón Nacional de flujo de gas tipo pistón como referencia en las mediciones de flujo de gas

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

La medición de flujo de gas requiere no solamente medir el volumen, o masa y el tiempo; sino también la presión y temperatura del gas. Así, el patrón nacional de flujo de gas tiene trazabilidad a los patrones nacionales de longitud, masa, tiempo, temperatura y presión.

Mantenimiento

El aseguramiento metrológico del patrón nacional de flujo de gas se logra empleando como patrón de transferencia un juego de tuberías de flujo crítico, mismas que son calibradas periódicamente y que son enviadas anualmente a laboratorios nacionales de otros países en rondas de intercomparación.

La calibración del patrón nacional de flujo de gas se realiza cada 5 años, y consiste en la medición dimensional de los cilindros de vidrio, y de la determinación de la linealidad del sistema de medición del desplazamiento del pistón.

Los instrumentos de medición de presión y temperatura son también objeto de un programa de aseguramiento en las mediciones, a través de los servicios de calibración que ofrecen los laboratorios de temperatura y presión del CENAM.

**Patrón Nacional de Flujo Volumétrico de Gas
(de 50 L/min a 710 L/min y 710 L/min a 2,840 L/min)**

Unidad: m³/k, cm³/min, L/min, kg/s
 Reproducción: el patrón nacional de flujo de gas tipo campana es un equipo de desplazamiento positivo. Su principio de funcionamiento se basa en la determinación conjunta del volumen de aire desplazado en la parte interna de un cilindro invertido (campana) y el tiempo en el cual se realiza dicho desplazamiento de volumen.
 Incertidumbre expandida: $\pm 3 \times 10^{-2}$ (k=2)



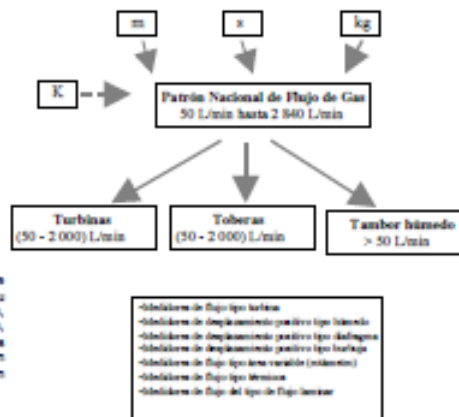
Patrón Nacional de Flujo de Gas tipo campana

APLICACIÓN

El patrón nacional de flujo de gas es el origen de la cadena de trazabilidad en nuestro país en materia de medición de flujo de gas. Su establecimiento y operación ha permitido a las industrias farmacéuticas, automotrices, de alimentos, de distribución de gas natural entre otras, lograr niveles de incertidumbre adecuados a los requerimientos de sus procesos industriales y de las transacciones comerciales en la medición de flujo de gas, mediante los servicios de calibración que se ofrecen en el CENAM.

ALCANCE

El patrón nacional de flujo de gas del tipo campana cubre un alcance de medición de 50 L/min hasta 2 840 L/min. Para alcanzar estos valores se emplean dos equipos. La campana FTDP-5, cuyo volumen es de aproximadamente 140 L, tiene un alcance de medición de 50 L/min hasta 710 L/min, y la campana FTDP-20 con un volumen del tanque de aproximadamente 560 L, tiene un alcance de medición de 710 L/min a 2 840 L/min.



El Patrón Nacional de flujo de gas tipo campana como referencia en las mediciones de flujo de gas

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

La medición de flujo de gas requiere no solamente medir el volumen, o masa y el tiempo, sino también la presión y temperatura del gas. Así, el patrón nacional de flujo de gas tiene trazabilidad a los patrones nacionales de longitud, masa, tiempo, temperatura y presión.

Mantenimiento

El aseguramiento metrológico del patrón nacional de flujo de gas se logra empleando como patrón de transferencia un juego de toberas de flujo crítico, mismas que son calibradas periódicamente y que son enviadas anualmente a laboratorios nacionales de otros países en rondas de intercomparación.

La calibración del patrón nacional de flujo de gas se realiza cada 5 años, y consiste en la medición dimensional del tanque, y de la determinación de la exactitud del sistema de medición del desplazamiento de la campana. Los instrumentos de medición de presión y temperatura son también objeto de un programa de aseguramiento en las mediciones, con la infraestructura que ofrecen los laboratorios de temperatura y presión del CENAM.

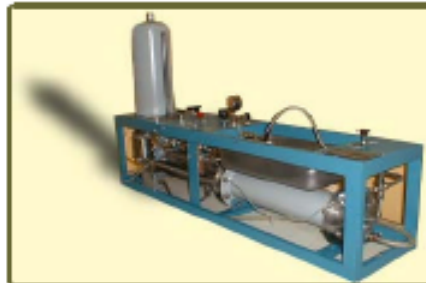


CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

CNM-PNM-4

Patrón Nacional de Flujo Volumétrico de Líquidos (de 0,04 L/min a 40 L/min)

Unidad: L/min
Reproducción: el patrón nacional de flujo de líquidos se fundamenta en el principio de desplazamiento positivo, técnica volumétrica.
Incertidumbre expandida: $\pm 1,5 \times 10^{-2}$ ($k=2$).



Patrón Nacional de Flujo de Líquidos

ALCANCE

El patrón nacional de flujo de líquidos mantiene un alcance de 0,04 L/min a 40 L/min.

La medición se basa en el movimiento de un pistón dentro de un cilindro de acero inoxidable con un área de sección transversal conocida. El pistón actuado neumáticamente desplaza al fluido de prueba (cualquier líquido compatible con el material del sistema) hacia el instrumento a calibrar. El desplazamiento del pistón se mide con un codificador lineal.

Empleando una computadora personal, programada para coleccionar la señal de salida de pulso generada por el codificador lineal y el tiempo requerido por el desplazamiento del pistón, se determina el flujo volumétrico. Este flujo se compara con la indicación del medidor de flujo a calibrar.

APLICACION

El patrón nacional para flujo líquido puede usarse debido a que las mediciones de flujo de fluidos son de vital importancia para industrias tales como la del petróleo, generación de energía eléctrica, de alimentos, leche, cerveza, farmacéutica, siderúrgica, celulosa y del papel, entre otras.

El interés de la industria nacional en disponer de sistemas de medición de flujo que puedan ser referidos a patrones nacionales se traduce en minimización de costos de fabricación, equidad en las transacciones de compra venta y pago de impuestos, aumento en la calidad de los productos terminados, mayor control de procesos, valoración objetiva de la contaminación al medio ambiente, etc.



El Patrón Nacional de flujo de líquidos ofrece confiabilidad y de coherencia a la cadena de trazabilidad en las mediciones de flujo de líquidos en nuestro país.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

El patrón nacional de flujo de líquidos mantiene trazabilidad hacia los patrones nacionales de las magnitudes fundamentales de masa, tiempo y temperatura y hacia las magnitudes derivadas de densidad, volumen y presión mantenidas por el CENAM.

Mantenimiento

El CENAM desarrolla y preserva las características metroológicas del patrón nacional para flujo de líquidos dentro de límites apropiados. Se efectúa un control permanente de los sistemas de medición que asegure mediciones correctas dentro del proceso y con este fin se lleva a cabo la calibración periódica de los sistemas de medición.

Se mantiene también, un programa de intercomparaciones con otros laboratorios nacionales de otros países.



CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

CNM-PNM-14

Patrón Nacional para Flujo de Líquidos (de 40 L/min a 12 000 L/min)

Unidad: kg/s, m³/s, L/min
Reproducción: el patrón nacional para flujo de líquidos se fundamenta en el peso estático de la masa colectada de líquido, la cantidad de líquido colectada por unidad de tiempo se determina gravimétricamente para obtener el flujo másico. El flujo volumétrico que pasa a través de un área de sección transversal en un intervalo de tiempo definido se determina mediante la densidad del líquido.
Incertidumbre expandida: a 5×10^{-4} en masa y a $1,2 \times 10^{-3}$ en volumen ($k=2$)



Patrón Nacional de Flujo para Líquidos

APLICACIÓN

El patrón nacional para flujo de líquidos puede valorarse debido a que las mediciones de flujo de fluidos son de vital importancia para industrias tales como la del petróleo, generación de energía eléctrica, alimentaria, química, cervecera, farmacéutica, siderúrgica, celulosa y del papel, entre otras.

El interés de la industria nacional en disponer de sistemas de medición de flujo que puedan ser referidos a patrones nacionales se traduce en minimización de costos de fabricación, equidad en las transacciones de compra venta y pago de impuestos, aumento en la calidad de los productos terminados, mayor control de procesos, valoración objetiva de la contaminación al medio ambiente, etc.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

El patrón nacional para flujo de líquidos mantiene trazabilidad hacia los patrones nacionales de las magnitudes fundamentales de masa, tiempo y temperatura y hacia las magnitudes derivadas de densidad y presión mantenidas por el CENAM.

ALCANCE

El patrón nacional para flujo de líquidos cubre un alcance de 40 L/min a 12 000 L/min.

El patrón está constituido por los siguientes sistemas:

- Sistema de bombeo formado por dos bombas verticales tipo turbina de 200 kW y 45 kW que son controladas por un variador de frecuencia que permite obtener los flujos deseados a la máxima eficiencia de las bombas.
- Secciones de prueba construidas en acero inoxidable para evitar la corrosión, la longitud de la zona de prueba es de 41 m con el objeto de lograr flujos turbulentos completamente desarrollados y con tamaños de tubería desde 25 mm hasta 200 mm.
- Un sistema de medición de flujo constituido por dos tanques de pesaje montados sobre caldas de carga con capacidad de 1 500 kg y 10 000 kg.
- Fluido de trabajo: agua



El Patrón Nacional para flujo de líquidos ofrece confiabilidad y de coherencia a las mediciones de flujo de líquidos en nuestro país.

Mantenimiento

El CENAM desarrolla y preserva las características metrologías del patrón nacional para flujo de líquidos dentro de límites apropiados. Se efectúa un control permanente de los sistemas de medición que asegure mediciones correctas dentro del proceso y con este fin se lleva a cabo la calibración periódica de los sistemas de medición.

Se mantiene también, un programa de intercomparaciones con otros laboratorios nacionales de otros países. Los objetivos de este programa de aseguramiento de las mediciones en flujo de líquidos son los de comparar procedimientos, cálculos, desviaciones e incertidumbre entre los laboratorios nacionales participantes con el propósito de establecer mejoras de los mismos.



CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

CNM-PNM-10 Patrón Nacional de Fuerza (de 2 500 N a 50 kN, masas suspendidas)

Unidad: newton (N).
Descripción: este patrón nacional de fuerza está formado por un conjunto de masas que, atraídas por la acción de la gravedad local generan una fuerza conocida.
Incertidumbre expandida: $\pm 3,0 \times 10^{-5}$ de la lectura ($k=2$).



Patrón Nacional de Fuerza de 2,5 kN hasta 50 kN.

APLICACIÓN

Este patrón nacional de la magnitud de fuerza, es un sistema que por medio de masas suspendidas aplica pesos directamente sin la intervención de algún mecanismo de amplificación, como una palanca o un multiplicador hidráulico. Este método, por estar basado en leyes básicas de la física, genera la más alta exactitud en la medición de fuerza. Este patrón sirve como primer eslabón en la cadena de trazabilidad y es utilizado en la calibración de dispositivos elásticos de alta exactitud para la medición de fuerza como anillos de carga o celdas de carga, que a su vez son utilizados como patrones de referencia o de transferencia.

La fuerza es una magnitud utilizada en sistemas de pesaje de básculas usadas en transacciones comerciales, para realizar pruebas de resistencia en cualquier tipo de componente o producto, en la calibración de máquinas de pruebas de tracción y compresión, así como en un gran número de pruebas en la industria metal mecánica y de la construcción.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

El patrón nacional de fuerza es trazable a los patrones nacionales de las unidades de base del sistema internacional de unidades (SI), masa, longitud y tiempo.

Las masas fueron calibradas en el CENAM y son directamente trazables al prototipo nacional número 21 mantenido por el CENAM. La aceleración local de la gravedad fue determinada, utilizando el método relativo, por el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

ALCANCE

El alcance de medición del patrón nacional de fuerza es de 2,5 kN a 50 kN. Las masas se pueden utilizar independientemente, logrando varias combinaciones de fuerzas de acuerdo a las masas aplicadas. Las fuerzas independientes que se pueden aplicar son las siguientes:

- 1 marco estructural con carga de 500 N;
- 9 pesas de 500 N;
- 9 pesas de 5 kN.



Mantenimiento

Para el mantenimiento del patrón nacional de fuerza se realiza la calibración de las masas en el CENAM cada 5 años y con estas calibraciones se integran cartas de control estadístico.

Para establecer el nivel de concordancia con otros países, se realizan comparaciones internacionales con sus centros de metrología, como: el Instituto Nacional de Metrología de China (NIM), el Physikalische Technische Bundesanstalt de Alemania (PTB), el Instituto Nacional de Metrología en Brasil (INMETRO).

Unidad: newton (N).
Descripción: este patrón nacional de fuerza está formado por un conjunto de masas que, atraídas por la acción de la gravedad local generan una fuerza conocida.
Incertidumbre expandida: a $3,0 \times 10^{-4}$ de la lectura ($k=2$).



Patrón Nacional de Fuerza de 50 N hasta 2,5 kN.

APLICACIÓN

Este patrón nacional de la magnitud de fuerza, es un sistema que por medio de masas suspendidas aplica pesos directamente sin la intervención de algún mecanismo de amplificación, como una palanca o un multiplicador hidráulico. Este método, por estar basado en leyes básicas de la física, genera la más alta exactitud en la medición de fuerza. Este patrón sirve como primer eslabón en la cadena de trazabilidad y es utilizado en la calibración de dispositivos elásticos de alta exactitud para la medición de fuerza como anillos de carga o celdas de carga, que a su vez son utilizados como patrones de referencia o de transferencia.

La fuerza es una magnitud utilizada en sistemas de pesaje de básculas usadas en transacciones comerciales, para realizar pruebas de resistencia en cualquier tipo de componente o producto, en la calibración de máquinas de pruebas de tracción y compresión, así como en un gran número de pruebas en la industria metal mecánica y de la construcción.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

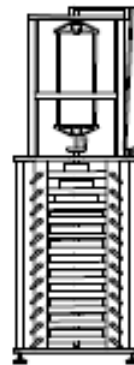
El patrón nacional de fuerza es trazable a los patrones nacionales de las unidades de base del sistema internacional de unidades (SI), masa, longitud y tiempo.

Las masas fueron calibradas en el CENAM y son directamente trazables al prototipo nacional número 21 mantenido por el CENAM. La aceleración local de la gravedad fue determinada, utilizando el método relativo, por el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

ALCANCE

El alcance de medición de este patrón nacional de fuerza es de 50 N a 2,5 kN. La fuerza se genera en newtons mediante el uso de masas y considerando la gravedad local del laboratorio. Las masas se pueden utilizar independientemente, logrando varias combinaciones de fuerzas de acuerdo a las masas aplicadas. Las fuerzas independientes que se pueden aplicar son las siguientes:

- 1 marco estructural con carga de 50 N;
- 1 pesa de 50 N;
- 1 pesa de 200 N;
- 9 pesas de 250 N.



Mantenimiento

Para el mantenimiento del patrón nacional de fuerza se realiza la calibración de las masas en el CENAM cada 5 años y con estas calibraciones se integran cartas de control estadístico.

Para establecer el nivel de concordancia con otros países, se han realizado comparaciones internacionales con centros de metrología como el Instituto Nacional de Metrología de China (NIM), el Physikalische Technische Bundesanstalt de Alemania (PTB), el Instituto Nacional de Metrología de Brasil (INMETRO).

Unidad: newton (N).
Descripción: este patrón nacional de fuerza está formado por un conjunto de masas que, atraídas por la acción de la gravedad local generan una fuerza conocida.
Incertidumbre expandida: $\pm 3,0 \times 10^{-4}$ de la lectura ($k=2$).



Patrón Nacional de Fuerza de 50 kN hasta 150 kN.

APLICACIÓN

Este patrón nacional de la magnitud de fuerza, es un sistema que por medio de masas suspendidas aplica pesos directamente sin la intervención de algún mecanismo de amplificación, como una palanca o un multiplicador hidráulico. Este método, por estar basado en leyes básicas de la física, genera la más alta exactitud en la medición de fuerza. Este patrón sirve como primer eslabón en la cadena de trazabilidad y es utilizado en la calibración de dispositivos elásticos de alta exactitud para la medición de fuerza como anillos de carga o celdas de carga, que a su vez son utilizados como patrones de referencia o de transferencia.

La fuerza es una magnitud utilizada en sistemas de pesaje de básculas usadas en transacciones comerciales, para realizar pruebas de resistencia en cualquier tipo de componente o producto, en la calibración de máquinas de pruebas de tracción y compresión, así como en un gran número de pruebas en la industria metal mecánica y de la construcción.

Trazabilidad

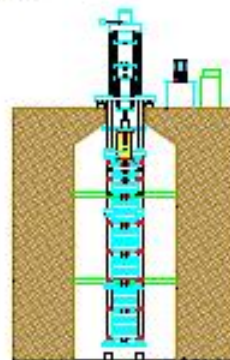
El patrón nacional de fuerza es trazable a los patrones nacionales de las unidades base del sistema internacional de unidades (SI), masa, longitud y tiempo.

Las masas fueron calibradas en el Instituto de Metrología Gustavo Colonna (IMGC) en Italia. La aceleración local de la gravedad fue determinada, utilizando el método relativo, por el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

ALCANCE

El alcance de medición de este patrón nacional de fuerza es de 50 kN a 150 kN. La fuerza se genera en newtons mediante el uso de masas y considerando la gravedad local del laboratorio. Las masas se pueden utilizar independientemente, logrando varias combinaciones, en sistema binario, de fuerzas de acuerdo a las masas aplicadas. Las fuerzas independientes que se pueden aplicar son las siguientes:

- | | |
|--------------------|----------------------|
| 2 pesas de 100 N; | 1 pesa de 3 200 N; |
| 1 pesa de 200 N; | 1 pesa de 6 400 N; |
| 1 pesa de 400 N; | 1 pesa de 12 800 N; |
| 1 pesa de 800 N; | 5 pesas de 25 600 N. |
| 1 pesa de 1 600 N; | |



INFORMACIÓN ADICIONAL

Mantenimiento

Para el mantenimiento del patrón nacional de fuerza se utilizan cartas de control estadístico, las cuales se han generado a través de comparaciones internacionales con otros centros de metrología como el Instituto Nacional de Metrología de China (NIM), el Physikalisch Technische Bundesanstalt de Alemania (PTB), el Instituto Nacional de Metrología en Brasil (INMETRO), así como mediante el sistema de auto-calibración operante en la máquina.



CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

CNM-PNM-16, 17

**Patrones Nacionales de Fuerza
(de 150 kN a 2 MN y 2 MN a 5 MN)**

Unidad: newton (N).
Descripción: los patrones nacionales de fuerza de 500 kN, 2 MN y 5 MN, están basados en un sistema de transferencia formado por una celda de carga y una máquina universal hidráulica de carga sostenida estable.
Incertidumbre expandida: a $1,5 \times 10^{-4}$ de la lectura ($k = 2$).



Patrón Nacional de Fuerza.

APLICACIÓN

La magnitud de fuerza se utiliza en una gran diversidad de industrias, entre las cuales se encuentran la automotriz, de la construcción, metal-mecánica, comunicaciones, desarrollo de materiales, minería, aeronáutica y espacial, por citar las más importantes.

La magnitud de fuerza se determina por medio de la calibración de elementos elásticos de alta exactitud, los cuales pueden ser celdas de carga, dinamómetros, anillos de carga o cápsulas de mercurio. A su vez, estos instrumentos son utilizados para calibrar máquinas de pruebas o equipos para medición de fuerza en líneas de producción.

Trazabilidad

Las celdas de carga tienen trazabilidad a los patrones nacionales de fuerza del Physikalisch - Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania, en donde son calibradas con patrones de masas suspendidas y máquinas hidráulicas de transferencia.

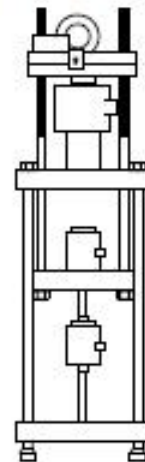
ALCANCE

Estos patrones nacionales de fuerza cuentan con los siguientes alcances de medición:

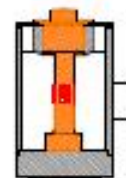
Celda de carga número de serie F 05 397 y máquina de transferencia número de serie 7 000, con un alcance de medición de 150 kN a 500 kN.

Celda de carga número de serie F 05 707 y máquina de transferencia número de serie 7 000, con un alcance de medición de 500 kN a 2 MN.

Celda de carga número de serie F 50 905, con un alcance de medición de 2 MN a 5 MN.



Máquina de transferencia de fuerza.



Celdas de carga instrumentadas con galgas extensométricas.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Mantenimiento

El mantenimiento de los patrones nacionales de fuerza de 5 MN, 2 MN y 500 kN se realiza calibrando las celdas de carga. Estas celdas de carga se utilizan para calibrar anillos para medición de fuerza; siendo estos últimos los que sirven para la transferencia y diseminación de la magnitud de fuerza hacia la industria y laboratorios secundarios, así como a instituciones de investigación e instituciones educativas.

Unidad: W/m^2nm
Realización: Conjunto de Lámparas Patrones de Irradiancia Espectral con Incertidumbre al NIST (National Institute of Standards and Technology) de Estados Unidos de 0.0000001 y 0.0000001 en el intervalo de $300nm$ a $1000nm$
Incertidumbre relativa: 0.000001



Patrón Nacional de Irradiancia Espectral (Lámpara tipo PNL)

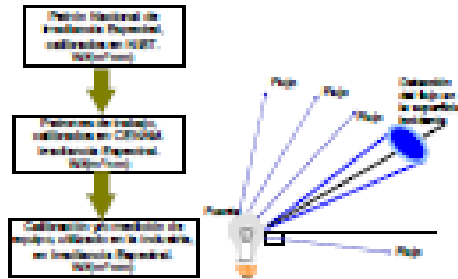
APLICACIÓN

La Irradiancia Espectral es una magnitud radiométrica usada para medir la cantidad de luz o potencia radiante que incide sobre una superficie determinada, independientemente del origen de la radiación.

El Laboratorio de Radiometría e Iluminación y afiliado al Patrón Nacional de Irradiancia Espectral. Así mismo, se encarga de diseñar la escala de Irradiancia hacia los usuarios mediante la calibración de medidores de tecnología de instrumentos (radiómetros). Entre los ejemplos más importantes tenemos la medición de la irradiancia de los dispositivos, usada en procesos de caracterización, también en el monitoreo de energía ultravioleta, visible e infrarroja proveniente del sol, de igual forma en la medición de los lámparas o en el medio para aplicaciones industriales y de laboratorio.

ALCANCE

El CONUM emplea dos Patrones de Irradiancia Espectral, una Lámpara de Halógeno y una Lámpara tipo PNL. Los dos lámparas se encuentran calibradas en Irradiancia Espectral, además para la Lámpara de Halógeno el alcance es de $0.113813 W/m^2nm$ a $0.50768813 W/m^2nm$ en el intervalo de $300nm$ a $1000nm$ y para la Lámpara tipo PNL, el alcance es de $0.01402813 W/m^2nm$ a $0.322813 W/m^2nm$ en el intervalo de $300nm$ a $1000nm$.



Traceabilidad del Patrón Nacional de Irradiancia Espectral

INFORMACIÓN ADICIONAL

Disponibilidad

El Patrón Nacional de Irradiancia Espectral se encuentra en la Escala de Irradiancia implementada en el NIST en los Estados Unidos de Norteamérica. Este modelo se obtiene a partir de la Realización de Comparación, según de las mediciones radiométricas basadas en lámparas.

Mantenimiento

La realización de los patrones se realiza cada 60 meses de acuerdo. Actualmente dichas realizaciones se hacen a través en un Laboratorio Privado externo, hasta que se desarrolle un Patrón Privado propio.

Se realiza una inspección periódica de la integridad física de cada lámpara, empleando guantes de nylon y la limpieza de lentes se realiza con solventes especiales (queroseno grado espectroradiométrico y papel óptico).

Unidad: metro (m).
 Materialización: Láser estabilizado en frecuencia por medio de espectroscopia saturada de la molécula de yodo (¹²⁷I₂) operando a una longitud de onda de $\lambda = 633,991\ 398\ 22\ \text{nm}$
 Incertidumbre expandida: $\pm 5 \times 10^{-11}$ (para un factor de cobertura $k=2$).

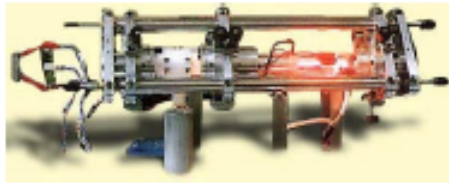


Figura 1 - Láser estabilizado en frecuencia al ¹²⁷I₂ desarrollado en el CENAM

APLICACIÓN

El CENAM cuenta con un conjunto de tres instrumentos de este tipo, con el fin de mantener a lo largo del tiempo, mediante comparaciones periódicas entre ellos, la frecuencia de referencia y por lo tanto, la longitud de onda de referencia en el vacío.

Con los láseres estabilizados que conforman el patrón nacional de longitud, se realizan calibraciones de láseres He-Ne a 633 nm cuya estabilidad es inferior a la del patrón. Esta calibración se realiza por el método heterodino para la comparación de frecuencia, lo cual permite obtener alta exactitud en los valores de calibración. A su vez, los láseres calibrados con el patrón nacional realizan mediciones interferométricas de bloques patrón plano paralelos, máquinas de medición por coordenadas, máquinas de redondeo, rugosidad superficial, patrones industriales y calibres de alta exactitud.

De tal forma que todas las mediciones de longitud y ángulo, se refieren al patrón nacional mediante una cadena de trazabilidad y diseminación de la unidad de longitud (Figura 2).

ALCANCE

Con métodos de comparación de frecuencia, los láseres estabilizados al yodo calibran láseres a la misma longitud de onda nominal, sin embargo empleando arreglos interferométricos (ombómetro) se extiende el intervalo de calibración a toda la región visible del espectro electromagnético permitiendo de esta manera la calibración de láseres estabilizados de diferentes longitudes de onda. Una vez que se tiene la posibilidad de transferir la exactitud a estos láseres, se garantiza el respaldo del patrón nacional a las mediciones de longitud más frecuentes en la industria e investigación.

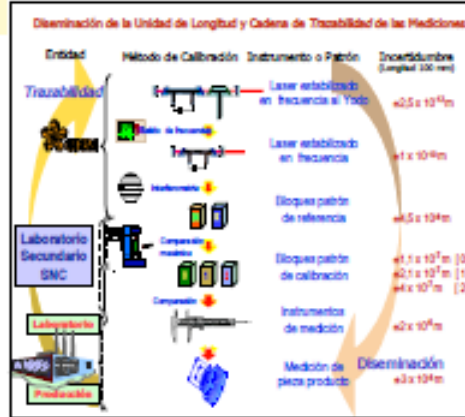


Figura 2 - Diseminación de la unidad de longitud.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

La unidad de longitud depende de una constante de la naturaleza ya que los niveles energéticos (equivalentes a valores definidos de frecuencia) de las transiciones de la molécula de yodo no cambian con el tiempo, sin embargo, para asegurar su reproducibilidad es necesario mantener condiciones controladas en los láseres estabilizados (presión del vapor de yodo, potencia óptica de láser y sistema electrónico de control). El valor de la frecuencia de las transiciones es medido directamente con relojes atómicos y por lo tanto la unidad de longitud es trazable al patrón nacional de tiempo.

Mantenimiento

El Comité Consultivo de Longitud (CCL, antes CODM, Comité Consultivo para la Definición del Metro), en sus recomendaciones de 1992, adoptadas por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), anuncia varias fuentes de radiación láser apropiadas para la realización del metro. Estas radiaciones son de diversos tipos y longitudes de onda, sin embargo la más ampliamente utilizada es la del láser de Helio-Neón estabilizado a una frecuencia de $\approx 473\ \text{THz}$, cuya longitud de onda en el vacío (λ) correspondiente a esta frecuencia es la longitud patrón y su valor es de $\approx 633\ \text{nm}$.

El programa de conservación y mantenimiento de los láseres patrón se basa en mediciones periódicas de la frecuencia de estos láseres. Para tal efecto, se desarrollan los métodos y mediciones necesarias para determinar si alguna variable del láser ha cambiado reflejándose en pequeñas desviaciones en frecuencia.

Unidad: kilogramo (kg).
 Materialización: cilindro de platino iridio, de 39 mm de diámetro y de igual altura designado con el número 21 por la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM). El valor de masa del patrón nacional de acuerdo con su última comparación internacional llevada a cabo en 1991, es de 1,000 000 066 kg.
 Incertidumbre estándar combinada: $\pm 2,3 \times 10^{-8}$ kg $k=1$ (De acuerdo a la última medición en el BIPM en 1991)



Patrón Nacional de Masa

APLICACIÓN

De la masa depende la formación de magnitudes derivadas como la fuerza, la presión, la energía, entre otras y en consecuencia, el nivel de exactitud con la que se mide afecta los niveles de exactitud de todas estas magnitudes.

La unidad de masa se aplica también en la cuantificación de la producción y para los intercambios comerciales que se realizan en los mercados nacionales e internacionales.

Su aplicación es determinante en las mediciones químicas para la preparación de materiales de referencia y la realización de métodos analíticos usados en la industria y en los campos de control ambiental y de la salud humana.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

Como resultado de las gestiones realizadas por el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos para ingresar al Tratado del Metro, el prototipo No. 21 fue asignado en 1992, por la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, como patrón nacional de masa.

El patrón nacional es trazable directamente al patrón internacional que se conserva y mantiene en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas. La comparación del patrón nacional No. 21 de platino iridio con el patrón internacional se realiza en el BIPM aproximadamente cada 30 o 40 años en ocasión de la ronda de comparaciones internacionales de patrones nacionales de platino iridio que realiza la propia Oficina Internacional.

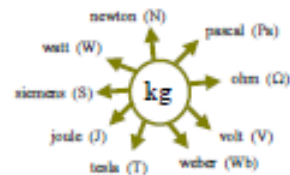
ALCANCE

Con objeto de lograr la trazabilidad de las mediciones de masa en el país, se establece una escala nacional de masa formando múltiplos y submúltiplos del kilogramo. Esta escala se realiza mediante la aplicación de los procedimientos de sustitución doble y métodos de subdivisión, utilizando balanzas comparadoras de alta exactitud.

La escala nacional de masa se estableció con el alcance de medición de:

1 mg a 50 kg

La unidad de masa interviene en la formación de muchas unidades derivadas como en el caso correspondiente a las unidades con nombre especial, que aquí se indican:



Mantenimiento

El patrón nacional se utiliza cada 5 años en la transferencia hacia patrones de acero inoxidable.

De estos patrones de 1 kg de acero inoxidable se parte para el establecimiento, con diferentes técnicas, de los múltiplos y submúltiplos. Uno de los temas de investigación tecnológicos en esta área, está relacionado con el desarrollo de estas técnicas y cada país logra mayor o menor éxito en la diseminación de la exactitud de la unidad de masa dependiendo del grado de profundidad del conocimiento y desarrollo que tengan de ellas.

Unidad:	newton metro (Nm).
Descripción:	el patrón nacional de par torsional es un sistema de comparación basado en un juego de transductores de alta exactitud que en conjunto con un motor-reductor para la aplicación del par torsional, un sistema de alineamiento, una placa de contra reacción y un cojinete de aire, sirven para comparar los instrumentos a medir.
Incertidumbre expandida	a $5,0 \times 10^{-4}$ de la lectura ($k=2$).



Patrón Nacional de Par Torsional.

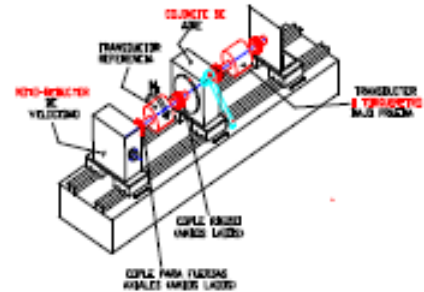
APLICACIÓN

Par torsional es una magnitud derivada de la fuerza y se define como la fuerza aplicada a un cuerpo, a una distancia perpendicular a un eje, tal que se genere en él una rotación alrededor del mismo.

La realización de esta magnitud con los más altos niveles de confiabilidad, con la tecnología adecuada y compatible a la de otros países, permite resolver los problemas de medición que han surgido actualmente en México ya que es una magnitud de uso común en los sectores industrial, técnico y científico de nuestro país. Como ejemplos de aplicación de esta magnitud se tiene:

- Medición de la potencia al freno en motores de combustión y eléctricos;
- Proporcionar el apriete adecuado a tornillos en el montaje y ensamble de todo tipo de vehículos, aparatos, maquinaria y equipos.

ALCANCE
El patrón nacional de par torsional consta de cuatro transductores de referencia con los cuales se logra un alcance de medición de 1 Nm a 2 kNm. El método de medición empleado es el de comparación directa.



INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

El patrón nacional de par torsional es trazable al patrón nacional de Alemania mantenido en el Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB).

Actualmente, CENAM trabaja en el desarrollo del método primario para la realización de la magnitud de par torsional dentro del alcance de medición especificado por lo que en un futuro próximo se tendrá el origen de la trazabilidad en par torsional en México.

Mantenimiento

El mantenimiento del patrón nacional de par torsional se lleva a cabo mediante el control estadístico de la calibración de los cuatro transductores y su estabilidad en el tiempo, así como por medio de comparaciones internacionales con laboratorios nacionales de otros países.

Por otra parte, también se realizan comparaciones internas entre los cuatro transductores para tener un mejor conocimiento de la estabilidad y comportamiento de los mismos.



CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

CNM-PNE-7

Patrón Nacional de Potencia y Energía en Señales Eléctricas Alternantes en el Tiempo

Unidad: watt (W) y julio (J)
Realización: el patrón nacional de potencia y energía eléctrica se realiza con un puente de potencia y un medidor de tiempo de integración. Este sistema permite la trazabilidad de los productos $W = V^2 / \Omega$ y $J = V^2 s / \Omega$, a los patrones nacionales respectivos mantenidos en el CENAM.
Incertidumbre expandida: a 50×10^6 ($k=2$, con un nivel de confianza de aproximadamente 95%)) a 120 V, 1 A, factor de potencia = 1, frecuencia de 60 Hz



Patrón Nacional de Potencia y Energía Eléctrica

ALCANCE

Alcance del vector potencia = 12 kVA, para una tensión de 120 V y un intervalo de intensidad de corriente desde 1A hasta 100 A, para un factor de potencia de 0 a 1, atraso o adelanto y a la frecuencia de prueba de 60 Hz. El alcance de energía corresponde a 12 kVA, en potencia aparente y un tiempo de integración desde 1 s hasta 999 s.

Int. de Corriente	1A	5 A	50 A	100 A
Factor de Pot.	1,0 ± 0,5 ± 0	1,0 ± 0,5 ± 0	1,0 ± 0,5 ± 0	1,0 ± 0,5 ± 0
Tensión (V)				
120	25 25 25	25 25 25	100 110 110	100 110 110
240	50 90 110	50 90 110	100 110 120	100 110 120
400	50 90 110	50 90 110	100 110 120	100 110 120
600	50 90 110	50 90 110	100 110 120	100 110 120

+, es el factor de potencia en adelanto,

-, es el factor de potencia en atraso

APLICACIÓN

El establecimiento de un patrón nacional de energía eléctrica ha sido motivado por la necesidad de alcanzar una mayor confiabilidad de los sistemas de medición de potencia y de consumo de energía eléctrica en todo el país. Esta acción busca alinearse con las políticas de apoyo a la competitividad industrial, ahorro de energía eléctrica y la optimización de la calidad en el suministro de energía eléctrica.

El patrón nacional de potencia y energía se mantiene a través del conocimiento técnico de las magnitudes de tensión en c.a., resistencia eléctrica, capacitancia y tiempo, de las que se deriva el patrón, y que permiten establecer una trazabilidad hacia los patrones nacionales respectivos a tales magnitudes que se mantienen en el CENAM.

El patrón nacional de potencia y energía eléctrica es considerado como el sistema de referencia de menor incertidumbre instalado en México.



El Patrón Nacional de Potencia y Energía, como unidad derivada de otras magnitudes eléctricas.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

La potencia en corriente alterna (c.a.), resulta del producto vectorial de tensión y corriente. La amplitud del vector de tensión en corriente alterna se determina con una transferencia térmica, la cual proporciona la trazabilidad hacia el patrón nacional de tensión en c.c. Ambos patrones nacionales son mantenidos en el CENAM.

El vector de corriente es generado por un comparador de corrientes que asegura la estabilidad de la amplitud y del ángulo de fase de este vector con respecto del vector de tensión en c.a. La estabilidad de la amplitud de la corriente se consigue descomponiendo este vector, con el comparador de corrientes, en una componente en fase y otro en cuadratura respecto del vector tensión en c.a.

En el sistema de medición de energía se utiliza una señal de referencia de frecuencia de 10 MHz, proveniente de un reloj de cesio del conjunto de relojes que mantiene el CENAM, que asegura la trazabilidad de energía eléctrica al patrón de tiempo.

Mantenimiento

El mantenimiento del patrón de potencia y energía eléctrica se realiza calibrando la referencia de tensión en corriente alterna (120 V / 240 V / 400 V / 600 V a una frecuencia de 60 Hz, trazable al patrón nacional de tensión en corriente alterna. El resistor y capacitor de referencia son calibrados periódicamente por el laboratorio nacional de Canadá (NRC). El contador de intervalos de tiempo es trazable y calibrado periódicamente con el patrón nacional de tiempo.

Comparación Internacional

Actualmente se está participando en una comparación internacional de potencia eléctrica, en la cual participan el NRC (National Research Council of Canada) de Canadá, el NIST (National Institute of Standards and Technology) de Estados Unidos y el CENAM (Centro Nacional de Metrología) de México, siendo el NRC el laboratorio piloto de esta comparación. Los resultados serán publicados una vez que se concluya la comparación.



CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

CNM-PNM-12, 18

Patrón Nacional de Presión

(de 175 kPa a 350 kPa y 350 kPa a 7 MPa)

Unidad:	pascal (Pa).
Realización:	el patrón nacional de baja presión tiene un alcance de medición de 175 kPa a 7 MPa. La realización de presión se logra al presurizar gas, el cual hace flotar un platón apoyando una masa determinada lo que produce una presión calculada.
Incertidumbre expandida:	a $3,3 \times 10^{-2}$ de la lectura de 175 kPa a 350 kPa, a $2,6 \times 10^{-2}$ de la lectura de 350 kPa a 1 750 kPa y a $3,0 \times 10^{-2}$ de la lectura de 1,75 MPa a 7 MPa con $k=2$.



Patrón Nacional de Baja Presión.

ALCANCE

Se cuenta con tres ensambles platón-cilindro cuyos alcances individuales son los que a continuación se describen:

Ensamble platón-cilindro número de serie PC-100, alcance de medición de 175 kPa a 350 kPa con incertidumbre de $\pm 1,3 \times 10^{-2}$ de la lectura y un valor nominal del área efectiva de 10 cm².

Ensamble platón-cilindro número de serie PC-220, alcance de medición de 350 kPa a 1 750 kPa con incertidumbre de $\pm 2,6 \times 10^{-2}$ de la lectura y un valor nominal del área efectiva de 2 cm².

Ensamble platón-cilindro número de serie PC-225, alcance de medición de 1,75 MPa a 7 MPa con incertidumbre de $\pm 3,0 \times 10^{-2}$ de la lectura y un valor nominal del área efectiva de 0,5 cm².

APLICACIÓN

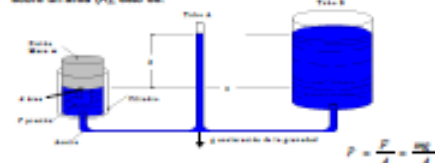
La presión se define como la componente normal de la fuerza ejercida por unidad de área de superficie.

Estos patrones utilizados son balanzas de presión o balanzas de peso muerto cuyo principio de funcionamiento se basa en la definición antes mencionada, por lo que se trata de instrumentos de medición que reproducen la definición de la unidad de presión a partir de principios básicos de física clásica.

En general los laboratorios nacionales de metrología los utilizan para ser origen de la trazabilidad de sus mediciones.

DESCRIPCIÓN

Consta de una balanza de presión de alta exactitud con un juego de masas y tres ensambles platón-cilindro. Cada ensamble cubre un alcance de presión que depende del área efectiva del mismo. En estos instrumentos, la presión (P) es igual a la fuerza (F) que se genera por medio de las masas (m) bajo la acción de la gravedad local (g) actuando sobre un área (A), esto es:



INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

Los ensambles platón-cilindro y las masas del sistema de calibración, tienen trazabilidad a los patrones nacionales ubicados en los laboratorios primarios que se indican:

Ensamble platón-cilindro: PC-100 tiene trazabilidad en: (a) Área efectiva (caracterización dimensional) CENAM (enero de 1995), (b) Masa con CENAM (julio de 1995 y enero de 1997) y (c) Densidad con CENAM (septiembre de 1996); PC-220 y PC-225 tienen trazabilidad en: (a) Área efectiva (rotación cruzada) con CENAM (agosto de 1997), (b) Masa con CENAM (julio de 1996 para el PC-220 y marzo 1996 para el PC-225). El Juego de masas 2003/2004 tiene trazabilidad con CENAM (agosto de 1995) y CENAM (noviembre de 1996). Juego de masas 2019 tiene trazabilidad con CENAM (agosto de 1997).

Mantenimiento

El mantenimiento del patrón nacional de baja presión se efectúa por medio de comparaciones que se realizan con otros laboratorios nacionales, también se asegura el mantenimiento mediante comparaciones internas con el patrón de baja presión de 50 mm.

Unidad: pascal (Pa).

Realización: el patrón nacional de presión tiene un alcance de medición de 7 MPa a 100 MPa. La realización de presión se logra al presurizar gas, al cual hace flotar un pistón aportando una masa determinada lo que produce una presión calculada.

Incertidumbre expandida: a $5,0 \times 10^{-3}$ de la lectura ($k=2$).



Patrón Nacional de 7 MPa a 100 MPa.

APLICACIÓN

La magnitud de presión es muy utilizada en una gran variedad de industrias, por ejemplo la farmacéutica, alimentaria, química, metal-mecánica donde los requerimientos de alta exactitud son indispensables para la calidad de los productos.

Estos patrones son balanzas de presión o balanzas de peso muerto que a nivel internacional sirven para ser origen de la trazabilidad de las mediciones de presión.

Las balanzas de presión o balanzas de peso muerto son los instrumentos de mejor exactitud utilizados en las mediciones de presión por arriba de la presión atmosférica.

ALCANCE

Se cuenta con tres ensambles pistón-cilindro cuyos alcances individuales son los que a continuación se describen:

Ensamble pistón-cilindro número de serie 0303, alcance de medición de 0,02 MPa a 8 MPa con una incertidumbre de a $4,0 \times 10^{-4}$ de la lectura y un valor nominal del área efectiva de 1 cm².

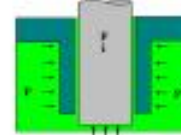
Ensamble pistón-cilindro número de serie 0304, alcance de medición de 0,2 MPa a 30 MPa con una incertidumbre de a $4,0 \times 10^{-4}$ de la lectura y un valor nominal del área efectiva de 0,1 cm².

Ensamble pistón-cilindro número de serie 0305, alcance de medición de 2 MPa a 100 MPa con una incertidumbre de a $4,0 \times 10^{-3}$ de la lectura y un valor nominal del área efectiva de 0,05 cm².

DESCRIPCIÓN

Consiste de un juego de masas y tres ensambles pistón-cilindro. Cada ensamble cubre un alcance de medición de presión que depende del área efectiva del mismo. La presión (P) es igual a la fuerza (F) que se genera por medio de las masas (m) bajo la acción de la gravedad local (g) actuando sobre un área (A), como se muestra en la siguiente figura.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A}$$



INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

Los ensambles pistón-cilindro y las masas del sistema de calibración, tienen trazabilidad a los patrones nacionales ubicados en los laboratorios primarios que se indican:

EQUIPO	TRAZABILIDAD	FECHA
Ensamble pistón-cilindro 0303	NIST	agosto de 1996
Ensamble pistón-cilindro 0304	NIST	agosto de 1996
Ensamble pistón-cilindro 0305	NIST	agosto de 1996
Juego de masa 3346	CENAM	abril de 1996

Mantenimiento

El mantenimiento del patrón nacional de medida presión se efectúa por medio de las comparaciones que se realizan con otros laboratorios nacionales, también se asegura el mantenimiento mediante comparaciones internas con los patrones de alta y baja presión.

Unidad: pascal (Pa).
 Realización: el patrón nacional de alta presión tiene un alcance de medición de 7 MPa a 500 MPa. La realización de presión se logra al presurizar aceite, el cual hace flotar un platón apoyando una masa determinada lo que produce una presión calculada.
 Incertidumbre expandida: $\pm 5,0 \times 10^{-4}$ de la lectura ($k=2$) de 7 MPa a 200 MPa y $\pm 1,7 \times 10^{-4}$ de la lectura ($k=2$) de 200 MPa a 500 MPa.



Patrón Nacional de Alta Presión.

APLICACIÓN

La magnitud de presión es muy utilizada en una gran variedad de industrias, por ejemplo la farmacéutica, alimentaria, química, metal-mecánica donde los requerimientos de alta exactitud son indispensables para la calidad de los productos.

Estos patrones son balanzas de presión o balanzas de pesos muertos que a nivel internacional sirven para ser origen de la trazabilidad de las mediciones de presión.

Las balanzas de presión o balanzas de pesos muertos son los instrumentos de mejor exactitud utilizados en las mediciones de presión por arriba de la presión atmosférica.

ALCANCE

Se cuenta con tres ensambles platón-cilindro cuyos alcances individuales son los que a continuación se describen:

Ensamble platón-cilindro número de serie 0360, alcance de medición de 0,2 MPa a 100 MPa con una incertidumbre de $\pm 4,0 \times 10^{-4}$ de la lectura y un valor nominal del área efectiva de 1 cm².

Ensamble platón-cilindro número de serie 0319, alcance de medición de 0,4 MPa a 200 MPa con una incertidumbre de $\pm 4,0 \times 10^{-4}$ de la lectura y un valor nominal del área efectiva de 0,05 cm².

Ensamble platón-cilindro número de serie 4923, alcance de medición de 1 MPa a 500 MPa con una incertidumbre de $\pm 1,7 \times 10^{-4}$ de la lectura y un valor nominal del área efectiva de 0,02 cm².

DESCRIPCIÓN

Consta de un juego de masas y tres ensambles platón-cilindro. Cada ensamble cubre un alcance de medición de presión que depende del área efectiva del mismo. La presión (P) es igual a la fuerza (F) que se genera por medio de las masas (m) bajo la acción de la gravedad local (g) actuando sobre un área (A), como se muestra en la figura siguiente:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A}$$



INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

Los ensambles platón-cilindro y las masas del sistema de calibración, tienen trazabilidad a los patrones nacionales ubicados en los laboratorios primarios que se indican:

EQUIPO	TRAZABILIDAD	FECHA
Ensamble platón-cilindro 0360	NIST	agosto de 1996
Ensamble platón-cilindro 0319	NIST	agosto de 1996
Ensamble platón-cilindro 4923	NIST	agosto de 1996
Juego de masas	3345 CENAM	julio de 1997

Mantenimiento

El mantenimiento del patrón nacional de alta presión se efectúa por medio de comparaciones que se realizan con otros laboratorios nacionales, también se asegura el mantenimiento mediante comparaciones internas con los patrones de baja y de media presión.

Unidad: presión acústica (Pa)
Realización: la materialización de la unidad básica de la presión acústica se efectúa a través de la sensibilidad individual de los micrófonos de condensador que forman el conjunto del patrón nacional. Esta sensibilidad, se obtiene aplicando el principio de reciprocidad en acopladores cerrados.
Incertidumbre expandida: a 0,04 dB en el intervalo de 63 Hz a 4 kHz, 0,06 dB en el intervalo de 4 kHz a 6,3 kHz y 0,0 dB en el intervalo de 6,3 kHz a 8 kHz ($k=2$, con un nivel de confianza de aproximadamente 95%)



Patrón Nacional de Acústica

JUSTIFICACIÓN

El Patrón Nacional de Acústica realiza la unidad básica para toda la gama de mediciones acústicas posibles, i.e., intensidad acústica y potencia acústica. El recipiente primario es un conjunto de micrófonos patrón de alta estabilidad, a partir de los cuales es posible transferir las características metroológicas a otros instrumentos de medición de laboratorio y de campo. Este Patrón establece el primer eslabón de la cadena de trazabilidad hacia los usuarios potenciales en áreas tales como el control de ruido industrial y vehicular, la exposición de los trabajadores al ruido, diversas aplicaciones en medicina y fisiología y la protección del medio ambiente. Es, además, una de las bases para establecer la equivalencia (y el reconocimiento) de las mediciones que se llevan a cabo en México con aquellas realizadas en otros países con los que México tiene un importante intercambio comercial, por ejemplo, EUA, Canadá, la Comunidad Europea y los países de la cuenca del pacífico.

ALCANCE

Empleando micrófonos de condensador del tipo 1D3P (patrón de laboratorio de 2,54 cm (1 pulgada) con respuesta en presión) y acopladores cerrados de onda plana, se puede tener un alcance en frecuencia desde 63 Hz hasta 8 kHz. Debido a que los micrófonos de condensador son lineales en un amplio intervalo de presión acústica, es más frecuente presentar el alcance en términos de la sensibilidad, que es la razón de la energía acústica entregada por el micrófono en sus terminales eléctricas sobre la energía acústica incidente en sus terminales acústicas. Dependiendo del tipo de micrófono, la sensibilidad puede variar desde los -26 dB referidos a 1 V/Pa hasta los -40 dB referidos a 1 V/Pa. Actualmente la extensión del alcance en frecuencia hasta los 30 kHz usando micrófonos patrón 1D3P (patrón de laboratorio de 1,27 cm (0,5 pulgadas) con respuesta en presión) está siendo estudiada.



El Patrón Nacional de Acústica como referencia para otras mediciones

INFORMACIÓN ADICIONAL

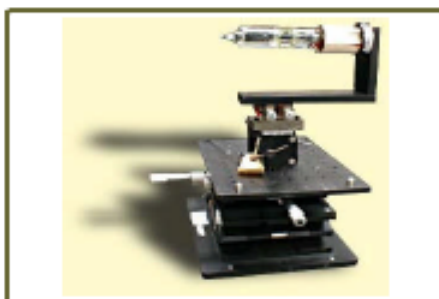
Trazabilidad

La magnitud fundamental realizada por el Patrón Nacional de Acústica, el pascal (Pa), unidad derivada del Sistema Internacional, toma como base el principio de reciprocidad y define la trazabilidad a otras magnitudes de base o derivadas. Así, la impedancia eléctrica de transferencia es trazable a las unidades de tensión eléctrica alterna, tensión eléctrica continua, capacitancia, resistencia y frecuencia. La impedancia acústica de transferencia es trazable a las unidades de longitud, temperatura, humedad relativa y presión estática. En todos los casos, los patrones referidos son mantenidos en el CENAM.

Mantenimiento

El mantenimiento del Patrón Nacional de Acústica se efectúa en dos frentes muy bien definidos: por un lado la implantación efectiva del sistema de calidad del laboratorio; por otro lado, el desarrollo del control estadístico de las mediciones que se realizan con los micrófonos patrón conservados en el CENAM. Ambas actividades se refuerzan mediante ejercicios de comparación con otros laboratorios reconocidos a nivel internacional, v.g., la comparación con países del SIM en 1987-1990, la comparación con países del SIM y de la UE en 1995-1999; el próximo ejercicio será una Comparación Clave dentro del SIM participando 12 laboratorios del más alto nivel.

Unidad: $W/(m^2 \cdot nm)$
 Realización: Conjunto de Lámparas Patrón en Radiancia Espectral con trazabilidad al NIST (National Institute of Standards and Technology de Estados Unidos de Norteamérica) y sistema espectrométrico de transferencia
 Incertidumbre relativa: $\pm 3\%$ ($k=2$)



Patrón Nacional de Radiancia Espectral
(Lámpara con filamento de cinta plana de tungsteno)

APLICACIÓN

La Radiancia Espectral es una magnitud radiométrica usada para caracterizar la forma de emisión de fuentes de radiación; como son lámparas incandescentes, lámparas de descarga, cuerpos negros, etc. En otras palabras, la Radiancia es una propiedad de las lámparas y en general de cualquier fuente de radiación. Conociendo la Radiancia Espectral de una lámpara se pueden deducir otras propiedades como son: su color aparente, la distribución espectral de su energía, temperatura de color, su espectro, etc.

El Laboratorio de Espectrometría I mantiene y actualiza el Patrón Nacional de Radiancia Espectral. También diseña la escala de Radiancia mediante la calibración de Patrones de Trabajo, con los cuales se da trazabilidad a los usuarios de esta escala. Entre las aplicaciones más importantes tenemos las mediciones de radiancia de monitores de televisión, monitores de computadores, pantallas de proyección, etc. También existen instrumentos que miden radiancia, ellos se encuentran en una variedad de marcas, los cuales necesitan ser calibrados. El espolímetro de una cámara fotográfica por ejemplo es un instrumento que mide radiancia.

Trazabilidad

El Patrón Nacional de Radiancia Espectral es trazable a la Radiancia de Cuerpo Negro del Patrón Primario del NIST en los Estados Unidos de Norteamérica. La radiancia de un cuerpo negro se describe con la ley de Planck, la cual se obtiene de principios básicos.

ALCANCE

El CENAM emplea dos Patrones de Radiancia Espectral: una lámpara de deuterio y una lámpara con filamento de cinta plana de tungsteno. Las dos lámparas se encuentran calibradas en Radiancia Espectral, siendo para la lámpara de deuterio el alcance de 63,4 $W/(m^2 \cdot nm)$ a 4,43 $W/(m^2 \cdot nm)$ en el intervalo de 200 nm a 400 nm y para la lámpara de cinta plana de tungsteno el alcance es de 0,00921 $W/(m^2 \cdot nm)$ a 23,6 $W/(m^2 \cdot nm)$ en el intervalo de 250 nm a 2 500 nm.



Trazabilidad del Patrón Nacional de Radiancia Espectral

INFORMACIÓN ADICIONAL

Mantenimiento

La recalibración de los Patrones se realiza cada 50 horas de encendido. Actualmente dicha recalibración se lleva a cabo en un Laboratorio Primario externo, hasta que se disponga de un Patrón Primario propio.

Se realiza una inspección periódica de la integridad física de cada lámpara, empleando guantes de nylon y la limpieza de lentes se realiza con solventes especiales (acetona grado espectrofotométrico y papel óptico).

Unidad: transmitancia, absorbancia y reflectancia espectrales.
 Realización: la espectrofotometría es una técnica instrumental empleada para medir energía radiante o flujo radiante que es transmitido, reflejado o absorbido por un material o superficie como función de la longitud de onda de dicha energía o flujo.
 Incertidumbre expandida: Escala de Longitud de Onda: $\pm 0,22 \text{ nm}$ ($k=2$)
 Escala Fotométrica: $\pm 2 \times 10^{-3}$ ($k=2$)



Sistema Nacional de Espectrofotometría (Espectrofotómetro y Materiales de Referencia)

JUSTIFICACIÓN

La recalibración instrumental asegura y confirma la validez de los resultados en una medición, es por ello que tanto el Espectrofotómetro como los Materiales deben ser calibrados periódicamente.
 El Laboratorio de Espectrofotometría proporciona a la industria nacional, el apoyo y el soporte metroológico requerido para alcanzar los niveles de productividad, competitividad y calidad deseados en sus productos y servicios.

ALCANCE

El Sistema Nacional de Espectrofotometría consta de un instrumento de referencia de alta exactitud, estabilidad y reproducibilidad que cubre el alcance en ultra-violeta, visible e infrarrojo cercano.
 Su soporte de transferencia está basado en un conjunto de materiales de referencia certificados y un conjunto de lámparas patrón que definen las Escalas fundamentales de Longitud de Onda y Fotométricas.
 El alcance de trabajo es:
 Escala de Longitud de onda: 240 nm - 890 nm
 Escala Fotométrica: Transmitancia 1% T a 99% T
 Reflectancia 0% R a 100% R
 Unidades de Absorbancia 0 a 1



Trazabilidad del Sistema Nacional de Espectrofotometría a la Industria

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

El Espectrofotómetro es caracterizado periódicamente considerando las pruebas y parámetros específicos de influencia, esto permite conocer la precisión y certeza en los resultados de las mediciones. En México existe una conexión directa entre las mediciones y calibraciones realizadas por los Laboratorios de Espectrofotometría del Centro Nacional de Metrología (CENAM) y del National Institute of Standard and Technology (NIST, Gaithersburg USA) que a través de comparaciones internacionales garantizan la solidez de los servicios que estos laboratorios ofrecen a la industria.

Mantenimiento

El mantenimiento del Sistema Nacional se efectúa mediante la aplicación de un control sistemático de los valores obtenidos en diferentes caracterizaciones del equipo así como en comparaciones realizadas utilizando materiales de referencia.
 Las comparaciones proporcionan una valiosa información acerca del buen mantenimiento del Sistema Nacional. Estas comparaciones se han realizado entre: 1) NIST (USA), NRC (Canadá) e INMETRO (Brasil) en la Escala de Longitud de Onda y Fotométrica (%T y Abs) y 2) AIDO (España) en la Escala de %R.

Unidad: nivel de presión acústica (dB referido a 20×10^{-6} Pa)
Realización: es 20 veces el logaritmo de la razón entre la presión acústica medida y la presión acústica de 20×10^{-6} Pa, definida como el umbral auditivo de referencia.
Incertidumbre expandida: Calibradores: 31,5 Hz a 8000 Hz $\leq 0,3$ dB ($k=2$), con un nivel de confianza de aproximadamente 95%.
 sonda: 31,5 Hz a 8000 Hz $\leq 0,6$ dB ($k=2$), con un nivel de confianza de aproximadamente 95%.
 pruebas eléctricas: 16 Hz a 18000 Hz $\leq 0,2$ dB ($k=2$), con un nivel de confianza de aproximadamente 95%.



Patrón de Referencia Nacional para Sonometría

JUSTIFICACIÓN

El sistema de referencia nacional para sonometría es un sistema semi-automático de alta exactitud. Los instrumentos patrón de este sistema son trazables a patrones nacionales (acústicos, también en corriente continua y alterna) y permite alcanzar niveles de incertidumbre comparables a sistemas homólogos en otros países. Los equipos de sonometría son empleados para medir niveles de presión acústica, tanto en ambientes laborales como en ambientes cuyos niveles de ruido afectan la integridad física del ser humano. La existencia de un sistema de referencia nacional para sonometría contribuye a asegurar la efectividad y la uniformidad de las mediciones de ruido realizadas en el país.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

El patrón designado como patrón de transferencia del sistema para calibración de calibradores acústicos, es trazable a los tres micrófonos primarios que constituyen el Patrón Nacional de Acústica.

El calibrador acústico multifuncional y el multímetro digital son considerados como los patrones de referencia para el sistema de calibración de sonda y filtro de banda. El primero es trazable al Patrón Nacional de Acústica y el segundo es trazable al Patrón Nacional de Tensión en CC por Efecto Josephson.

ALCANCE

En el Sistema de referencia nacional para sonometría se realiza la calibración del equipo empleado en mediciones de presión acústica, el cual se compone de un calibrador acústico, un sonda y filtro de banda. En la calibración de los calibradores acústicos se mide el nivel de presión acústica (NPA), la frecuencia y la distorsión de la señal de salida de los calibradores. Se emplea un platón como patrón de trabajo, el cual emite un NPA de referencia de 124 dB @ 250 Hz.

En la calibración de sondas, se realizan pruebas eléctricas y pruebas acústicas. Para realizar las pruebas acústicas, se emplea el calibrador acústico multifuncional como patrón de referencia; éste genera las señales acústicas con ponderación normalizada de acuerdo a la norma IEC 651/1994, en el intervalo de frecuencias de 31,5 Hz a 8000 Hz.



El Sistema de Referencia Nacional para Sonometría como referencia para otras mediciones

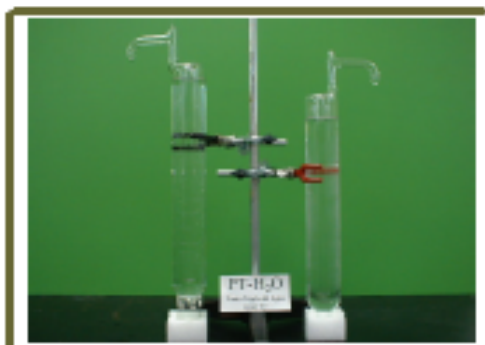
Mantenimiento

El sistema para calibración de calibradores acústicos y el platón patrón se verifican mensualmente. El Nivel de Presión Acústica (NPA) de salida del platón se compara contra uno de los tres platones patrón de referencia. Se lleva un registro de cada verificación. Para el equipo de soporte, se realiza una calibración anual y se lleva un registro diario de las condiciones ambientales del laboratorio. El sistema para calibración de sonda y filtro de banda se verifica periódicamente, desarmándolo con esto el control establecido de las mediciones efectuadas, para asegurar la calidad de las mediciones durante la calibración de los sonda y filtro de banda.

Unidad: kelvin (K)

Realización: La EIT-90 asigna valores de temperatura a 17 estados de equilibrio de 15 sustancias puras, denominados puntos fijos, especifica los termómetros patrón y define las ecuaciones de interpolación. La EIT-90 comprende el intervalo de 0,01 K hasta la temperatura más alta que pueda obtenerse. Los termómetros usados para interpolación son: de gas en el intervalo de 0,01 K a 13,8033 K; de resistencia de platino, en el intervalo de 13,8033 K hasta 1234,93 K; y de radiación, para medir temperaturas mayores a 1234,93 K.

Incertidumbre expandida: Las incertidumbres en los puntos fijos están determinadas por la reproducibilidad de los mismos. A continuación se listan las incertidumbres correspondientes con un factor de cobertura de $k=2$, con un nivel de confianza de aproximadamente 95%.



Punto triple del agua

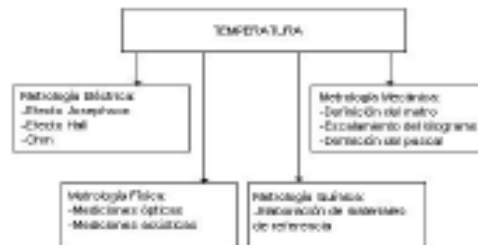
Punto de definición	Incertidumbre
H ₂ O	± 2 × 10 ⁻⁶ K
Ar	± 3 × 10 ⁻⁴ K
Hg	± 1 × 10 ⁻⁴ K
Ga	± 2 × 10 ⁻⁴ K
In	± 2 × 10 ⁻⁴ K
Sn	± 3 × 10 ⁻⁴ K
Zn	± 4 × 10 ⁻⁴ K
Al	± 5 × 10 ⁻⁴ K
Ag	± 1 × 10 ⁻³ K

ALCANCE

La reproducción del kelvin se mantiene mediante un conjunto caracterizado de 17 celdas de punto triple de agua. El CENAM reproduce la EIT-90 en el intervalo de 03,8033 K hasta 1357,77 K mediante las celdas de los puntos fijos de Ar, Hg, H₂O, Ga, In, Sn, Zn, Al y Ag; el uso de termómetros estándar de resistencia de platino de hilo largo y termómetros de radiación y las fórmulas de interpolación de la EIT-90.

APLICACIÓN

El kelvin, la unidad de temperatura termodinámica se define como la fracción 1/273,16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua. Con la finalidad de tener un control estadístico adecuado, es necesario contar con varias de ellas a fin de poder compararse constantemente y, en caso de que las haya, poder detectar las derivas o variaciones. Por otro lado, la temperatura definida por el punto triple del agua, por ser un único punto, es insuficiente para definir la EIT-90. De los 17 puntos fijos de que se compone la escala el CENAM ha construido hasta el momento 9 basándose en los diseños de NRC (Canadá), NIST (EU) y NRLM (Japón). Todos estos puntos han sido objeto de estudio y caracterización y han sido comparados con los correspondientes de otros laboratorios. Con todo este trabajo se asegura que las mediciones de temperatura, indispensables para la materialización de casi cualquier otra magnitud están adecuadamente apoyadas.



INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

Puesto que en el CENAM se cuentan con las celdas de punto fijo prescritas en el texto de la EIT-90, y estas han sido comparadas con patrones internacionales, la Escala de Temperatura del CENAM es no solamente el Patrón Nacional, sino un patrón primario, por lo que constituye el origen de la trazabilidad del país.

Comparaciones Internacionales

Nuestras celdas han sido comparadas con las correspondientes de Alemania, Argentina, BIPM, Brasil, Canadá, Colombia, China, EU, Italia, Jamaica, Panamá, Perú, Taiwan, Turquía y Uruguay.

Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de Mediciones

Actualmente se negocia con EU y Canadá, dentro del marco de NORAMET un acuerdo de reconocimiento mutuo de mediciones.



CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

CNM-PNE-6

Patrón Nacional de Tensión Eléctrica en Corriente Alterna

Unidad: volt (V)
 Realización: el patrón nacional de tensión en c.a. está formado por un conjunto de transferencias térmicas con las cuales se determina el valor eficaz de una tensión.
 Incertidumbre expandida: $\pm 20 \times 10^{-6}$ en el intervalo de audio-frecuencias, $\pm 90 \times 10^{-6}$ a frecuencias de 40 Hz a 1 MHz ($k=2$), con un nivel de confianza de aproximadamente 95%.



Sistema de medición para la intercomparación de Transferencias Térmicas

APLICACIÓN

A medida que la industria requiere de mediciones de mejor exactitud, es función del laboratorio primario contar con los patrones que le den trazabilidad. En México existen laboratorios que cuentan ya con transferencias térmicas de estado sólido.

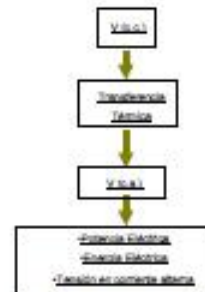
En este año, después de varios procesos de medición, se solicitó la autorización como patrón nacional de tensión en c.a., a un conjunto de termocombinaciones multiránfón tipo planar.

El contar con un patrón de tensión en c.a., con la menor incertidumbre, es muy importante porque esta magnitud de trazabilidad al patrón nacional de Potencia y Energía.

ALCANCE

El patrón nacional de tensión en c.a. está formado por un conjunto de transferencias térmicas de estado sólido con un alcance de medición de 500 mV a 1000 V a frecuencias de 40 Hz a 1 MHz, con la siguiente incertidumbre:

Tensión (V)	$(k=2)$					
	40 Hz	100 Hz	500	1000	100 kHz	1 MHz
0.1	30	30	30	30	30	30
1	30	30	30	30	30	30
10	30	30	30	30	30	30
100	30	30	30	30	40	-
1000	30	30	30	30	30	-



El Patrón Nacional de Tensión en c.a. como referencia para otras mediciones

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

Una transferencia térmica es un dispositivo de dos puertos que permite establecer la diferencia $(U_{a.c.-d.c.})$ entre el valor eficaz de una tensión en corriente alterna (V en c.a.), desconocida, y el valor eficaz de una tensión en corriente continua (V en c.c.), conocida. De esta forma, el valor de tensión en c.a. se conoce a partir de la relación: $V \text{ en c.a.} = V \text{ en c.c.} \cdot (1 + F_{a.c.-d.c.})$

El patrón nacional de tensión en c.a. es trazable, en la diferencia c.a.-c.c. $(U_{a.c.-d.c.})$, al National Institute of Standards and Technology de E.U. (NIST), y es trazable al patrón nacional de tensión en c.c. en cuanto a la referencia de tensión en c.c. (V en c.c.)

Mantenimiento

El mantenimiento del patrón de tensión en c.a. se lleva a cabo realizando intercomparaciones periódicas entre dos transferencias térmicas, con el fin de conocer la deriva en el tiempo y la estabilidad de la diferencia c.a.-c.c. propia de cada transferencia. Por otra parte el patrón empleado para medir la tensión en c.c. es un multímetro de alta exactitud calibrado periódicamente contra patrones trazables al efecto Josephson.

Trabajo a futuro

En un futuro próximo, con la reciente adquisición de patrones multiránfón, caracterizados en colaboración con el Physikalisch Technische Bundesanstalt de Alemania (PTB), se podrá reducir la incertidumbre de medición de $\pm 20 \times 10^{-6}$ a $\pm 2 \times 10^{-6}$ en el intervalo de audio-frecuencias y se obtendrá independencia en la recalibración de las transferencias térmicas.

Además se ampliará el intervalo de medición en baja tensión, de 200 mV a 2 mV, para frecuencias de 40 Hz a 1 MHz, empleando técnicas de escalamiento.

Unidad: segundo (s)
Definición: el segundo: unidad de tiempo del Sistema Internacional de unidades, SI, es la duración de 9 192 631 770 periodos de la radiación asociada a la transición hiperfina del estado base del átomo de cesio 133.
Reproducción: el patrón nacional de tiempo reproduce el segundo del SI usando técnicas de espectroscopia de radio frecuencia de súper alta resolución de haces atómicos de cesio 133.
Incertidumbre expandida: $\pm 1 \times 10^{-10}$ (k=2, con un nivel de confianza de aproximadamente 95%).



Patrón Nacional de Tiempo

APLICACIÓN

La medición de tiempo con una incertidumbre menor a 1 μ s, es muy importante en sistemas de telecomunicaciones, navegación, generación y distribución de energía eléctrica, y también para las actividades de metrología primaria e investigación básica. En la metrología moderna, la unidad de tiempo sirve como base para la definición y realización de otras unidades del SI, como el volt, la unidad de tensión, que se realiza por medio del efecto Josephson, el cual necesita como referencia una frecuencia patrón.

Con el objeto de disminuir la incertidumbre del patrón nacional de tiempo, el CENAM realiza un proyecto para la construcción de un reloj atómico, utilizando técnicas de enfriamiento de átomos de cesio por luz láser de 852 nm, en el cual se espera conseguir una incertidumbre relativa del orden de 1×10^{-15} .

INFORMACIÓN ADICIONAL

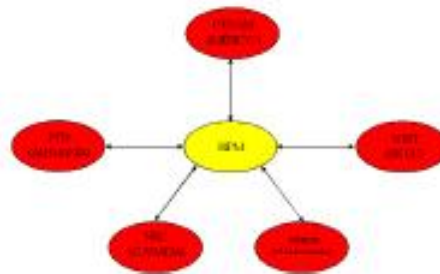
Trazabilidad

El patrón nacional de tiempo se mantiene en comparación internacional permanente con otros 47 laboratorios nacionales alrededor del mundo. Esta comparación se coordina a través de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, BIPM, y con ella los laboratorios participantes obtienen trazabilidad mutua. Así pues, el patrón nacional mexicano de tiempo obtiene trazabilidad a los patrones de tiempo mantenidos por laboratorios participantes.

Por otra parte, esta participación permite la contribución del CENAM a la generación del Tiempo Universal Coordinado, UTC, el cual constituye una referencia internacional de tiempo.

ALCANCE

La exactitud del patrón nacional de tiempo se determina, entre otros medios, por radio en la Cd. de México (XEQK, 1360 kHz en AM), por teléfono (Tiempo del Centro: (42) 110606, Tiempo de la Montaña: (42) 110607, Tiempo del Pacífico (42) 110508, Tiempo Universal Coordinado (42) 153902), y por calibración de osciladores. La calibración de osciladores se realiza en el intervalo de frecuencias de 1 Hz hasta 1 GHz. La calibración de osciladores atómicos de cesio, de rubidio o de cristal de cuarzo se realiza empleando un sistema de medición que tiene una incertidumbre de 1×10^{-14} .



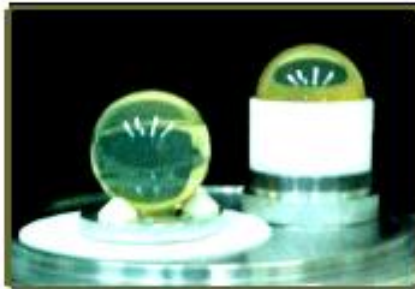
Comparación Internacional de los patrones nacionales de tiempo, coordinada por la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, BIPM.

Mantenimiento

Con el objeto de garantizar la continuidad en la generación del segundo patrón y de la escala de Tiempo Universal Coordinado del CENAM, UTC(CENAM), se mantienen en operación continua 6 relojes atómicos, los cuales son intercomparados, segundo a segundo, para conocer tanto el desempeño relativo, como el desempeño respecto a patrones nacionales de otros países.

El reloj de mayor estabilidad de este conjunto es seleccionado como el patrón nacional de tiempo, el cual se compara internacionalmente usando la Técnica de Vista Común empleando los satélites GPS (Global Positioning System) de acuerdo al itinerario de observaciones para el Oeste de Norte América propuesto por el BIPM.

Unidad: kilogramo por metro cúbico (kg/m^3)
 Realización: El patrón Nacional de Densidad es un par de esferas fabricadas en zirconio cuyos valores de masa y volumen a 20°C se encuentran caracterizados. Las esferas están identificadas como Z-01 y Z-02.
 Incertidumbre relativa: $\pm 2 \times 10^{-6} (\text{p}=\pm 1)$



Par de Esferas fabricadas en Zirconio Z-01 y Z-02

ALCANCE

Con el Sistema de Pesada hidrostática se pueden realizar mediciones de densidad trazables al Patrón Nacional de Densidad en líquidos desde 650 kg/m^3 hasta $2\,000 \text{ kg/m}^3$ y en sólidos desde $2\,200 \text{ kg/m}^3$ hasta $21\,000 \text{ kg/m}^3$.

El sistema de pesada hidrostática está diseñado para realizar mediciones de cualquier líquido (inocuo para las esferas) y en sólidos cuya masa sumergida no rebase los 900 g debido al alcance de medición de la balanza comparadora de masa.



El Sistema de pesada hidrostática del Patrón Nacional de Densidad

APLICACIÓN

La densidad es una magnitud física importante en la industria, ciencia, ingeniería, y tecnología. Determinaciones de densidad de líquidos y sólidos son realizadas con propósitos tecnológicos, comerciales, fiscales y científicos.

Para garantizar la exactitud y comparabilidad de las mediciones de densidad deben enlazarse a los patrones nacionales de esta misma magnitud, y éstos a su vez a los patrones de masa y longitud respectivamente.

El Patrón Nacional tiene como objetivo otorgar trazabilidad a las mediciones de densidad de sólidos y líquidos que se realizan en el país.

La densidad del Patrón Nacional de Densidad está caracterizada con una incertidumbre relativa de aproximadamente un décimo de la incertidumbre relativa de la densidad del agua (referencia anterior de densidad), lo cual representa la posibilidad de obtener densidades de sólidos y líquidos con incertidumbres relativas de igual nivel que el agua pura, esta situación otorga la ventaja de calibrar instrumentos para la medición de densidad con líquidos de diferentes valores de densidad que actualmente se calibran únicamente con agua.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

El par de esferas de zirconio Z-01 y Z-02 son trazables a patrones primarios de densidad pertenecientes al Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania y éstos a su vez a los patrones nacionales de masa y de longitud alemanes.

Mantenimiento

El mantenimiento del Patrón Nacional de Densidad consiste en seguir un programa de calibración, así como la participación en comparaciones de medición entre laboratorios nacionales extranjeros con sistemas de igual o mayor nivel de exactitud.

Unidad: humedad relativa (%HR), temperatura de punto de rocío (°C)
 Realización: Se consigue mediante un generador de humedad que opera siguiendo el principio fundamental de dos presiones. La realización actual permite la medición de humedad en gases.
 Alcance: 10 %HR a 95 %HR; 0 °C a 54 °C en temperatura de punto de rocío
 Incertidumbre: ±0,2%HR a ±1,5%HR; ± 0,08 °C en temperatura de punto de rocío (k=2, con un nivel de confianza de aproximadamente 95 %).



Patrón Nacional de Humedad

DESCRIPCIÓN

El Patrón Nacional de Humedad, está descrito por las magnitudes de humedad relativa y temperatura de punto de rocío, se realiza mediante un generador de humedad que opera siguiendo el principio fundamental de dos presiones. Este principio consiste en hacer circular aire seco a alta presión (aproximadamente 1,5 MPa) en un saturador en el cual se encuentra a temperatura y presión controlada, posteriormente el aire saturado se hace circular a través de una válvula de expansión, donde se reduce la presión del aire hasta aproximadamente la presión atmosférica. Finalmente el aire se circula hacia una cámara de prueba. Las mediciones de presión y temperatura, tanto en el saturador, como en la cámara, nos permiten determinar, usando relaciones de gases ideales, la cantidad de vapor de agua que contiene el aire en la cámara de prueba. La cantidad de vapor de agua puede expresarse como humedad relativa o temperatura de punto de rocío.

APLICACIÓN

El patrón nacional de humedad se ha establecido con el fin de dar trazabilidad a las mediciones de humedad que se realizan en el país. La humedad junto con la presión y la temperatura son las magnitudes mayormente medidas y controladas en la industria, por lo cual resulta imperante contar con patrones que permitan dar confiabilidad a las mediciones de estas magnitudes. El principio con el que opera este sistema de humedad, lo hace totalmente confiable y compatible con patrones de otros países, de la misma manera, la incertidumbre con la que fue establecido el patrón nacional de humedad permite garantizar la trazabilidad de las mediciones de la industria nacional.



El Patrón Nacional de Humedad como referencia para la calibración de otros instrumentos

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

El patrón nacional de humedad tiene trazabilidad documentada al patrón nacional de temperatura a través de la Escala Internacional de Temperatura de 1990, y al patrón nacional de baja presión, mantenidos en el CENAM.

Mantenimiento

El mantenimiento del patrón nacional de humedad se efectúa mediante la calibración periódica de los sensores de temperatura y presión tanto en el saturador como en la cámara de prueba. De la misma manera se requiere calibrar el medidor de flujo másico para garantizar la saturación del aire seco. Otros aspectos que se cuidan para garantizar y mantener la incertidumbre del sistema son: la calidad del agua del saturador, el nivel de agua y los filtros de aceite y agua. Actualmente se prepara una comparación internacional con el Laboratorio Nacional de Alemania (PTB) que finalizará para el año 2002, durante ese mismo año se iniciará una comparación con el Laboratorio Nacional de Corea (KRISS).

Patrón Nacional de Potencia Electromagnética en Alta Frecuencia

Unidad: watt (W)
Realización: El patrón nacional de potencia electromagnética en alta frecuencia, consiste de un montaje de termistor mantenido a temperatura controlada y operado por un puente del tipo NIST IV, el cual proporciona la polarización de corriente continua para el termistor y, a la vez, mantiene el homo del montaje a una temperatura controlada.
Incertidumbre relativa: $\pm 0.25\%$ a $\pm 0.80\%$ ($k=2$), con un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.



Patrón Nacional de Potencia Electromagnética en alta frecuencia; montaje de termistor a temperatura controlada.

ALCANCE

El patrón nacional de potencia electromagnética opera en el intervalo de frecuencia de 10 MHz a 18 GHz, en un nivel de potencia de 1 mW. La Eficiencia Efectiva indica qué porcentaje de la potencia aplicada realmente se disipa en el termistor, y es la magnitud que se calibra en los sensores y medidores de potencia electromagnética basados en termistores. El Factor de Calibración (Cal Factor), incluye el Coeficiente de Reflexión del sensor, y es la magnitud de más uso para sensores y medidores de potencia, y se define en términos de la Eficiencia Efectiva. El patrón de transferencia es un montaje de termistor con características similares a las del patrón nacional, pero cuenta además con un divisor de potencia, que permite realizar la transferencia del factor de calibración a otros dispositivos, tales como montajes de termistor, sensores de potencia, medidores de potencia, entre otros.

APLICACIÓN

Actualmente en México, no se cuenta con laboratorios secundarios acreditados en la medición de potencia electromagnética, por lo que es urgente y necesario dar trazabilidad a la industria mexicana en este campo. Puesto que se trata de un patrón con trazabilidad documentada hacia un laboratorio nacional de gran prestigio como lo es el NIST, se puede dar apoyo a la industria mexicana que requiere exportar sus productos a mercados internacionales. Es un patrón con las más altas atribuciones metroológicas como son estabilidad, mínima variabilidad ante variaciones en las condiciones ambientales, incertidumbre, etc. A diferencia de lo que sucede con termistores comerciales convencionales, que pueden ser muy dependientes de la temperatura, el termistor patrón con que se cuenta está contenido permanentemente dentro de un recinto sellado y en condiciones estrictamente controladas de temperatura, con lo cual se logra que tenga una dependencia mínima del exterior.



El Patrón Nacional de Potencia Electromagnética como referencia en la calibración de diversos instrumentos.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

El patrón nacional, hasta este momento, tiene trazabilidad documentada al patrón nacional del National Institute of Standards and Technology (NIST), del Departamento de Comercio de los Estados Unidos de Norteamérica, el cual consiste de un microcalorímetro de RF. Un microcalorímetro es un instrumento que mide la elevación de temperatura de un montaje balométrico conectado al microcalorímetro. En los microcalorímetros coaxiales, el incremento de temperatura del montaje se mide con una termopila, y se determinan, para cada frecuencia de medición, las tensiones de salida del medidor de potencia y el desarrollado por la termopila bajo dos condiciones. Actualmente, el CENAM tiene como proyecto la construcción de un microcalorímetro propio, para reducir de manera significativa la incertidumbre de medición del actual patrón nacional.

Mantenimiento

El mantenimiento del patrón nacional de potencia electromagnética en alta frecuencia se efectúa mediante la aplicación de un control estadístico de la tensión de polarización del termistor así como del valor del factor de calibración en el intervalo de frecuencia de operación, a través de calibraciones periódicas. Se espera en el futuro próximo realizar intercomparaciones internacionales con otros institutos nacionales de metrología.

Unidad: henry (H)
Realización: Consiste en la medida del valor de tres inductores patrón con núcleo toroidal no magnético, que tienen un valor nominal de 10 mH a una frecuencia de 1 kHz, a temperatura ambiente. El valor del patrón nacional de inductancia tiene un valor definido por el valor promedio del conjunto.
Incertidumbre relativa: $\pm 0,002$ mH ($k=2$), con un nivel de confianza de aproximadamente 95%



Patrón Nacional de Capacitancia

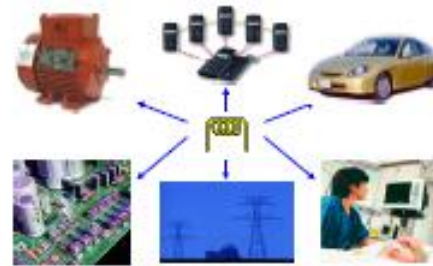
DESCRIPCIÓN

Con el patrón nacional, se dispone de una capacidad de medición de inductancia que cubre el intervalo comprendido entre 100 μ H (10^{-4} H) y 10 H empleando patrones de inductancia de alta estabilidad y coeficiente térmico de $(\pm 30 \pm 10)$ μ H/°C. Los patrones con valor nominal de 1 mH a 10 H son calibrados a dos terminales, mientras que los patrones con valor nominal de 100 μ H son calibrados a seis terminales para permitir la medición de la inductancia paralela presente en las terminales del inductor.

El valor de calibración de los inductores está referido a una temperatura de 23 °C, la cual es medida con un termómetro digital con sensores de resistencia de platino con resolución de 0,001 °C.

APLICACIÓN

En México existen sectores productivos que requieren medir inductancia para verificar el cumplimiento de especificaciones de producto terminado, como motores eléctricos, generadores, bobinas, transformadores, líneas de transmisión de energía y/o datos, componentes eléctricos y electrónicos, etc. En la industria se emplean también inductores inductivos, que permiten medir parámetros de calidad o proceso, que requieren ser calibrados y/o caracterizados. Existe además un conjunto de laboratorios de calibración secundarios, que exigen servicios de calibración de inductancia de alta exactitud. Los sectores productivos y de servicio que requieren medir inductancia requieren servicios de calibración apoyados en un patrón nacional de inductancia confiable, que reúna las características necesarias que ello requiere, respetando así los esquemas actuales de sistemas de calidad que exigen trazabilidad a patrones de referencia reconocidos.



El Patrón Nacional de Inductancia en la Industria y la ciencia.

INFORMACIÓN ADICIONAL

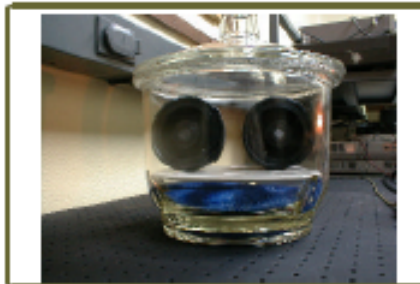
TRAZABILIDAD

El patrón nacional de inductancia es trazable a la unidad de capacitancia reproducida y mantenida en el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de la República Federal Alemana. La reproducción de la unidad de capacitancia en el PTS se lleva a cabo por medio de un capacitor calculable tipo Thompson-Lampard, cuyo valor depende de mediciones diferenciales de longitud. La transferencia de la unidad de capacitancia a la de inductancia se lleva a cabo por medio de un puente tipo Maxwell-Wien, el cual emplea un capacitor con dieléctrico de gas de 1 nF (10^{-9} F) como referencia. La medición de temperatura de los inductores del patrón nacional de inductancia se trazable al patrón nacional de temperatura mantenido en el CENAM.

MANTENIMIENTO

El mantenimiento del patrón nacional de inductancia se lleva a cabo por medio de la intercomparación periódica de los tres inductores patrón, empleando un puente RLC digital con resolución de 1 μ HV, y llevando un control estadístico periódico de cada inductor. Con base en un total de siete mediciones de uno de los inductores del patrón nacional de inductancia realizadas por el PTB de 1995 a 1999, se ha encontrado que la estabilidad de este inductor es de $(\pm 2 \pm 10)$ μ H/año. El sistema de intercomparación periódica y control estadístico ha permitido estimar que la estabilidad del mismo inductor durante el año 2000 fue de $(\pm 1 \pm 5)$ μ H/año.

Unidad: A / W
 Realización: Conjunto de dos detectores de silicio con trazabilidad al Patrón Nacional de Flujo Radiante del CENAM (Radiómetro Criogénico).
 Incertidumbre relativa: $\pm 0,74 \times 10^{-2}$ ($k=2$)



Patrón Nacional de Respuesta Espectral
(Detectores de silicio)

APLICACIÓN

Se llama respuesta espectral de un detector al cociente de la señal que llega al detector entre la señal que sale de él. La señal de entrada es un haz de luz de una longitud de onda definida y de una potencia constante, la cual se mide en watt (W). El detector por su parte responde a la incidencia de luz con una señal eléctrica de salida, fotocorriente (A), la cual es amplificada y medida con un multímetro convencional. Las unidades de la respuesta espectral son A / W.

Si se conoce la respuesta espectral de un detector entonces se puede emplear para medir potencia óptica o alguna de sus variantes radiométricas. Cada detector tiene su propia respuesta espectral, ésta debe ser medida en forma individual. Aún entre detectores del mismo tipo, su respuesta espectral varía ligeramente. El Patrón Nacional de respuesta espectral tiene aplicación en áreas como la fotometría y la colorimetría. En estas dos áreas de la radiometría se emplean detectores con una respuesta espectral prediseñada con filtros de color. Por lo anterior la medición exacta de su respuesta espectral resulta vital para la obtención de resultados confiables.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

El patrón nacional de respuesta espectral es trazable al patrón nacional de flujo radiante del CENAM (Radiómetro criogénico) en la unidad del watt (W), y es trazable a los patrones nacionales de resistencia eléctrica (Ω) y de tensión eléctrica (V) en la unidad del amperio (A). La forma en que están vinculados se puede apreciar en el diagrama de trazabilidad presentado a la derecha.

ALCANCE

La respuesta espectral de estos detectores dependen de la longitud de onda de la luz incidente. Aunque la respuesta espectral de estos detectores definen un alcance que va desde 0,1 A / W hasta 0,5 A / W en un alcance de longitud de onda de 250 nm a 1100 nm, el sistema de medición permite trabajar en un alcance de longitud de onda de 300 nm a 2400 nm con un alcance en respuesta espectral que depende del detector a ser calibrado.

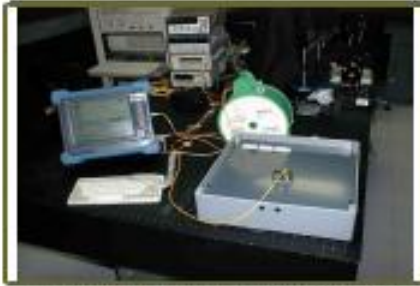


Trazabilidad del Patrón Nacional de Respuesta Espectral

Mantenimiento

Los detectores de silicio presentan una deriva en su sensibilidad por envejecimiento de aproximadamente 0,1% anual, por lo que se tiene un programa de recalibración anual del patrón nacional. Adicionalmente, éste se mantiene en un desecador de vidrio donde se almacena bajo condiciones de limpieza y humedad relativa baja.

Unidad: dB
 Realización: Fibra óptica monomodo con trazabilidad a patrones nacionales del NPL (National Physical Laboratory) del Reino Unido.
 Incertidumbre: ± 0.036 dB ($k=1$).



Patrón Nacional de Atenuación Espectral de Fibra Óptica Monomodo

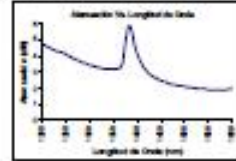
APLICACIÓN

Medir la atenuación de una red de fibra óptica es muy importante para aquellos que instalan o dan mantenimiento a redes de comunicaciones basadas en fibra óptica. Existen varios instrumentos que pueden ser utilizados para este fin. Sin embargo, el OTDR (Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo) es el más empleado ya que en la medición sólo se requiere un extremo de la fibra lo cual hace que dicha medición sea fácil y rápida. Además, este instrumento es capaz de medir otras características relacionadas con la atenuación, tales como pérdidas de retorno debido a dispositivos que se encuentran instalados en la red.

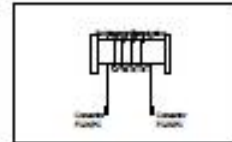
La aplicación del Patrón Nacional de Atenuación Espectral de Fibra Óptica Monomodo se enfocada, específicamente, en la calibración de la escala de atenuación de los OTDR's.

ALCANCE

El Patrón Nacional de Atenuación Espectral de Fibra Óptica Monomodo del CENAM está formado por una fibra óptica del tipo monomodal, la cual está caracterizada en atenuación espectral, basándose en la técnica de corte. La medición de la atenuación espectral comprende un valor puntual dentro de un alcance de 1 200 nm a 1 800 nm en pasos de 5 nm, esto quiere decir que la fibra óptica posee un valor de atenuación específico a cada longitud de onda como se observa en la gráfica inferior.



Atenuación espectral del Patrón Nacional



Fibra de fibra óptica monomodo caracterizada en atenuación espectral Longitud = 10 km.

Trazabilidad del Patrón Nacional de Atenuación Espectral de Fibra Óptica Monomodo

INFORMACIÓN ADICIONAL

Trazabilidad

El Patrón Nacional de Atenuación Espectral de Fibra Óptica es trazable a patrones primarios del NPL (National Physical Laboratory) en el Reino Unido. La caracterización de este patrón se basa en la medición de la atenuación espectral de una fibra óptica monomodo utilizando el método de corte. Además, se mide la uniformidad de la atenuación de la fibra con la ayuda de un OTDR caracterizado en linealidad.

Mantenimiento

Debido a que este patrón está formado por una fibra óptica (elemento pasivo), los cambios que se pueden presentar durante un tiempo dado, son mínimos y generalmente despreciables; por esto, el periodo de recalibración que se ha estimado para este patrón, de acuerdo al uso de un laboratorio nacional, es de 4 años.

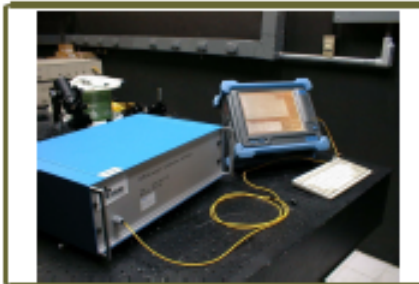


Centro Nacional de Metrología

CNM-PNF-8

Patrón Nacional de Longitud en Fibra Óptica Monomodo de 1 km a 200 km

Unidad: m
Realización: Línea de retardo recirculante con trazabilidad a patrones nacionales del NPL (National Physical Laboratory) del Reino Unido.
Incertidumbre: a 0,5 m (Bobina de fibra óptica de entrada) y a 0,5 m (Bobina de fibra óptica de lazo). $k=2$



Patrón Nacional de Longitud en Fibra Óptica Monomodo (Línea de retardo recirculante)

APLICACIÓN

Las fibras ópticas son vitales para una sociedad donde la principal preocupación es la información. La habilidad para transportar la información eficientemente es de gran relevancia para el bienestar y desarrollo de la sociedad. Sin lugar a duda, las fibras ópticas han revolucionado las redes de comunicación.

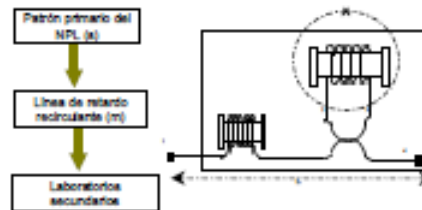
La longitud de una fibra óptica juega un papel muy importante para quienes hacen uso de éstas, principalmente en la instalación y uso de redes de comunicación a través de fibra óptica. La medición de la longitud de una fibra óptica se realiza mediante un instrumento llamado OTDR (Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo). El Patrón Nacional de Longitud en Fibra Óptica Monomodo está diseñado para realizar la calibración de la escala de distancia de un OTDR.

Trazabilidad

El Patrón Nacional de Longitud en Fibra Óptica es trazable a patrones primarios del NPL (National Physical Laboratory) en el Reino Unido. La caracterización de este patrón se basa en la medición del "tiempo de vuelo" de un pulso de luz que viaja en la fibra óptica tanto en la de entrada como en la del lazo de la línea de retardo recirculante.

ALCANCE

El Patrón Nacional de Longitud de Fibra Óptica Monomodo del CENAM está formado por una Línea de Retardo Recirculante, la cual consta de una bobina de entrada de longitud: 2 276,9 m @ 1 310 nm y 2 277,8 m @ 1 550 nm y una bobina de fibra óptica de lazo de longitud: 12 937,4 @ 1 310 nm y 12 942,0 m @ 1 550 nm. El alcance típico de medición de un OTDR es de 1 km a 200 km, mismo que es cubierto por el patrón; sin embargo, existen equipos con alcances mayores a 200 km, y mientras la estabilidad del equipo bajo calibración sea suficiente pueden ser calibrados con trazabilidad a este Patrón Nacional.



Trazabilidad del Patrón Nacional de Longitud en Fibra Óptica Monomodo

INFORMACIÓN ADICIONAL

Mantenimiento

Debido a que este patrón está formado por elementos pasivos (fibra óptica de entrada, acoplador, fibra óptica de lazo, etc.), los cambios que se pueden presentar durante un tiempo dado, son mínimos y generalmente despreciables; por esto, el periodo de recalibración que se ha estimado para este patrón, de acuerdo al uso de un laboratorio nacional, es de 4 años.