



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
" A R A G O N "

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

FALLA DE ORIGEN

"EL LABORATORIO DE METROLOGIA ESTANDAR,
PRIMERA HERRAMIENTA EN EL ASEGURAMIENTO
DE LA CALIDAD".

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
LUIS MANUEL ALBA REGALADO

DIRECTOR DE TESIS: ING. JUAN GASTALDI PEREZ



ESTADO DE MEXICO

MARZO 1995



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVIACIÓN DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ARAGÓN
DIRECCION

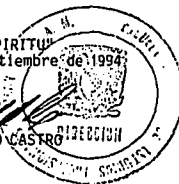
LUIS MANUEL ALBA REGALADO
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 26 de septiembre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. JUAN GASTALDI PEREZ pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado " EL LABORATORIO DE METROLOGIA ESTANDAR, PRIMERA HERRAMIENTA EN EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD ", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Mex., 27 de septiembre de 1994
EL DIRECTOR

M. en A. GERARDO C. MERRIFIELD CASTRO



c c p Lic. Alberto Ibarra Rosas, Jefe de la Unidad Académica.
c c p Ing. Raúl Barrón Vera, Jefe de la Carrera de Ingeniería
Mecánica Eléctrica.
c c p Ing. Juan Gastaldi Pérez, Asesor de Tesis.

CCMC'AIR'11a.

Con todo mi amor dedico este trabajo, especialmente, a mis padres, **Mireya e Ignacio** como una muestra de agradecimiento y admiración por todo lo que han hecho por mi. "**Gracias Viejos**".

A mis hermanas, **María, Verónica, Diana y Nely**, por que las quiero mucho.

A todos y cada uno de mis compañeros y amigos de escuela: **Bogart, Irma, Toño, Charly, Gerardo (Puchi), José Luis (Fresa), Aron, Lalo (Escrupy), Sara, Isela, Emma, Alfredo (Jeison), Oscar (Angustias)**.

Al Instituto de Investigaciones Eléctricas.

A todos y cada uno de mis amigos y compañeros de aventuras, **Juan (Flaco), Jorge, Joel (Camello), Pedro (Perico), Gabriel (Gabi), Alejandro (Huevo)**.

A mi novia **Astrid**, por su amor, comprensión, apoyo, motivación..., y compañía. "**Gracias**".

A la familia **Blanco Medel**, por su ayuda e interés mostrado durante la realización de este trabajo. Especialmente a la señora **Carmen**.

A los ingenieros que me apoyaron y motivaron a desarrollarlo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme recibido en su seno y permitido mi formación profesional.

A la familia **Amezcuea** por su linda Amistad.

EL LABORATORIO DE METROLOGÍA ESTÁNDAR, PRIMERA HERRAMIENTA EN EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.

INDICE

INTRODUCCIÓN

I	Planteamiento del problema	1
II	Objetivo	2
III	Generalidades.....	2

CAPÍTULO 1 LA METROLOGÍA COMO HERRAMIENTA DE LA CALIDAD.

1.1	Antecedentes.....	5
1.2	Importancia de los laboratorios como herramienta de la calidad en las Industrias ...	5
1.3	Normalización.....	6
1.3.1	Los diferentes niveles de Normalización	10
1.4	Aseguramiento de la calidad con los laboratorios.....	12
1.5	Ventajas prácticas de tener una buena calidad a través de los laboratorios de medición.....	13

CAPÍTULO 2 GENERALIDADES DE LOS LABORATORIOS DE METROLOGÍA ESTÁNDAR APLICADOS AL ÁREA ELÉCTRICA

2.1	Antecedentes.....	14
2.2	Descripción general de un laboratorio de Metrología Normalizado o Estándar.....	19
2.3	Principales variables eléctricas que se manejan.....	23
2.4	Instrumentación básica de un laboratorio de Metrología eléctrica.....	23
2.5	Conceptos básicos que deben considerarse	28

CAPÍTULO 3 REQUISITOS PARA EL ACREDITAMIENTO DE UN LABORATORIO DE METROLOGÍA.

3.1	Antecedentes.....	35
3.2	Principales organismos que rigen la Metrología en el país (cadena de laboratorios de metrología)	35
3.3	La Ley Federal sobre Metrología y Normalización (Características generales).....	44
3.4	Guía para obtener la autorización de un laboratorio de metrología	45

**CAPITULO 4
CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS EN LA MEDICIÓN DE VARIABLES
ELÉCTRICAS.**

4.1	Antecedentes.....	53
4.2	Aspectos y requisitos que se consideran al realizar una calibración.....	53
4.2.1	Patrones de referencia	55
4.2.2	Periodos recomendables para realizar una calibración	69

**CAPITULO 5
"IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE METROLOGÍA".**

5.1	Antecedentes.....	76
5.2	Función y especificación del laboratorio de Metrología eléctrica (Organización)	76
5.3	Diseño del cuarto del laboratorio (Medio Ambiente).....	80
5.4	Instrumentos y equipo de referencia	88
5.5	El personal encargado del laboratorio	93
5.6	El manejo de resultados, registro y control de las calibraciones.....	94
5.7	El manejo del equipo	98
5.8	El manual de calidad.....	101
5.8.1	Procedimientos de calibración y medición.....	103
5.9	Perspectivas de desarrollo	116
	CONCLUSIONES.....	117
	APENDICE A	118
	BIBLIOGRAFIA	122

INTRODUCCION

I. Planteamiento del problema

En la actualidad, las tendencias mundiales están exigiendo una transformación en el desarrollo económico de los diversos países. El objetivo de dicha transformación es afrontar la apertura del libre mercado que ha sido resultado de la puesta en marcha de tratados comerciales como el Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT)¹, y el Tratado de Libre Comercio para América del Norte (TLCAN)².

Las tendencias del libre mercado van encaminadas a asegurar la calidad de la producción a partir de la implantación de los siguientes programas:

- **METROLOGÍA**
- **NORMALIZACIÓN**
- **PRUEBAS Y ENSAYOS**
- **DOCUMENTACIÓN**
- **CONTROL Y**
- **CERTIFICACIÓN**

Con el manejo de estos programas se busca ofrecer confiabilidad, calidad y garantía en la producción de servicios, con el fin de poder competir contra los grandes consorcios mundiales y afrontar la apertura del mercado mundial.

De los programas antes mencionados, el principal es la Metrología, ya que, a partir de ella, se establecen diferentes tipos de laboratorios (de pruebas, de investigación, de control de calidad, escolares, etc.) en los cuales se pueden construir instrumentos, así como observar y controlar los diversos fenómenos que se presentan, con el fin de

¹ GATT (Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio, incluyendo los acuerdos sobre Agricultura y Textiles).

Sus negociaciones se iniciaron en 1986 y concluyeron el 15 de diciembre de 1993 con la participación de 116 países. Dentro de sus objetivos, se busca profundizar la apertura comercial a nivel mundial, reforzar y dar transparencia a las reglas de comercio. Los acuerdos de este organismo se instrumentarán a partir del 1 de enero de 1995. Y serán controlados por la Organización Mundial de comercio (OMC) que sustituye al GATT.

² TLCAN (Tratado de Libre Comercio para América del Norte).

Se concluyeron sus negociaciones en 1993 y entró en vigor a partir del 1 de enero de 1994. En este acuerdo se pretende obtener un acceso estable en las negociaciones, mediante reducción de aranceles, y el establecimiento de reglas que permitan reciprocidad al flujo comercial entre los países involucrados (México-Canadá-E.U)

Para obtener mayor información sobre el GATT el TLCAN y otros tratados comunicarse a los teléfonos: 211-34-05; 211-35-45; 211-08-72; 211-19-07. Fax: 224-30-00.

garantizar el control de calidad de un producto, su diseño, su venta, y por consiguiente, un mejor desarrollo económico.

En muchas empresas la preocupación por el establecimiento de los diferentes programas de calidad es tardía, con lo cual nuestro país queda en una situación por demás desventajosa. Es necesario afrontar los retos y cambios que se presenten para hacer posible el ingreso de México a la apertura comercial. Esta es la razón del presente trabajo en el cual se tratará, en sus diversos aspectos, el primer programa de aseguramiento de la calidad: "Metrología"³.

En muchas actividades apenas se está incursionando en el establecimiento de laboratorios de Metrología estándar que hagan más objetiva la calidad de la producción y no existe información estructurada y concreta, ni se conocen abiertamente los procedimientos que emplean, estructuraciones, requisitos, necesidades, ni los organismos que los controlan.

Por esto es necesario realizar un trabajo que englobe información importante sobre los laboratorios de Metrología estándar. Dicha información deberá presentar un panorama real, objetivo, y concreto sobre los mismos e indicar su importancia y perspectivas.

Con el desarrollo de este trabajo no se pretende cubrir todas las áreas de la Metrología, ni todos los elementos que la constituyen -Termometría, Tiempo y Frecuencia, Masa, Volumen, Presión, Acústica entre otras- pues lo extenso de cada una de ellas no lo permitiría; por lo que se enfocará únicamente hacia el área eléctrica y, principalmente, a la calibración de instrumentos.

II Objetivo de la tesis

Este trabajo pretende ser una introducción específica sobre la implementación de un laboratorio de Medición estándar aplicado al área eléctrica. Explicaré su importancia, perspectivas, desarrollo, mantenimiento, calibración de instrumentos, características, campo de trabajo, elementos básicos y organismos que los controlan, para proporcionar al lector un punto de partida que le permita cubrir uno de los programas de aseguramiento industrial básico: la Metrología, como herramienta de la calidad

³ Aseguramiento de la Calidad: Es el conjunto de acciones previamente preparadas y necesarias para dar confianza de que un producto o servicio cumple con las exigencias de la calidad.

III Generalidades

Desde la antigüedad las mediciones han jugado un papel fundamental en el desarrollo de la cultura de los pueblos. Al principio se realizaron en función de las condiciones del medio pero, a medida que se desarrollaron, la necesidad de medir se volvió fundamental, y abrió paso al desarrollo de diversos tipos de laboratorios. En la industria, por ejemplo, las mediciones se emplean al aplicar sistemas que supervisan la calidad en las diferentes etapas del proceso productivo y los elementos que intervienen en él. En la escuela son un elemento imprescindible del proceso educativo, durante el cual se relacionan la teoría con la práctica. En la investigación son también un apoyo importante.

Hoy en día, cualquier actividad se fundamenta en algún proceso de medición, pues es el único medio para conocer, observar y controlar los diversos fenómenos que se presentan.⁴

Si en los tiempos modernos existe una enorme competencia a nivel nacional e internacional para la comercialización de productos industriales, en el futuro cercano será cada día mayor. Para que una empresa se mantenga en la competencia y además amplíe sus oportunidades de mercado es indispensable que compita con productos de calidad certificada y debidamente avalada por laboratorios, también con calidad certificada. De ahí la importancia del tema de este trabajo.

A continuación expongo unas breves notas concernientes al orden del material del texto.

En el primer capítulo se habla de la importancia que hoy en día tiene el establecimiento de políticas de calidad, cuyo apoyo sólido es la metrología que, como ya mencioné, es el primer programa de aseguramiento de la calidad de servicios. Asimismo se hace énfasis en la importancia que tiene la metrología como herramienta de la calidad, para lo cual se rige con la normalización nacional e internacional, que permitirá proporcionar a los clientes un servicio de óptima calidad. Se podrán manejar así, tres aspectos fundamentales en el desarrollo de las actividades: **Metrología- Calidad de productos- Modernización industrial,**

El segundo capítulo está enfocado, propiamente, a describir los laboratorios de metrología estándar en el área eléctrica, su importancia, sus características, los elementos básicos que los constituyen, las principales variables que manejan, los

⁴ Proceso de medición: Es aquel; mediante el cual se determinan los valores en prueba, de tal manera que obtengamos suficiente información, que permita conocer y controlar el comportamiento de objetos bajo prueba.

servicios que prestan, los objetivos que persiguen y la importancia de la instrumentación.

En el capítulo 3, se tratan los aspectos legales que deben cubrir los laboratorios para estar acreditados y poder garantizar su servicio. Además, se habla de los principales organismos que rigen la Metrología en México. El objetivo de este capítulo es presentar un panorama general sobre el acreditamiento de laboratorios y hablar sobre los instrumentos, los recursos humanos y la tecnología, elementos que permitirán realizar mediciones de muy alta confiabilidad para asegurar resultados absolutamente confiables.

El capítulo 4 se trata concretamente de las funciones específicas que tiene un laboratorio: la calibración de instrumentos, vital en el desarrollo de cualquier actividad donde se emplean instrumentos de medición.

En el capítulo 5, se habla sobre la implementación de un laboratorio de Metrología e Instrumentación, tomando de referencia un laboratorio en el Instituto de Investigaciones Eléctricas Salazar, Edo. de México. Este capítulo habla de los elementos que integran un laboratorio y las características que debe tener para su posible implementación: cuarto del laboratorio, instrumentación, personal encargado, procedimientos de operación, apoyo de computadoras, y perspectivas de desarrollo, entre otros. Se aportan, además, algunas recomendaciones.

Finalmente se proporciona un apéndice con direcciones de algunos de los laboratorios de Metrología eléctrica que existen en el país hoy en día y que están debidamente certificados.

Este trabajo plantea, en general, algunas perspectivas encaminadas al manejo de mecanismos que garanticen la calidad de la producción, fundamentada principalmente en la Metrología como herramienta de la calidad.

CAPÍTULO 1

LA METROLOGÍA COMO HERRAMIENTA DE LA CALIDAD.

1.1 ANTECEDENTES.

Como se mencionó anteriormente, la comercialización de productos industriales, tanto a nivel nacional como internacional, se intensifica día con día, debido a la apertura del libre mercado. Ante esta situación, para que una empresa se mantenga en la competencia y además amplíe sus oportunidades de mercado, es indispensable que compita con productos de calidad certificada. Para ello debe involucrar políticas sólidamente establecidas a través de un sistema metrológico. Este sistema permitirá medir y evaluar la producción mediante instrumentos, materiales y procedimientos, enfocados a cubrir, primariamente, las necesidades de los clientes, sus requisitos, especificaciones y demandas en general.

Es por ello que este capítulo se enfoca a hablar de: **La Metrología como herramienta de la calidad.**

1.2 IMPORTANCIA DE LOS LABORATORIOS COMO HERRAMIENTA DE LA CALIDAD EN LAS INDUSTRIAS.

La masificación de productos y servicios en muchas áreas -por ejemplo, aparatos electrodomésticos, computadoras, equipo electrónico en general, automóviles, servicios bancarios, hoteles- han provocado que se acentúen los procesos de estandarización y de calidad en casi todos los campos de la actividad económica productiva mundial.

Para el logro de estos procesos, dentro de cualquier empresa que preste un servicio, es deseable la existencia de un sistema metrológico, mediante el cual se pueda demostrar qué tan bueno es un producto o un servicio, y garantizar su calidad¹.

Está comprobado que es a partir de los laboratorios como se logra obtener calidad en las industrias, porque es en función de ellos que se establecen especificaciones y atributos en los productos, al evaluar con instrumentos, con materiales y con

¹ Brian Rutery dice que la "Calidad es un propósito conveniente que tiene por objetivo satisfacer los requerimientos de un producto en función de las exigencias del cliente". En el mundo cada día más clientes exigen calidad, por lo que se buscan constantemente diversos mecanismos, como el de la metrología, que cumplan con sus exigencias.

procedimientos perfectamente establecidos las expectativas, preferencias, especificaciones, necesidades y gustos del cliente.

Se debe mencionar también que, para el logro de la calidad, la metrología usa como estrategia a la normalización, tema del siguiente punto.

1.3 NORMALIZACIÓN.

La apertura de Mercados Regionales e Internacionales, la confirmación de bloques comerciales, los tratados, el desarrollo tecnológico, la masificación de productos y servicios en muchas áreas, han provocado que se acentúen los procesos de estandarización o normalización. Así pues resulta indispensable saber manejar el concepto de normalización ya que, con él, se busca obtener una igualdad de oportunidades en el mercado y lograr un mejor equilibrio económico y un comercio más equitativo.

El uso de la normalización es muy importante en cualquier actividad donde se preste un servicio ya que, una vez conseguida la calidad a través de los laboratorios, el siguiente paso es comprobar efectivamente, a través de normas, las características cualitativas y cuantitativas especificadas en la fabricación del producto para poder certificarlo y garantizarlo.

Existe una gran variedad de definiciones sobre lo que es una Norma y sus implicaciones. Resumiendo varias de ellas podemos concluir que:

Norma es un conjunto de especificaciones (las especificaciones cuando son aceptadas por una autoridad se convierten en normas) reglas o recomendaciones en torno a la calidad, la forma y las dimensiones de los productos industriales. Las normas son esenciales en casi cualquier clase de actividad técnica y científica, ya que aseguran a los consumidores la uniformidad y confiabilidad de los productos.

El Dr. L. Verma, Director del Instituto de Normas Hindúes (1947-1955), establece que una norma esta compuesta por tres elementos:

- El dominio
- El aspecto, y
- El nivel de normalización.

Estos tres elementos pueden representarse mediante una pirámide tridimensional (ver figura 1.1), en el denominado Espacio de Normalización.

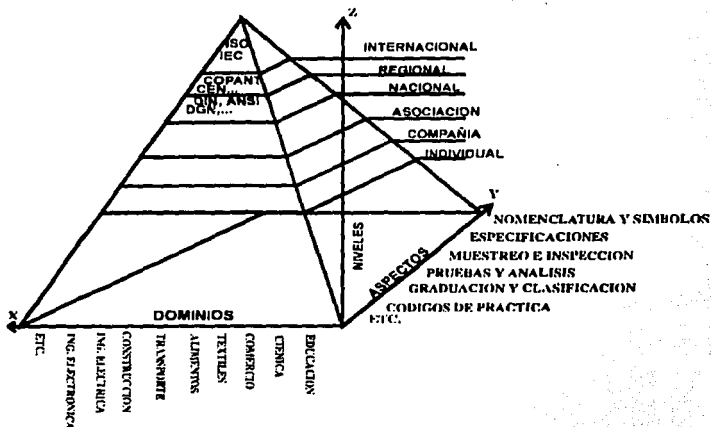


Figura 1.1 Representación piramidal del espacio de Normalización.²

Es conveniente aclarar que en esta figura se establece una estructura de normalización, a través de un mecanismo ideado solamente para ilustrarla en forma más clara .

En la figura 1.1 se pueden observar los tres elementos en los que se constituye una norma:

a) El Dominio

Esta representado por el eje X de la figura. Implica todo lo referente a materiales, temas y productos que son objeto de la normalización. Las normas operan en dominios tan diversos como la educación, la ciencia, el comercio, o la ingeniería. En cualquiera de ellos el papel que desempeñan va dirigido a los siguientes campos:

i) Economía global.

ii) A la seguridad, la salud, la protección al consumidor, y la protección al medio ambiente.

² Amaya, Jorge. *La Necesidad de la Normalización*. UPICSA-IPN. México D.F. ,1988. Pág. 13.

iii) Al establecimiento de una buena comunicación entre productor y consumidor.

Y de acuerdo a su aplicación en los campos anteriores, las normas pueden emplearse de cuatro formas:

- Por obligación
- Por conveniencia
- Por convicción
- Por competencia

b) El Aspecto

Está representado por el eje-Y. Los aspectos son los requisitos que deben satisfacer un tema de normalización, es decir, son el contenido de una norma para conformar su estructura final.

De acuerdo a su contenido, las características más importantes que señalan las normas son:

Dimensiones: En este aspecto, aseguran el intercambio de productos, y controlan que las dimensiones de ellos sean idénticas no importando quién o dónde se fabriquen.

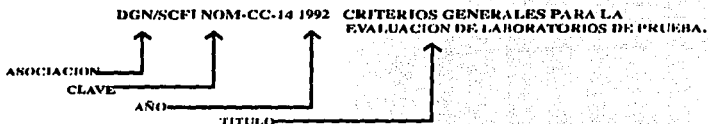
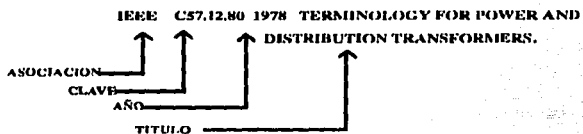
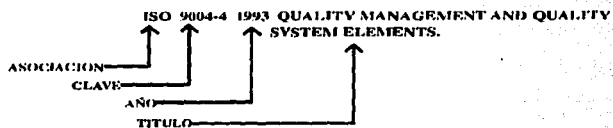
Calidad: Ellas se encargan de asegurar que los productos sean adecuados para el propósito que se diseñaron.

Métodos de Prueba: En este aspecto deben asegurar que los materiales y componentes cumplan con los requerimiento de calidad.

Terminología: En este se normalizan términos utilizados en un campo específico del conocimiento.

Códigos de Práctica: Incluyen reglas que aseguran la correcta instalación y mantenimiento de equipo.

De acuerdo con este contenido podemos identificar una norma generalmente bajo la siguiente nomenclatura: con el nombre abreviado de la asociación, clave, año y título, ejemplos:



c) El Nivel de Normalización

Está representado por el eje Z y es el que proporciona a la norma el nivel de autoridad sobre el cual ella ejercerá su acción. Los niveles de normalización en orden decreciente son:

- i) Normalización Internacional.
- ii) Normalización Regional.
- iii) Normalización Nacional.
- iv) Normalización de una Asociación
- v) Normalización de una Empresa.

Es importante destacar los 3 primeros niveles de normalización, ya son ellos los que controlan directamente los intercambios comerciales.

1.3.1 LOS DIFERENTES NIVELES DE NORMALIZACIÓN.

LAS NORMAS INTERNACIONALES

Estas representan el nivel más alto de la pirámide de normalización (ver figura 1.1). Tienen carácter suficiente para aplicarse en diversas partes del mundo.

Actualmente existen organizaciones muy fuertes en normalización Internacional: La ISO (Organización Internacional de Normalización); la IEC (Comité Internacional de Electrotecnia), fundada en 1906, se encarga de regular los trabajos en materia de electrónica y electricidad; el ILAC (Congreso internacional de Acreditamiento de Laboratorios). Estas organizaciones trabajan conjuntamente y sus publicaciones se conocen como Normas Internacionales.

Las Normas Internacionales tienen como objetivo primordial favorecer al desarrollo de las actividades de la normalización en el mundo, facilitando el intercambio internacional de bienes y servicios para dar paso a la cooperación en las esferas intelectuales, científicas, tecnológicas y económicas.

En la elaboración de una Norma Internacional se involucra tanto a fabricantes, como a consumidores, autoridades, organismos de investigación, centros de enseñanza y otros organismos Internacionales, Regionales y Nacionales. Para ello se elabora un anteproyecto que se remite como DIS (Draft International Standard), el cual es revisado por un comité técnico representante, para después de ser aprobado, hacerlo circular por todos los organismos miembros y sometido a votación. Si el 75% de los votos están a favor de la DIS, ésta es aceptada para su publicación como Norma Internacional.

Hoy en día, la ISO es una organización muy fuerte en materia de normalización internacional, por ser el directriz de la serie de normas conocidas como ISO 9000 (normas que se emplean en el aseguramiento de la calidad). La ISO fue creada en Londres, Inglaterra, en 1946 por representantes de más de 25 países. A la ISO se agrupan cada día más países, entre ellos México, a través del "Comité Mexicano para la atención de la ISO", creado el 7 de febrero de 1992, con el cual México participa en la elaboración de normas mundiales ISO, emitiendo dictámenes y observaciones a los anteproyectos.

En la actualidad, de acuerdo a las tendencias de libre comercio, las normas ISO están cobrando carácter de obligatorias.³

LAS NORMAS REGIONALES

Han adquirido una gran importancia en las últimas tres décadas. Se apoyan en los organismos que se encuentran, por conveniencia, dentro de una misma región geográfica y establecen intercambios o tratados sobre intereses comunes, políticos o económicos, además de que conjugan esfuerzos para fomentar la normalización en materia Internacional y Nacional.

LAS NORMAS NACIONALES

Rigen el comercio interno de los productos de un país y son desarrolladas por un organismo especialmente creado para ello. Este organismo es el responsable de la formulación de las normas que se conocen como "Normas Nacionales" y tiene la obligación de conciliar intereses de los diversos sectores que se involucren en ello. Tratan de reducir las importaciones y fomentar las exportaciones.

En nuestro país el Gobierno Federal creó, en el año de 1943, la Dirección General de Normas (DGN), a la cual se le dio la facultad para manejar la propagación, conservación, y vigilancia del Sistema Nacional de Pesas y Medidas, así como también para la elaboración de las Normas Mexicanas (NOM); junto con los sectores Públicos y Privados: dependencias de la Administración Pública Federal, industriales, comerciantes, investigadores y consumidores.

La Norma Oficial Mexicana se conoce como NOM. Esta contiene características o especificaciones que deben cumplir aquellos productos y procesos del Mercado Nacional. La Ley Federal sobre Metrología y Normalización es el marco jurídico que reglamenta la expedición y el cumplimiento de la NOM. Esta Norma es publicada por la SECOFI (Secretaría de Fomento y Comercio Industrial) en el Diario Oficial de la Federación.

"Hasta junio de 1987 la DGN había generado 4800 normas NOM, de las cuales sólo aproximadamente 80 se consideraban como normas obligatorias"⁴. A partir de 1992 se comienza a dar un mayor peso a la normalización al adquirir ciertas obligaciones frente al GATT, el TLC y otros acuerdos comerciales con diversos países. Se

³ Para obtener información sobre estas normas se puede acudir a la biblioteca de la Dirección General de Normas ubicada en Puente de Tecamachalco N°6. Sección Fuentes, Lomas de Tecamachalco, 53950, Naucalpan de Juárez, Edo. De México.

⁴ Cortés Islas, Ma. Eugenia. *Normalización de los insumos Químicos de la Industria Petrolera*. Ponencia del tercer Seminario IIE-IMP-ININ. Junio de 1987.

restringió la aplicación de carácter obligatorio a tres casos: a las que contribuyan a la protección de la salud y seguridad del consumidor, a las que proporcionen información al consumidor, y a las que proporcionen protección ecológica.³

Las Normas Oficiales Mexicanas se publican bajo la siguiente nomenclatura:

NOM-004-SCFI-1994

Son de carácter obligatorio y existen de diversos tipos: NOM-J, NOM-I, NOM-Z, NOM-D. Tienen el objetivo de contribuir al desarrollo de México, ya que tratan de darle transparencia al comercio en el territorio Nacional, Regional e Internacional.

Adicionalmente a estas normas se expiden normas voluntarias que se identifican por las siglas NMX-CC, con el objeto de fomentar la calidad y la competitividad mexicana en los Mercados Nacionales e Internacionales.

Nota: Todos los términos, conceptos, estructuras e información que se manejan en este trabajo están basados en normas: "La clave de la competitividad Nacional e Internacional está en el cumplimiento de las normas".

1.4 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD CON LOS LABORATORIOS.

Hasta aquí ya se ha mencionado la importancia de los laboratorios de Metrología como herramienta de la calidad, y la influencia de la normalización para poder con ella obtener calidad comprobada. Debe aclararse que este capítulo no pretende hacer un tratado sobre normalización y mucho menos sobre calidad, más que nada está enfocado a esclarecer la importancia que tienen los laboratorios de Metrología e Instrumentación como herramienta de la calidad aplicando la normalización para ello.

La Metrología es muy importante en la sociedad moderna porque el éxito de las acciones a tomar depende en gran medida de la confiabilidad de los datos que aporta. Lo que permite a los países ir de la mano de la calidad al establecerse intercambios comerciales, y tener una buena apertura comercial que les ayude a desarrollarse.

³ Para obtener mayor información sobre las reglamentaciones obligatorias y las diferentes normas NOM, es necesario consultar el Programa Nacional de Normalización en su publicación más reciente en la SECOFI: Av. Puente de Tecamachalco Nº 6 1er piso. Col. Lomas de Tecamachalco, Sección 6. Naucalpan de Juárez, Edo. de México. 53950. TEL: 540 38 42 y 540 16 19.

Japón es un caso claro. El gran desarrollo económico de este país está basado en el control total de la calidad. Los japoneses antes de establecer una cultura de calidad, partieron de una cultura metrológica con la que pudieron medir y mejorar diversas actividades. En la industria, por ejemplo, partieron de comparar un producto extranjero, midiendo su funcionalidad, su dureza, su resistencia, su color, su temperatura, sus dimensiones, su comportamiento en diversas circunstancias, y lograron mejorarlo, para producir los suyos con muchas mejores garantías que otros.

En pos de la modernización es necesario fomentar la calidad de los productos y la base sólida para lograrlo estará en la Metrología. Ésta no sólo permitirá mejorar la calidad si no que también nos informará en qué forma se están elaborando los productos, qué contenido tienen y qué características, para poder mejorarlos cuantitativa y cualitativamente.

1.5 VENTAJAS PRÁCTICAS DE TENER UNA BUENA CALIDAD A TRAVÉS DE LOS LABORATORIOS DE MEDICIÓN.

Debemos comprender que la calidad es a los laboratorios como los laboratorios son a la calidad, y de la calidad depende la satisfacción del cliente. Para lograr esta satisfacción es muy importante no descuidar los programas de aseguramiento que permitan mantener la efectividad en las industrias. También es fundamental una buena estructuración del laboratorio y todo lo que éste implique, según sus necesidades, para que funcione eficientemente y se obtengan ventajas en aspectos como:

La Administración

Si mediante los laboratorios de medición se asegura la calidad de la producción, en la empresa se darán cambios en la administración que permitirán mejorar la organización, reducir costos y dar mejor atención al cliente.

Comercialmente

Con los laboratorios de medición se ofrece confiabilidad en el proceso de producción, asegurando que los productos estén perfectamente garantizados y certificados, lo cual permite ingresar, sin temor, a la apertura comercial.

Los siguientes capítulos harán referencia, específicamente, a las características importantes de los laboratorios de Metrología.

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES DE LOS LABORATORIOS DE METROLOGÍA ESTÁNDAR APLICADOS AL ÁREA ELÉCTRICA.

2.1 ANTECEDENTES

Desde la antigüedad las mediciones han jugado un papel fundamental en el desarrollo de la humanidad. En nuestra era, cualquier actividad, ya sea científica o tecnológica, recurre siempre a algún proceso de medición. Inclusive, muchos autores afirman que el adelanto de las civilizaciones ha sido consecuente de su capacidad para medir.

En un principio, la necesidad de medir se presentaba en función de las condiciones del medio, pero con el desarrollo de las civilizaciones se vuelve fundamental y da origen a laboratorios, normas, estándares y sistemas de unidades de medición; es así como se fundamenta la metrología, que es la ciencia encargada del estudio de todos los sistemas de medida que están presentes en las actividades cotidianas del hombre. Esta ciencia es la que nos permite garantizar el resultado de toda actividad, ya que gracias a ella podemos comparar en forma real el desarrollo de un producto. Así pues, establecer un sistema metroológico o emplear alguno de los elementos que lo componen es indispensable actualmente para enfrentar la competencia en el libre mercado.

Una gran cantidad de elementos constituyen el sistema metroológico. Los elementos básicos son los siguientes:

Elementos básicos
de un Sistema Metroológico

- a) Campo de aplicación
 - Laboratorios de Investigación.
 - Laboratorios Industriales.
 - Laboratorios Escolares.
- b) Medición
- c) Instrumentación
- d) Calibración

a) El campo de aplicación.

Junto a los programas de aseguramiento de la calidad -metrología, normalización, pruebas y ensayos, control y documentación-, en el mundo industrial está surgiendo y acentuándose el uso de diversos tipos de laboratorios en todos los campos de la Ciencia y la Tecnología, como en la Mecánica, la Termometría, en el Tiempo y Frecuencia, la Fotometría, la Fuerza, las Dimensiones, las Masas, las Presiones, el Volumen, la Electricidad, la Electrónica, la Acústica, la Química.

- El laboratorio de investigación

Este laboratorio dedica su actividad a la realización de pruebas de investigación, evaluación de productos, calibración de instrumentos y medición de variables en algún proceso.

- El laboratorio industrial

Tiene su origen en la industria moderna. Su función básica es la de aportar soluciones, por medio de pruebas a los materiales y productos para asegurar su calidad. En la industria se puede contar con 3 subclasificaciones diferentes:

- el Laboratorio de Control de Calidad
- el Laboratorio de Investigación (desarrollo de nuevos productos), y
- el Laboratorio de Servicio al Cliente.

- El Laboratorio Escolar

Este laboratorio es un elemento imprescindible en el proceso del aprendizaje. Facilita la adquisición del conocimiento práctico, reafirmando el conocimiento teórico asimilado en el salón de clases.

En cualquiera de estos laboratorios, la metrología juega un papel importante, por ejemplo: tenemos la Figura 2.1, en la cual podemos observar como, en un proceso industrial, se involucra una etapa de medición para tener efectividad en la producción, ya que, mediante ella, se pueden supervisar las diferentes etapas del proceso productivo, prever cambios, evaluar materiales, establecer límites de producto, etc.

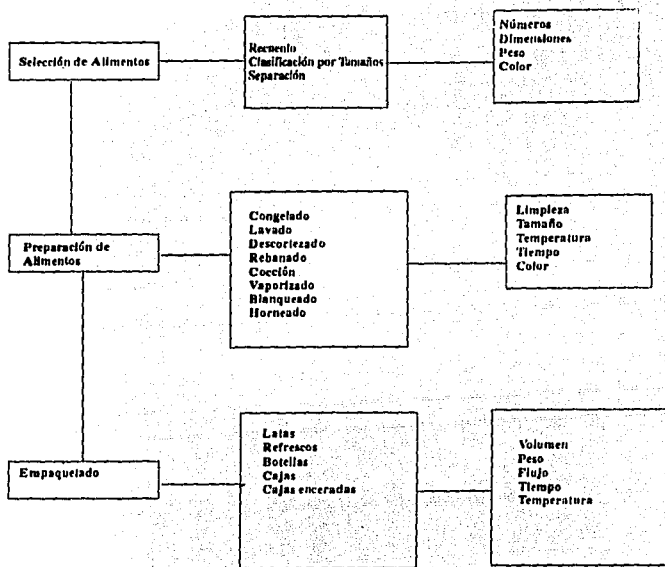
PROCESO**OPERACIÓN****MEDICIÓN Y CONTROL**

Fig. 2.1 Requisitos básicos de instrumentación y control en la industria de elaboración de alimentos.

b) Medición

Una de las operaciones fundamentales de la metrología es la medición, que es el conjunto de operaciones experimentales que tienen por objeto: 1) entender y evaluar correctamente un fenómeno natural, 2) diseñar y desarrollar máquinas, 3) practicar actividades de producción, 4) mejorar el desempeño económico y 5) preservar el ambiente social y geofísico. La medición tiende a comprender los objetos cualitativa y cuantitativamente, a través de los diferentes métodos de medida (ver figura 2.2).

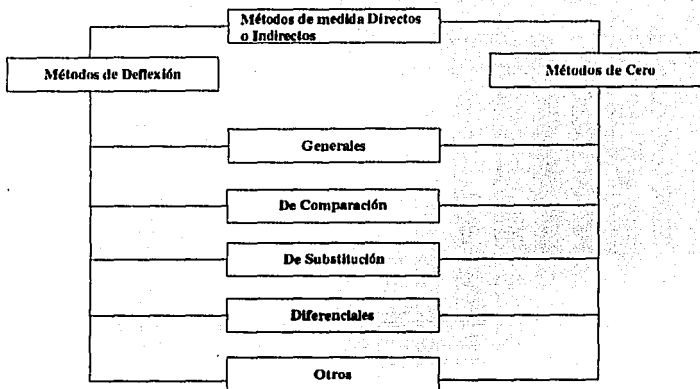


Fig.2.2 Métodos de medida.

Método Directo: Es el método de medición en que el valor de la magnitud a medir se obtiene directamente, en forma preferente a la medición de otras magnitudes relacionadas funcionalmente con la magnitud a medir.

Método Indirecto: Método de medición en donde el valor de la magnitud a medir es obtenido a partir de mediciones de otras magnitudes relacionadas funcionalmente con la magnitud a medir.

Método General: Método de medida en donde el valor de la magnitud a medir es obtenido a partir de la definición de la unidad de la magnitud a medir.

Método de Comparación: Método de medición en el cual la magnitud a medir es comparada directamente con una magnitud de la misma naturaleza, mediante un valor conocido.

Método de Substitución: Método de medición en el que la magnitud a medir es remplazada por otra de la misma naturaleza de valor conocido, elegida de tal manera que los efectos sobre los dispositivos indicadores sean los mismos.

Método Diferencial: Método de medición en que la magnitud a medir es comparada con una de la misma naturaleza y de valor conocido, solo ligeramente diferente al valor de la magnitud a medir, y en el cual la diferencia entre los dos valores es la medida.

Método por Cero: Método de medición en el cual el valor de la magnitud a medir es determinado por equilibrio, al ajustar una o varias magnitudes de valores conocidos, ligadas a la magnitud a medir por una relación conocida de equilibrio.¹

La aplicación de estos métodos involucra la realización de las mediciones de acuerdo a un principio establecido, y dependerá de cada necesidad específica, su posible aplicación; por ejemplo: en la industria se emplean el método directo e indirecto, mediante el uso de instrumentos o el cálculo de resultados.

c) Instrumentación

Sabemos que para medir se necesita de un instrumento. Pues bien, es la instrumentación la que hace posible la producción en masa; permite establecer y mantener límites superiores e inferiores, conseguir y conservar la calidad con que se identifica lo que se está realizando, así como controlar variables en un proceso o sistema, de forma tan exacta como sea necesario.

d) Calibración

Esta es muy importante en la metrología, porque, a través de ella, se aseguran las condiciones de funcionamiento de un instrumento. Este aspecto se trata con mayor profundidad en el capítulo cuatro. Sin embargo, cabe mencionar que la "calibración" constituye uno de los elementos más importantes del sistema metrológico, y que existe un laboratorio destinado específicamente a realizar este servicio. Este se conoce como laboratorio estándar de metrología o laboratorio de calibración. Corresponde a este capítulo mostrar un panorama general de él, ya que se pretende, en otra sección de esta tesis, la implementación de uno de ellos, aplicado al área eléctrica.

¹ Tomados de la norma Norm-Z-55-1986". VOCABULARIO DE TÉRMINOS FUNDAMENTALES Y GENERALES DE METROLOGÍA".

2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN LABORATORIO DE METROLOGÍA NORMALIZADO O ESTÁNDAR.

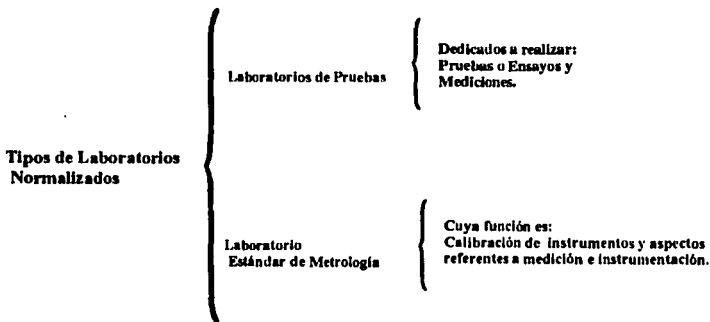
Los laboratorios son el lugar en donde se llevan a cabo las diversas funciones de la metrología.

“Un laboratorio es una sala, local o edificio que está equipado con delicados y sofisticados instrumentos de medición que pueden ser, eléctricos, electrónicos y electromecánicos; asociados con transductores, sensores y otros elementos, que son empleados para realizar alguna medición, investigación científica, análisis químicos pruebas y calibraciones”².

En materia eléctrica se involucran tres operaciones:

- Prueba o ensayo
- Mediciones, y
- Calibraciones

De estas operaciones se derivan dos tipos de laboratorios



1) Laboratorio de pruebas:

² Fellow, Singh. "Maintenance and Calibration of Equipment at a standards Laboratory". Vol. 71, Febrero 1991, pag. 108.

Dedicado a realizar pruebas o ensayos y medición de variables. Mediante la prueba o ensayo se determinan las características o capacidades de un producto (material, objeto, máquinas y aparatos) que tiene finalidad propia.

Existen diversos tipos de pruebas o ensayos:

Ensayo de investigación.

Está íntimamente ligado a la experimentación, y consiste en la reproducción de un fenómeno dado, en el cual se han controlado todos los parámetros que influyen en su desarrollo.

Ensayo industrial.

Este es objeto de normalización, ya que verifica con normas que el producto responda a las necesidades para las cuales fue creado. Se puede clasificar en:

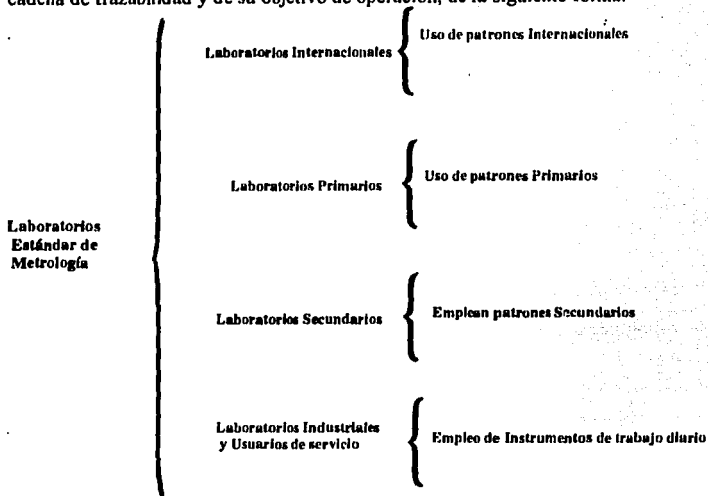
- a) Pruebas de diseño o de investigación de un producto.
- b) Pruebas de evaluación o de prototipo.
- c) Pruebas de control de calidad, que hoy son muy importantes, por buscar la competitividad y eficiencia de los productos o servicios.

En nuestro país existen diversos tipos de laboratorios de pruebas, como el de la Comisión Federal de Electricidad (LAPEM) y el de la División de Sistemas Eléctricos, Instituto de Investigaciones Eléctricas. En ellos se da apoyo a los productores de equipos eléctricos, mediante la prueba o ensayo industrial, para la certificación de sus productos.

2) Laboratorio de Metrología estándar:

Dedicado a la calibración de instrumentos. Es este tipo de laboratorio del que trata este trabajo. El laboratorio de metrología estándar tiene por objetivo proporcionar todos los servicios esenciales, para mantener la precisión, uniformidad y confiabilidad en todos los equipos de medición en cualquier lugar del país. Son laboratorios de muy alta jerarquía porque sus patrones de medición son utilizados como punto de referencia para la calibración de instrumentos.

Los laboratorios de metrología estándar se clasifican en función de una cadena de trazabilidad y de su objetivo de operación, de la siguiente forma:



Un laboratorio estándar de metrología es el que, por sus características, presta servicios de calibración a los diferentes usuarios de instrumentos y basan, como se puede ver en el cuadro sinóptico anterior, su principio de operación en patrones de medición :

Un patrón de medición es, físicamente, un dispositivo de muy alta precisión que se emplea como referencia en la calibración y que puede ser de dos tipos:

-pasivos, es decir, que no tienen energía propia y necesitan de una fuente externa, por ejemplo, décadas de resistores, inductores, capacitores.

-activos, que cuentan con una fuente interna y se conectan de alguna forma para medir alguna señal, por ejemplo, un voltímetro digital de alta precisión o un calibrador digital.

Estos patrones se clasifican en:

- a) Patrones internacionales.

- b) Patrones primarios.
- c) Patrones secundarios.
- d) Patrones de trabajo.

Los **“patrones internacionales”** se definen por acuerdos internacionales, y representan las unidades de medida con la mayor exactitud que permite la tecnología de medición. Estos se evalúan periódicamente con mediciones absolutas y no están disponibles como instrumento de uso ordinario para propósito de comparación o calibración.

Los **“patrones primarios”** se encuentran en los laboratorios de patrones nacionales. Representan unidades fundamentales y algunas de las unidades mecánicas y eléctricas derivadas. Se calibran independientemente por medio de mediciones absolutas que se comparan entre sí para obtener una representación promedio mundial. Estos patrones son los que se emplean para la comparación o verificación de los patrones secundarios. Este nivel involucra elementos pasivos, fuentes estándar, pilas patrón y algunos patrones de frecuencia.

Los **“patrones secundarios”** son los patrones básicos de referencia. Prestan servicio de calibración a los laboratorios industriales y de investigación. Existen laboratorios encargados para ello específicamente o en las industrias se cuenta con patrones de medición con los que se realiza la calibración. Los patrones secundarios por lo general se envían periódicamente a los laboratorios primarios para su calibración. En este nivel secundario se emplean muchos patrones de tipo activo y algunos patrones pasivos.

Los **“patrones de trabajo”** son las herramientas principales de un laboratorio de medición. Es donde se localiza la gran cantidad de instrumentos que se emplean a diario en muchas operaciones, mediciones, y servicios. Es el área de la instrumentación en la cual se presta mayor atención en el mantenimiento y calibración de instrumentos.

Estos patrones y los respectivos laboratorios, forman lo que se conoce como cadena de trazabilidad, que consiste en el establecimiento, mediante los patrones de una cadena ininterrumpida, de comparaciones entre laboratorios. En esta cadena de trazabilidad los laboratorios secundarios son importantes por dedicarse a cubrir la calibración de muchos instrumentos industriales. Estos laboratorios secundarios se integran por laboratorios de metrología y personas físicas autorizadas para realizar servicios de calibración con respaldo oficial. Esta autorización la logran después de cubrir los requisitos, mediante los cuales se garantiza que cuentan con los recursos humanos,

materiales, tecnológicos y de organización para realizar su trabajo; ello les permite otorgar certificados que respalden toda actividad en la cual se realice una medición.

Hoy en día, en las industrias se están implementando toda una serie de laboratorios secundarios, encaminados a fortalecer, (ver capítulo 1) la calidad en la producción; colaborando además a mantener la continuidad, efectividad y calidad en la medición de variables en sus diversas aplicaciones.

La información referente a los requisitos que necesita cubrir un laboratorio para ser acreditado, los organismos que controlan el Sistema Nacional de Metrología, y los elementos que componen la cadena de trazabilidad, se explican en el siguiente capítulo.

2.3 PRINCIPALES VARIABLES ELÉCTRICAS QUE SE EMPLEAN.

Por la naturaleza de las aplicaciones de la energía eléctrica, los laboratorios de metrología referidos a esta área, se encargan de calibrar los diversos instrumentos que se emplean para medir las magnitudes que intervienen en ella. Estas magnitudes se dividen en varias clases:

a) *Magnitudes eléctricas*: intensidad de corriente, fuerza electromotriz, tensión, resistencia eléctrica, potencia activa y potencia reactiva.

b) *Magnitudes que no son de naturaleza eléctrica pero que se miden por procedimientos eléctricos*: intensidad de campo, inducción magnética, magnitudes luminotécnicas, intensidad luminosas y flujo luminoso.

c) *Magnitudes mecánicas que deben determinarse en el estudio de máquinas eléctricas*: potencia mecánica y par.

d) *Magnitudes no eléctricas pero en cuya medida se emplean procedimientos total o parcialmente eléctricos*: temperatura, presión, humedad, frecuencia, etc.

2.4 INSTRUMENTACIÓN BÁSICA DE UN LABORATORIO DE METROLOGÍA ELÉCTRICA.

La instrumentación es fundamental en cualquier tipo de laboratorio, ya que en función de ella se pueden medir, observar y controlar el estado de los fenómenos que allí se llevan a cabo.

La medición de variables eléctricas puede realizarse a través de dispositivos que dan directamente el valor de las magnitudes que se miden. Estos son conocidos como instrumentos de medición.

En la actualidad, existe en el mercado una gran diversidad de instrumentos, que comprenden una gran cantidad de modelos, tipos y marcas con numerosos aditamentos, y realizar una clasificación de ellos resulta un tanto complicada, ya que lo mismo pueden emplearse como aparatos e instrumentos de prueba y medición, que como instrumentos para el control de procesos, como aparatos y equipos especializados para la enseñanza, así también como aparatos y equipos de laboratorio. Pero una clasificación general puede realizarse mediante los siguientes criterios:

a) Por su principio de operación se clasifican en analógicos y digitales.

Analógicos: sabemos que vivimos en un mundo cuyas dimensiones varían de forma continua o análoga a lo largo del tiempo. La temperatura, la presión, el voltaje, la corriente, etc., son parámetros físicos que a través del tiempo toman una infinita cantidad de valores que se pueden medir mediante instrumentos analógicos. Estos son aparatos de medición que determinan el valor de una magnitud en forma continua o lineal y suelen ser aparatos indicadores que mediante una aguja indican la magnitud medida o registradores que anotan gráficamente el comportamiento de una magnitud eléctrica en el curso del tiempo. Estos instrumentos analógicos comprenden una gran variedad de aparatos y operan en función de ciertos principios por ejemplo:

Instrumentos de bobina móvil.- Son instrumentos cuya operación depende de la reacción entre la corriente en la bobina móvil y el campo de un imán permanente.

Instrumentos de imán móvil.- Son instrumentos en los cuales una o varias bobinas fijas forman un campo magnético y accionan un imán o un sistema de imanes móviles.

Instrumentos electrodinámicos.- Son instrumentos en los cuales se hace uso de la fuerza ejercida entre bobinas fijas y móviles que llevan corriente y no contienen material ferromagnético en el circuito magnético.

Instrumentos de inducción.- Son instrumentos que utilizan el efecto de circuitos inductivos fijos los cuales inducen corrientes en elementos móviles.

Digitales: los instrumentos digitales son aparatos de medición que proporcionan una señal de salida o indicación en forma numérica y pueden ser instrumentos integradores, registradores, indicadores.

Un instrumento digital opera sobre pulsos discretos o continuos. La figura 2.3 ilustra un diagrama a bloques de un instrumento digital básico. En ésta se puede ver que se recibe una señal analógica de un circuito o de un transductor y se convierte a la forma digital mediante un circuito de conversión analógico-digital para después aparecer la señal (digital) en una pantalla digital.

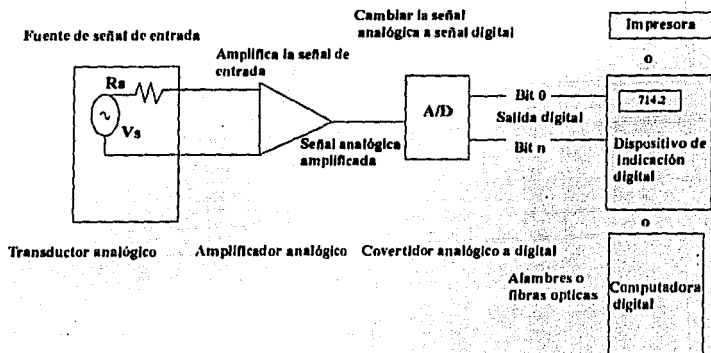


FIG. 2.3 Diagrama a bloques de un instrumento digital básico

Los instrumentos digitales están tomando el lugar de la mayoría de los instrumentos analógicos por dos razones principalmente: mejor exactitud y por la eliminación de errores de lectura. Sin embargo con frecuencia se agrega una escala analógica en la escala digital, para dar una indicación visual de entradas que varían con el tiempo.

La posibilidad de observar la indicación del medidor en forma analógica es muy importante, cuando se estén localizando fallas en sistemas de instrumentación, por ejemplo, la rapidez con que cambia una variable al igual que su magnitud, puede dar indicaciones valiosas en muchas situaciones de localización de fallas.

Las tendencias actuales, están encaminándose a ofrecer sistemas de medición integrales (automatizados).

b) Por la clase de corriente a medir se pueden clasificar como instrumentos de:

c.a.,c.d., c.a./c.d.

c) Por sus características constructivas se pueden clasificar en:

montaje fijo, portátiles, híbridos, cuadrados, redondos, rectangulares, integradores, etc.

d) Por las variables eléctricas a medir se clasifican dándoles diferentes nombres según su aplicación. De los más empleados se pueden mencionar los siguientes:

Osciloscopio.- En términos generales, un osciloscopio es un instrumento electrónico que nos permite visualizar las variaciones de voltaje en cualquier punto de un circuito. El osciloscopio visualiza gráficamente, sobre su pantalla, la forma de onda del voltaje en función del tiempo, permitiendo la medida precisa de voltajes de ca y cd, intervalos de tiempo, frecuencias, etc.

Multímetro.- Es uno de los instrumentos más empleado en los laboratorios. Su función primaria es medir voltaje, corriente y resistencia, y visualizar el resultado de esa medida en una pantalla. En la actualidad existen multímetros que también pueden medir potencia, frecuencia, inductancia, capacitancia, temperatura y probar transistores, diodos, triacs, scr's y otros componentes.

Megger.- Se utiliza para medir la resistencia de aislamiento, ampliamente en las máquinas eléctricas.

Generador de señales.- Este es un instrumento que genera señales de voltajes conocidos, de determinada amplitud, frecuencia y forma de onda, de donde se deriva precisamente su nombre, es decir, se tienen: osciladores senoidales, generadores de onda cuadrada, generador de funciones, generadores de pulsos, generadores de ruido, etc. La aplicación de un generador es muy variada y se encuentra en función de la frecuencia que genera, por ejemplo generadores de audio, generadores de VHF, generadores de UHF, etc. Dentro de sus aplicaciones, se emplean para trazar señales de medición, para el ajuste de amplificadores, ajuste de radios, ajuste de receptores de televisión, o en la excitación de algunos circuitos electrónicos, etc.

Vóltmetro.- Se emplea para medir la tensión de los diferentes circuitos, y se conecta en paralelo.

Ampérmetro.- Son instrumentos que se utilizan para medir corriente, y su conexión es en serie con el circuito de carga.

Óhmetro.- El óhmetro es un instrumento sencillo y muy útil para efectuar mediciones rápidas de valores de resistencias bajo muchas condiciones y rangos comunes. No son apropiados para mediciones de gran exactitud, y se emplean en circuitos con elementos pasivos.

Medidor de Gancho.- Es un instrumento que se emplea para medir corrientes y voltajes en un conductor, sin interrumpir el circuito que se mide.

Wattmetro.- Mide la potencia real de un circuito.

Wattorímetro.- Se emplea para medir la cantidad de energía consumida por una carga.

Vármetro.- Es un instrumento que mide la energía reactiva que circula por una instalación eléctrica.

Termómetro.- Se emplea en la medición de temperatura.

Registadores.- Son dispositivos que dan un registro gráfico permanente de la cantidad que se está midiendo. Estos instrumentos comprenden los dispositivos de registro gráfico, termógrafos, impresoras de computación, grabadoras de cinta, discos de computadora, etc.

Puente.- Este es el nombre que se usa para denotar una clase especial de circuitos de medición. Se emplean con mayor frecuencia para hacer mediciones de resistencia, capacitancia e inductancia con muy buena exactitud.

Higrómetro.- Es un instrumento que mide la humedad relativa de aire.

Termógrafo.- Es un registrador gráfico que se emplea para medir la temperatura.

Barógrafo.- Es un instrumento que se emplea en la medición de la presión atmosférica.

Galvanómetro.- Es un instrumento cuya escala no está calibrada para medir una determinada magnitud específica (voltaje o corriente), y se emplea para medir tensiones o intensidades de corrientes muy bajas. Este es un dispositivo electromecánico en el cual se produce un par útil; como resultado de la interacción entre una corriente eléctrica, que pasa por la bobina del instrumento de un campo magnético existente en el medio ambiente de la bobina que lo constituye. Existen muchos tipos de galvanómetros como: el de tangentes, el de Helmholtz, el de suspensión, el de imán móvil, el de bobina móvil etc.

Para asegurar la funcionalidad de estos instrumentos y poder garantizar así su aplicación en determinada actividad, los instrumentos anteriores deben ser calibrados en intervalos de tiempo, por un laboratorio acreditado (el laboratorio secundario de metrología).

2.5 CONCEPTOS BÁSICOS QUE DEBEN CONSIDERARSE.

El trabajo normalizado o estándar constituye la principal herramienta de los laboratorios acreditados para realizar calibraciones, que deben ser efectuadas por personal especializado y familiarizado con los siguientes conceptos:

Medición: Es la determinación numérica de una magnitud, sometida a comparación con una unidad determinada, recurriendo a instrumentos o dispositivos de medida debidamente calibrados para realizarse.

Calibración: Es la comparación de un aparato de medida con un patrón normalizado y que se refiere a la misma magnitud a medir.

Magnitud: Atributo de un fenómeno, cuerpo o sustancia que se puede distinguir y determinar cualitativa y cuantitativamente.

Unidad de medida: Esta indica la magnitud específica, adoptada por convención, utilizada para expresar cuantitativamente magnitudes. Se expresa por un símbolo, por ejemplo:

m - metro
A - Ampere

En la actualidad el Sistema Internacional (SI)³, es el sistema de medida que se está estandarizando en diversos países. Este fue adoptado en 1960 en nuestro país por la Conferencia General de Pesas y Medidas.

El SI es el primer sistema científico compatible armonizado internacionalmente, fundado en 7 unidades básicas, correspondientes a las magnitudes: masa (kilogramo), tiempo (segundo), intensidad de corriente eléctrica (Ampere), temperatura termodinámica (Kelvin), intensidad luminosa (candela) y cantidad de sustancia (mol). Apartir de ellas el SI tiene unidades derivadas⁴ y unidades suplementarias⁵.

Con la estandarización del SI, en diversos países, se permite optimizar las operaciones comerciales a niveles Nacionales e Internacionales y simplificar los cálculos técnicos.

Trazabilidad: Propiedad de un resultado de medida que consiste en la posibilidad de relacionarlo con patrones apropiados de medición, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones (cadena de trazabilidad).

Procedimiento de medición: Conjunto detallado de operaciones teóricas y prácticas, involucradas en la realización de mediciones de acuerdo a un método establecido.

Patrón: Medida materializada, instrumento de medida o sistema de medida 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 medida.

Transductor: Dispositivo de medición que establece correspondencia entre una magnitud de entrada y una de salida, conforme a una relación determinada.

Sensor: Elemento de un aparato de medición o de una cadena de medición, al cual está directamente aplicada la magnitud a medir.

Exactitud: Es la proximidad de concordancia entre el resultado de una medición y el valor verdadero de la magnitud medida. Es decir, la exactitud específica la

³ Consultar la NOM-008-1993, "SISTEMA GENERAL DE MEDIDA, SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES", para mayores referencias.

⁴ Unidades Derivadas: Son las unidades que se forman combinando las unidades de base y las suplementarias según expresiones algebraicas que relacionan las magnitudes correspondientes; corresponden a las magnitudes de frecuencia, fuerza, trabajo, presión, inductancia, resistencia, capacitancia, etc.

⁵ Unidades Suplementarias: Son las unidades con las cuales no se ha tomado una decisión de si pertenecen a las unidades de base o a las derivadas; corresponden a las magnitudes de ángulo plano y ángulo sólido, cuyos nombres son radián y esterradián respectivamente.

diferencia entre el valor medido y el valor real de una cantidad. Generalmente se expresa en porcentaje, por ejemplo:

$$20V \pm 0.5\%$$

De donde se desprende la clase del instrumento: clases, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 5.0, etc.

Precisión: Indica la habilidad para reproducir ciertas lecturas con una exactitud dada. Es decir, especifica la repetibilidad de un conjunto de lecturas, hecha cada una en forma independiente con el mismo instrumento.

De acuerdo a la precisión las mediciones se clasifican en:

Medidas de precisión mediocre: con error relativo 10% o más.

Medidas de precisión normal: error relativo de 5 a 10%.

Medidas de precisión media: error relativo de 1 a 5%.

Medidas de alta precisión: error relativo de 0.1 a 1%.

Medidas de muy alta precisión: error relativo inferior a 0.1%.

Sensibilidad: Es el grado con el cual un instrumento puede detectar la variación de la cantidad que se va a medir. Es decir, es el cambio incremental más pequeño que puede detectar el índice, marca, aguja, display, etc.

Capacidad: Es la magnitud máxima que puede medir un instrumento de medición.

Distorsión: Es un término muy general que puede utilizarse para describir la variación de una señal, de su forma verdadera.

Rango: Son los límites dimensionales en los cuales está operando un instrumento de medición en un instante determinado.

Legibilidad: Este término indica la facilidad con la cual puede leerse la escala de un instrumento.

Histéresis: Es la modificación transitoria de una señal debida a efectos magnéticos, fricción mecánica, deformación elástica o efectos térmicos, y se presenta cuando, para un mismo valor, existe una diferencia en las lecturas, debido a que el proceso de medición se halla realizado en forma ascendente y descendente.

Escala: Es el conjunto ordenado de trazos (líneas o signos grabados correspondientes a valores determinados de una magnitud a medir) con una cifra asociada. Forman parte de un dispositivo indicador.

Incertidumbre: Representa la inseguridad que existe en la medición, y está relacionada con los errores. Es una estimación que caracteriza el intervalo de valores dentro de los cuales se encuentra el valor verdadero de la magnitud medida. Es el valor posible del error.

Tolerancia: Valor que no se puede rebasar después de la capacidad. Este valor lo da el fabricante y garantiza que los valores reales de las magnitudes medidas están comprendidos dentro de ciertos límites referidos al resultado de la medición.

Resolución: Es el más pequeño incremento de voltaje o corriente que puede medir un instrumento.

Rata de muestreo: Es el intervalo de tiempo entre la actualización de una lectura y la siguiente.

Errores en la medición y calibración: Este es uno de los principales términos que se emplea en la metrología. Todo instrumento de medición tiene cierto error o inexactitud y es inseparable del acto mismo de la medición. La figura 2.4 ilustra una clasificación de los principales errores en las mediciones.

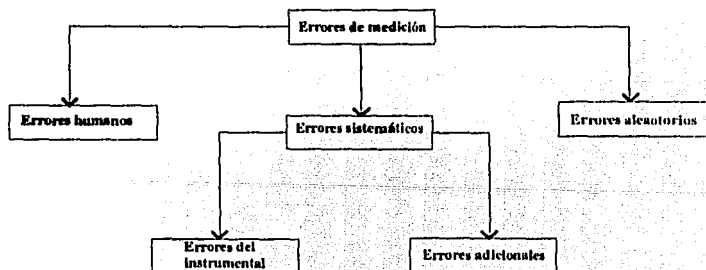


Fig. 2.4 Principales Errores de Medida.

Los "Errores Aleatorios" se deben a causas irregulares. Son numerosos y de una naturaleza muy compleja para que se pueda identificar su origen. Pueden causarse por:

-Errores Humanos: se deben a errores personales debidos a observaciones defectuosas, a imperfecciones en la vista o en el oído del personal encargado de las mediciones; a cálculos erróneos, selección inadecuada de un instrumento, ajuste incorrecto u olvido de ajuste; así como alteraciones electrónicas aleatorias en los instrumentos, efectos de fricción etc.

En este tipo de errores se recomienda efectuar muchas mediciones y aplicar análisis estadístico a las variaciones no explicadas para reducir la incertidumbre.

Los "Errores Sistemáticos se presentan en los registros de medición de acuerdo con un patrón específico; por lo general, tienen una misma dirección y poseen el mismo orden de magnitud. Estos errores se pueden deber a:

-Errores en los Instrumentos: tales como establecer una graduación defectuosa en una escala o un estándar inexacto; errores de fabricación, debidos a defectos propios de los materiales utilizados y a los sistemas de medida empleados; fricción en cojinetes, errores de calibración, y la no linealidad de los componentes.

-"Errores Adicionales" se presentan cuando se opera en condiciones anormales a los instrumentos y pueden ser:

-Error por Temperatura: se presenta cuando el instrumento funciona fuera de los límites para los que fue construido.

Error por Frecuencia: en algunos sistemas de medida el momento motor depende de la frecuencia.

Error de Forma de Onda: depende de la deformación de la forma de onda senoidal y aparece en los aparatos cuyo momento depende del valor medio de los valores de la corriente alterna que miden.

Error de Posición: Se produce cuando se desplaza el centro de gravedad del aparato; en estos casos, la fuerza de la gravedad origina momentos⁶ adicionales que provocan errores en los momentos motores.

Error por Influencia de Campos Magnéticos Exteriores: este depende de los campos magnéticos presentes en el exterior del aparato y por lo tanto de las intensidades, direcciones, frecuencias, etc.

Para la reducción de este tipo de errores se recomienda la vigilancia cuidadosa de cambios en las variables, cuidar las condiciones ambientales, la calibración de los instrumentos periódicamente, mantenimiento preventivo a los instrumentos, el uso de instalaciones y equipos adecuados a las necesidades.

En el estudio de los errores, su estimación se hace a través de diversas magnitudes que los expresan:

Error absoluto- Es la diferencia entre el valor medido y el valor correcto.

$$\text{Error absoluto} = V_m - V_{\text{real}}$$

Error relativo- Es el cociente entre el error absoluto y el valor correcto de la medición.

$$\text{Error relativo} = \frac{V_{\text{medido}} - V_{\text{real}}}{V_{\text{real}}}$$

Error porcentual- Es el error relativo multiplicado por 100.

$$\text{Error}\% = \text{error relativo} * 100$$

Error promedio o valor promedio- Para limitar los errores de medición por lo general se realizan varias medidas y se adopta como valor aproximado el valor medio o promedio de dichas mediciones, obteniéndose:

$$\delta_1 = A_1 - M$$

$$\delta_2 = A_2 - M$$

$$\delta_3 = A_3 - M$$

⁶ Momento: Par ejercido sobre un imán por un campo magnético unitario perpendicular a su eje.

$$\delta n = A_n - M$$

donde el error medio sería:

$$\delta M = \frac{\delta 1 + \delta 2 + \delta 3 + \dots + \delta n}{n}$$

Método de Calibración: Procedimiento técnico definido para realizar una calibración.

Sistema de Calidad: Es la estructura organizacional, las responsabilidades, los procedimientos, los procesos y recursos necesarios para administrar con calidad.

Manual de Calidad: Documento que define las políticas, el sistema y las prácticas de calidad de una organización.

Requisitos: Traducción de necesidades hacia un conjunto de especificaciones individuales, cuantificadas o descriptivas, de las características de una entidad, con el fin de facilitar su realización y verificación.

Certificación: Es el procedimiento por el cual se asegura que un producto, proceso o servicio se ajusta a las normas o lineamientos o recomendaciones específicos.

Material de Referencia: Un material o sustancia en la que una o más de sus propiedades están suficientemente bien establecidas para ser usadas en la calibración de un aparato, la evaluación de un método de medición o la asignación de valores a otros materiales o sustancias.

Cadena de Calibración: Una cadena de calibración es la serie de comparaciones apoyadas en documentos y registros que relacionan la precisión de un instrumento de medición con otros instrumentos de una precisión más elevada, hasta llegar finalmente a un patrón.

Nota: todas las definiciones antes mencionadas fueron tomadas de las normas NOM-Z-55-1986." VOCABULARIO DE TÉRMINOS FUNDAMENTALES Y GENERALES". Y LA NOM-J-320-1978. "INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN PARA MAGNITUDES ELECTRICAS".

CAPÍTULO 3

REQUISITOS PARA EL ACREDITAMIENTO DE UN LABORATORIO DE METROLOGÍA.

3.1 ANTECEDENTES.

Para que un laboratorio secundario de metrología, pueda llevar a cabo el desarrollo de sus objetivos e influir en las industrias para la obtención de calidad en la producción. Debe de pertenecer a la cadena de trazabilidad. Es decir debe de estar totalmente acreditado por los organismos que constituyen el Sistema Nacional de Calibración.

En este capítulo describo los requisitos que necesita cumplir un laboratorio para ser acreditado, señalando a los organismos que componen la cadena de trazabilidad o cadena de calibración y sus características, además de hacer mención de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, ley mediante la cual se rige todo lo relacionado con la metrología.

Antes de continuar es importante establecer el concepto de **acreditamiento**: “es el acto mediante el cual la Secretaría reconoce organismos nacionales de normalización, organismos de certificación, laboratorios de pruebas y de calibración, y unidades verificadoras para que lleven a cabo actividades que refiera la ley”.¹

El acreditamiento de laboratorios no debe ser confundido con la certificación de la calidad de los productos. El acreditamiento de laboratorios se refiere a la certificación de sus servicios.

3.2 PRINCIPALES ORGANISMOS QUE RIGEN LA METROLOGÍA EN EL PAÍS Y SU PARTICIPACIÓN.

En nuestro país, el control de la metrología y todo lo referente a esta ciencia, se lleva a cabo a través de diversos organismos, que constituyen la llamada cadena de calibración, la cual tiene por finalidad hacer que en el sector industrial y comercial se instrumente la metrología. La figura 3.1 ilustra estos organismos.

¹ Ley Federal sobre Metrología y Normalización

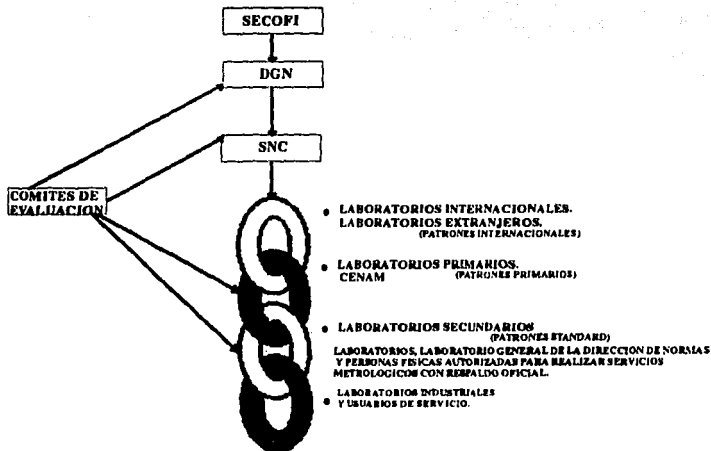


Figura 3.1. Elementos que constituyen el Sistema Nacional de Calibración.

De los elementos que constituyen el Sistema Nacional de Calibración, los dos primeros bloques, conforman el marco legal que controla la estructura de la metrología, mediante el proceso de normalización y demás elementos que intervienen en él:

SECOFI- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Es la encargada de definir y expedir las bases de operación e instructivos que rigen el acreditamiento de los laboratorios en sus diferentes ramas. Además la SECOFI con asistencia de la DGN, puede realizar acuerdos con otros países, con el objeto de obtener el reconocimiento mutuo de acreditamiento de laboratorios, unidades de verificación, organismos de normalización y certificación.

DGN- Dirección General de Normas. Este es el organismo encargado de manejar la propagación, conservación y vigilancia del Sistema Nacional de Pesas y Medidas, así como también es el encargado de evaluar especificaciones, y a través de diversos expertos formular las normas mexicanas, además de controlar al SNC a través de un departamento del mismo nombre, adscrito a la subdirección de Metrología.

El tercer bloque representa el organismo mediante el cual ejercen su acción:

SNC- Sistema Nacional de Calibración. Fue creado por decreto presidencial el 9 de junio de 1980 y se eleva a rango de ley el 26 de enero de 1988, con la publicación de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. En la figura podemos observar que es regido por la Dirección General de Normas, y que está integrado por el Centro Nacional de Metrología (CENAM), el laboratorio de metrología de la DGN, los laboratorios secundarios y las personas físicas autorizadas para realizar servicios metrológicos con respaldo oficial, y diversos comités de evaluación.

El SNC al igual que los organismos que lo integran tienen como fin procurar la uniformidad y confiabilidad de las mediciones, tanto en procesos industriales, como en transacciones comerciales y sus respectivos trabajos, tanto de investigación como de desarrollo tecnológico.²

El cuarto bloque representa el personal mediante el cual se llevan a cabo las acciones que se acuerdan en el SNC.

Comités de Evaluación. Los comités de evaluación, están constituidos por técnicos especialistas en metrología, prestadores y usuarios de servicios de laboratorios de metrología, evaluadores, y personas físicas del Sistema Nacional de Calibración de la DGN. Su misión es colaborar con el SNC, elaborando las bases técnicas de operación de los laboratorios en sus diferentes áreas, establecer las órdenes de exactitud de las cadenas de calibración, los procedimientos de medición, periodos de calibración y métodos de intercomparación de patrones. Además, son los encargados de realizar actos de verificación ocular o comprobación, mediante muestreo y análisis de laboratorios a acreditar o acreditados. Y de verificar el cumplimiento del uso de las normas.

Actualmente los comités que existen operan en las siguientes ramas:

² Para obtener información más amplia sobre estos primeros tres bloques puedes acudir personalmente o llamar a la siguiente dirección:

Dirección General de Normas

Departamento del Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios.

Departamento de acreditamiento de laboratorios.

Av. Puente de Tecamachalco No. 6 1er Piso, Col. Lomas de Tecamachalco, Sección Fuentes. Naucalpan de Juárez, Estado de México. 53950. Tel: 540 38 42 y 540 16 19.

- **Construcción**
- **Eléctrica y Electrónica**
- **Metal-Mecánica**
- **Textil**
- **Alimentaria**
- **Química**
- **Envases y embalaje**
- **Alta tensión**
- **Masas**
- **Fuerza**
- **Presión**
- **Dimensional**
- **Volumen**
- **Radiaciones ionizantes**
- **Dibujo, etc.**

Algunos de los comités que existen actualmente son:

CANAME- Camara Nacional de Manufacturas Eléctricas.

COTNNMET-Comité Técnico Nacional de Normalización de Metrología.

ANCE-Asociación Nacional de Normalización y Certificación del Sector Eléctrico.

CCONNIE- Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica.

Estos comités se encuentran acreditados por la DGN para elaborar y expedir Normas Mexicanas, con fundamento en los Artículos 3o fracción I, 65 y 66 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.³

Los siguientes organismos que integran el diagrama representan la denominada cadena de calibración, que de acuerdo a la función de cada laboratorio se divide en cuatro tipos:

³ Si deseas obtener mayor información sobre estos comités, puedes acudir o llamar a: Ibsen No. 13, Col Chapultepec Polanco. C.P. 11560, México D.F. Tel. 280 67 75. Fax. 280-19-66. O acudir a la DGN, SNC o SECOFI.

1. **Laboratorios Internacionales.**
2. **Laboratorios Primarios (patrones nacionales).**
3. **Laboratorios Secundarios (patrones de referencia).**
4. **Laboratorios Industriales y usuarios de servicio.**

Laboratorios Internacionales

Estos laboratorios tiene estándares de muy alta jerarquía. Sus patrones son utilizados como punto de referencia para la calibración de equipos.

Actualmente existen diversos Laboratorios Internacionales con los que nuestro país mantiene lazos. Algunos de ellos son:

- **International Advisory Committee on Electricity, ubicado en Francia.**
- **International Committee on Weights and Measures, ubicado en Francia.**
- **National Bureau of Standard, ubicado en Estados Unidos.**
- **National Physical Laboratory, ubicado en Inglaterra.**
- **Physikalisch Technische Bundesanstalt, ubicado en Alemania.**
- **National Physical Laboratory, de la India.**

El objetivo de estos laboratorios es desarrollar, investigar y mantener los patrones de medición, basados en el Sistema Internacional de Unidades, para cooperar internacionalmente en aspectos de metrología.

Laboratorios Primarios (Laboratorios Nacionales).

Este tipo de laboratorios, tienen como objetivo, desarrollar y mantener los patrones nacionales de medición, y proporcionar todos los servicios esenciales para mantener precisión y uniformidad en todos los instrumentos de medición por todo el país.

Sus patrones son unidades de medición muy precisas, en trazabilidad con los Laboratorios Internacionales, unidades que son tomadas como punto de referencia para la calibración de equipos.

En nuestro país existen un laboratorio primario:

El CENAM. Centro Nacional de Metrología. Fue creado por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización de 1992. Es un organismo descentralizado, con un nivel científico y técnico en materia de Metrología, muy elevado. Es considerado como laboratorio primario del SNC, y entre las funciones que le encomienda el artículo 30 de la Ley, es el encargado de dictaminar la capacidad técnica de los laboratorios de calibración, mediante el servicio de Certificación de Laboratorios de Calibración "SECLAC" (que es el evaluador técnico sobre el cual se otorga el acreditamiento de los laboratorios) verificando su capacidad de medición mediante trazabilidad con los patrones nacionales en un proceso conocido como "Verificación de medición por Trazabilidad"⁴. Y se encarga de mantener también los patrones nacionales de medida que se emplean en la calibración de patrones secundarios e instrumentos de medición.

El CENAM está integrado por diversas áreas: eléctrica, física, mecánica, etc, todas ellas con sus respectivas divisiones. Estas áreas tienen la finalidad de ofrecer, a través de la metrología, tanto apoyo científico como tecnológico a la planta productiva de México, para poder hacer frente a los retos de la apertura comercial. Por ejemplo en el área eléctrica, establece y mantiene los patrones nacionales para la calibración de patrones secundarios e instrumentos de mediciones eléctricas, que se aplican tanto en la generación, distribución y venta de la energía eléctrica, o en el control de variables eléctricas en algún proceso industrial. Además participa y colabora en la calibración de generadores de frecuencia, termómetros e instrumentos con bases de tiempo. Teniendo la responsabilidad de desarrollar y mantener dispositivos de medición, instrumentos de precisión, sistemas de medición automáticos, técnicas electrónicas y sistemas de cómputo avanzados.⁵ Ofreciendo servicios de calibración de equipos, Capacitación, Servicio de certificación de laboratorios y Asesorías en materia de metrología

⁴ Documento CNM-STD-DF-001. "Descripción del servicio de Certificación de Laboratorios de Calibración", Marzo 1994. CENAM.

⁵ Para mayor información sobre el CENAM, puedes acudir, o llamar a:

CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

km. 4.5 carretera a Los Cués. Municipio de El Marqués Qro. 76900 México.

Para envío de correspondencia: Apartado Postal 1-100 Centro. Querétaro Qro. C.P. 76000.

Teléfonos: (42) 16 33 09, 16 65 76, 15 39 02, 15 37 84, 15 38 42. Fax: (42) 16 26 26, 15 39 04.

Oficinas en la ciudad de México

Periférico Sur 3449 3er Piso. San Jerónimo Lídice C.P. 10200, México, D.F. Tels. 683 01 22 y 683 23 88.

Fax. 683 01 96.

Laboratorios Secundarios.

Como se mencionó en el capítulo 2, éste es el laboratorio conocido como normalizado, que mediante equipo delicado y sofisticados instrumentos, eléctricos, electrónicos, electromecánicos, transductores y sensores, de menor precisión que los patrones primarios, está autorizado para realizar alguna medición o calibración con carácter de servicio público.

Se encuentran integrados por :

- El laboratorio de **Metrología de la Dirección General de Normas**. Este laboratorio es el encargado de dar servicio de calibración a patrones de referencia, a través de sus patrones, los cuales a su vez están trazados al CENAM, así como también dan servicio de calibración a laboratorios secundarios.

En este laboratorio se realizan estudios metrológicos tendientes a otorgar las autorizaciones de modelo de instrumentos de medición.

Este laboratorio brinda servicios a todos los sectores en las áreas de: dimensional, masa, temperatura, eléctrica, fuerza, dureza y volumen.⁶ Cabe mencionarse que se pretende concepcionar a la iniciativa privada a partir de octubre 1994.

- Además, se encuentra integrado también por: laboratorios de metrología y personas físicas autorizadas para realizar servicios de calibración con respaldo oficial. Son los laboratorios de metrología, tanto del sector público, privado y educativo, que voluntariamente decidieron formar parte del SNC, para lo cual, una vez que presentaron su solicitud por escrito y la información correspondiente acerca de su organización, fueron evaluados y acreditados por los expertos de los comités, integrándose a la cadena que rige la metrología en el país.

Actualmete existe un directorio sobre los laboratorios secundarios que puedes conseguir en la SECOFI. Este directorio contiene información acerca de laboratorios secundarios que operan en diversas áreas, por ejemplo, en el área eléctrica, existen diversos laboratorios encargados de dar mantenimiento a instrumentos de medición, realizar calibraciones y pruebas; de los cuales los más importantes son:

⁶ Para obtener mayor información sobre este laboratorio puedes acudir o llamar a:

DIRECCION GENERAL DE NORMAS

Laboratorio de Metrología. Puente de Tecamachalco N°.6. Lomas de Tecamachalco-Socición Fuentes
41950 Naucalpan de Juárez-Estado de Méx. Tels. 5899675, 5899343 ext 410.

- Nacional de Conductores Eléctricos, S.A. de C.V.
- Conductores Monterrey.
- Lumisistemas.
- Industrias IEM, S.A. de C.V., división transformadores.
- Instituto Mexicano de Comunicaciones.
- Ensambladores Electrónicos de México, S.A. de C.V.
- Ingeniería y Metrología, S.A. de C.V.
- Alcatel Indetel Telecomunicaciones Públicas, S.A. de C.V.
- Metrología y Calibraciones Industriales, S.A. de C.V.
- Servicios Profesionales de Instrumentación, S.A. de C.V.
- Grupo Industrial NKS, S.A. de C.V.
- Laboratorio de Pruebas y Ensayos de México de la Comisión Federal de Electricidad.
- Ingeniería Reparación y Montaje.⁷

Laboratorios Terciarios (Laboratorios Industriales y Usuarios de Servicios).

En estos laboratorios, es donde se emplean instrumentos de uso general para producción, mantenimiento y servicio, que deben mantenerse en perfectas condiciones, y debidamente calibrados por los laboratorios secundarios.

Es importante mencionar también, que en apoyo a los organismos antes mencionados se creó, el 12 de julio de 1988, la Asociación Mexicana de Metrología A.C. (AMMAC), con el propósito de llevar a cabo las siguientes funciones:

- Integrar una comunidad nacional de profesionales dedicados al desarrollo e investigación de la metrología.
- Divulgar los conocimientos de la metrología en nuestro país, y difundir la correcta aplicación de la ciencia del medir.
- Promover y difundir las investigaciones que se realicen a nivel Nacional e Internacional sobre temas de la metrología en México.
- Impulsar la implementación de sistemas de medición y asesorar a las empresas en el desarrollo y mejoramiento de sus sistemas metroológicos.
- Integrar a la industria, al Sistema Metroológico Nacional.
- Participar en el Comité Consultivo Nacional de Normalización Metroológica.
- Promover y difundir el Sistema Nacional de Calibración.
- Capacitar y actualizar a los profesionistas de la metrología, mediante la organización de eventos académicos y técnicos, y

⁷ En el Apéndice A puedes encontrar la dirección de cada uno de los laboratorios.

- Compartir, apoyar, reconocer y coordinarse con entidades públicas, privadas, y educativas para impulsar el desarrollo de la metrología, fortaleciendo el Sistema Metrológico Nacional.

Nosotros podemos formar parte de la AMMAC, es decir, pueden ser asociados: instituciones oficiales, entidades industriales, técnicos o científicos, escuelas, bibliotecas; y poder así, tomar parte en el esfuerzo que se está llevando a cabo para fortalecer el Sistema Metrológico Nacional.

Para ser asociado se requiere:

- Presentar la solicitud por escrito, en la que se comprometa el aspirante a cumplir con los estatutos y con las decisiones que emanen, tanto en las asambleas generales de asociados, como en la mesa directiva, de la asociación..
- Que la solicitud sea aprobada por el consejo directivo, y
- Cubrir la cuota correspondiente.

Una vez inscritos podemos participar en actividades como:

Publicaciones:

Revista "De la Metrología".
Boletín de información general.

Eventos y capacitación

Cursos.
Talleres.
Seminarios.
Encuentros nacionales con descuentos de 25%.

Asesorías

Normalización.
Desarrollo de métodos de medición.
Recomendaciones para calibración y uso de instrumentos.
Recomendación para la adecuada operación de laboratorios.

Información y documentación

Información científica y tecnológica.
Recopilación y difusión de normas, métodos y recomendaciones.⁸

⁸ Para obtener información más específica puedes acudir a:
OFICINAS ADMINISTRATIVAS, con la Sra. Elsa Ríos, ubicadas en Adolfo Prieto No. 1649 Desp. 801,
Col. del Valle, C.P. 03100, México D.F. Tels. 660 01 61 y 660 09 39. Fax. 534 87 07.
O solicitar información al 662 99 89 y 662 98 62. Fax: 602 58 62.

3.4. LEY FEDERAL SOBRE METROLOGÍA Y NORMALIZACIÓN.

Esta ley se expidió por primera vez el 26 de enero de 1988, en el diario oficial de la Federación y fue sustituida el 30 de junio de 1992 por una ley más actualizada.

La ley Federal sobre Metrología y Normalización es el poder jurídico, a través del cual se rigen los diferentes organismos encargados de la operación y control de los laboratorios de metrología, así como de todo lo que tenga que ver con la normalización. Tiene como objetivo instrumentar la esfera jurídica que permita que el aparato productivo tenga mayor competitividad interna y externa.

Actualmente está integrada por seis títulos, 22 capítulos, 127 artículos y 5 subtransitorios: abarca tres grandes rubros, metrología, Normas Oficiales Mexicanas y normalización voluntaria.

Sus seis títulos se refieren a disposiciones generales: metrología, normalización, acreditación y certificación, verificación, incentivos, sanciones y recursos. Estos títulos son el elemento central de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

En materia de Metrología, esta ley tiene por objeto:

- a) Establecer el Sistema General de Unidades de Medida.
- b) Precisar los conceptos fundamentales sobre metrología.
- c) Establecer los requisitos para la fabricación, importación, reparación, venta, verificación y uso de los instrumentos para medir y los patrones de medida.
- d) Establecer la obligatoriedad de la medición en transacciones comerciales y de indicar el contenido neto de los productos envasados.
- e) Instituir el SNC.
- f) Crear el CENAM como organismo de alto nivel técnico en la materia, y
- g) Regular en lo general las demás materias relativas a la metrología.

En materia de normalización, certificación, acreditamiento y verificación, esta ley tiene por objeto:

- a) Fomentar la transparencia y eficiencia en la elaboración y observancia de Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas.
- b) Instituir la Comisión Nacional de Normalización para que coadyude en las actividades que sobre normalización corresponde realizar a las distintas dependencias de la Administración Pública Federal.
- c) Establecer un procedimiento uniforme para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas.

- e) Coordinar las actividades de normalización, certificación, verificación y laboratorios de prueba de las dependencias de la Administración Pública Federal.
- f) Establecer el Sistema Nacional de Acreditamiento de Organismos de normalización y de certificación, de unidades de verificación, y de laboratorios de prueba y de calibración, y
- g) En general, divulgar las acciones de normalización y demás actividades relacionadas con la materia.

Cabe mencionar que la iniciativa contempla el acreditamiento de laboratorios de pruebas públicas y privadas, de organismos de certificación y unidades de verificación particulares, como una forma de dar mayor flexibilidad a las dependencias para vigilar el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana (NOM), así como también vigilar el aseguramiento de la calidad de los productos y servicios, ya que se pretende establecer una red nacional que permita realizar pruebas, verificaciones y certificaciones confiables, para comprobar el cumplimiento de las normas.⁹

Los laboratorios autorizados deberán cumplir con lo que marca esta Ley.

3.5 GUÍA PARA OBTENER EL ACREDITAMIENTO.

Para que un laboratorio pueda ser autorizado y acreditado e ingresar a la cadena de calibración para poder ofrecer sus servicios, debe cumplir con ciertos requisitos y normas establecidas por los organismos encargados del acreditamiento.

A continuación se describen en forma general algunos aspectos, en cuanto a los requisitos generales, para evaluar la competencia técnica de los laboratorios de metrología.

Para que un laboratorio de metrología pueda ser reconocido como técnicamente competente y pueda formar parte integrante del SNC, deberá sujetarse a las siguientes recomendaciones, ver figura 3.2.

En la figura 3.2 puede observarse el proceso de acreditamiento establecido por los organismos del SNC, y que a continuación describo:

- 1 El representante del laboratorio de metrología deberá solicitar por escrito su evaluación al Departamento del Sistema Nacional de Calibración de la Dirección

⁹ Si deseas obtener la Ley Federal sobre Metrología y Normalización puedes acudir a la SECOFI.

General de Normas, mediante una carta dirigida al subdirector de metrología, explicando el deseo de ser acreditado como laboratorio secundario de calibración. Para posteriormente recibir los formatos de solicitud SNC-01-1994 "Condiciones para el acreditamiento de laboratorios de calibración", el SNC-02-1994 "Requisitos generales para el acreditamiento de un laboratorio de calibración", y el SNC-03-1994 "Solicitud de acreditamiento para laboratorios de calibración". Documentos basados en recomendaciones internacionales, como la ISO/IEC guía 25-1990 "General Requirements for the Competence of Calibration an Testing Laboratories", la ISO/IEC guía 58 "Calibration and Testing Laboratorie Accreditation System", y las Normas Mexicanas NMX-CC-1 "Sistemas de Calidad", y la NMX-Z-55 "Metrología, Vocabulario de términos fundamentales y generales". Cabe mencionarse que los formatos de solicitud, a rasgos generales, presentan lo siguiente:

SNC-01-1994, este documento se aplica a todos los laboratorios que proporcionan servicios de calibración y que desean contar con un reconocimiento oficial, presenta un panorama general mediante un diagrama a bloques del proceso de acreditamiento.

SNC-02-1994, este documento establece los requisitos generales con los cuales un laboratorio debe demostrar que opera, si desea ser reconocido o acreditado como competente para llevar a cabo calibraciones con reconocimiento oficial.

SNC-03-1994, este documento es una solicitud en la cual se anexa información sobre el área que se pretende acreditar, la organización y administración del laboratorio, el personal, el manual de calidad, la trazabilidad de los patrones de medición, y características técnicas del laboratorio en cuestión.

- 2 Una vez requisitado el formato SNC-03-1994, y contestado de forma detallada, deberá hacerlo llegar con 2 copias al Sistema Nacional de Calibración para su análisis, junto con la copia de la siguiente documentación en cada caso de ser necesario: manual de calidad, copia del acta constitutiva, diagrama de distribución del laboratorio, historial de sus patrones de referencia, copia de los certificados de calibración de sus patrones de referencia, cartas de trazabilidad, programas de calibración y procedimientos de calibración.
- 3 Se realizará la revisión de la solicitud de acreditamiento y la información adicional, el SNC realizará la evaluación administrativa y el CENAM, a través del SECLAC, la evaluación técnica.
- 4 Una vez aprobada la solicitud y documentación presentada se integrará el comité de evaluación y se programará la visita.

- 5 Se deberán cubrir cuotas por derechos de acreditamiento, pagaderas en la Tesorería de la Federación- según el artículo 73c de la Ley Federal de Derechos en vigor- y cuotas por concepto de evaluaciones, cuyo monto es determinado por el comité evaluador.

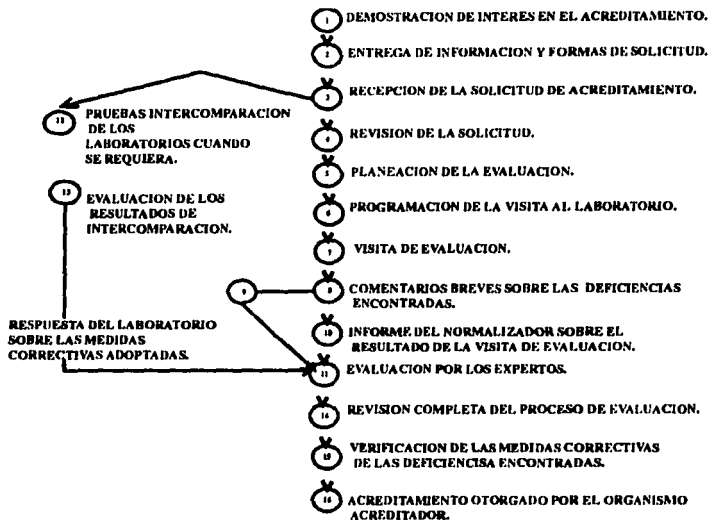


Figura 3.2 Proceso de acreditamiento. Cortesía de la Asociación Mexicana de Metrología A.C. (AMMAC).

- 6 Una vez designados los evaluadores, el Sistema Nacional de Calibración realizará una reunión con ellos para el análisis de la solicitud y la determinación de los lineamientos a seguir en cada caso en particular. Se define un proceso de evaluación, indicando al representante del laboratorio, hora y fecha de visita de evaluación y los datos y documentos que deberán tener a la vista durante la visita.

- 7 Los evaluadores y el personal del Sistema Nacional de Calibración realizarán la evaluación de los aspectos contenidos en los documentos antes mencionados, como:

- **Organización y Administración del Laboratorio.**

Los evaluadores deberán comprobar que se cuenta con una organización bien definida que garantice la confiabilidad de los resultados que emite el laboratorio. Para ello, el laboratorio debe contar con:

- a) Personal administrativo con la autoridad y recursos necesarios para cumplir con sus obligaciones.
- b) Estar organizado de tal manera que la confianza en su integridad e independencia de juicio se mantenga.
- c) Contar con un manual de organización, de calidad y procedimientos actualizados en referencia a los patrones del laboratorio.
- d) Contar con una persona encargada de la responsabilidad de las operaciones técnicas.
- e) Contar con las capacidades en el área acreditada.

- **Personal.**

El personal debe demostrar tener la preparación, adiestramiento, conocimientos técnicos y experiencia para ejecutar satisfactoriamente las pruebas que le corresponden, además de tener amplios conocimientos y buen manejo e interpretación de las normas, métodos y equipos de prueba.

El laboratorio debe mantener registros de la actualización de la capacitación del personal, y evidencia de su capacidad y habilidades.

- **Instrumentos y materiales de referencia.**

El laboratorio deberá contar con todos los instrumentos, patrones de medición y accesorios requeridos para el correcto desarrollo de sus mediciones y calibraciones.

Los instrumentos de medición deberán ser adecuados a los requerimientos de los procedimientos de medición y calibración que utilizan y de los servicios metrológicos que realizan.

Se debe comprobar que el equipo de medición se encuentra en perfecto estado de operación y calibración, con evidencias de su rastreabilidad y de las

fechas de la última calibración. Se deben tener a la mano todos los procedimientos de operación de las mediciones, manuales técnicos, normas, inventario de los instrumentos, control de instrumentos, informes de resultados, y mantenimiento de los instrumentos.

Cada patrón e instrumento de medición deberá ser etiquetado, marcado, o identificado en forma tal que indique sus condiciones.

Se deberá mantener un registro de instrumentos que debe incluir, nombre del instrumento, nombre del fabricante, modelo, número de serie, número de inventario, fecha de recibido, ubicación actual, fechas de mantenimiento, fechas de calibración, así como, manual de instrucciones y manual de operación.

- **Medio ambiente.**

Las instalaciones y condiciones ambientales deberán ser adecuadas al grado de incertidumbre de las mediciones a realizar, para no afectar significativamente los resultados respectivos.

Debe mostrar que sus instalaciones están diseñadas para cumplir con diversos factores como: espacio suficiente, climatización, adecuados niveles de iluminación, libre de polvos, vapores, vibraciones, radiaciones electromagnéticas, además de contar con agua, electricidad, y otros servicios.

Los sistemas de seguridad deberán garantizar la protección del personal, instalaciones e instrumentos de medición.

El laboratorio deberá contar con instalaciones para el monitoreo, control y registro de las condiciones ambientales.

Se debe definir controlar y restringir el acceso y uso de aquellas áreas que afecten las actividades del laboratorio, así como se debe asegurar el mantenimiento y limpieza del mismo.

- **Trazabilidad en las mediciones y calibraciones.**

El laboratorio debe contar con un programa establecido para la calibración y verificación de sus instrumentos de medición, que asegure que las mediciones hechas por el laboratorio son trazables a patrones de medición nacionales o internacionales.

Contará con certificados de calibración vigentes de los patrones de referencia y un programa confiable de calibración y mantenimiento los instrumentos de laboratorio.

Debe comprobar que los equipos son calibrados en forma periódica, mostrando el archivo donde se muestren los certificados de calibración.

- **Métodos de calibración.**

El laboratorio debe contar con procedimientos de medición y calibración apropiados a los patrones de laboratorio y a los instrumentos a calibrar, referidos a Normas Oficiales Mexicanas o Internacionales, éstos deben mantenerse actualizados y fácilmente disponibles para el personal.

El laboratorio debe contar con métodos documentados de los procedimientos de calibración, incluyendo muestreo, transporte, almacenamiento, preparación de instrumentos o patrones de medición.

- **Registros.**

El laboratorio debe conservar registro de todas las observaciones originales, cálculos y datos derivados, así como registros de calibración y copias de los informes de calibración que deben incluir la identidad del personal involucrado.

En caso de emplear computadora o equipo automatizado en el manejo de resultados se debe asegurar que se está realizando en perfectas condiciones.

- **Informes de calibración.**

Los resultados de una calibración deben reportarse en un informe que debe incluir por lo menos: un título, nombre y domicilio del laboratorio, identificación única del informe, número de cada página, nombre y dirección del cliente, descripción o identificación del instrumento o patrón empleado, caracterización y condición del instrumento de calibración, fecha de recepción del instrumento y ejecución de la calibración, mediciones y resultados derivados respaldados por tablas, gráficas, dibujos, fotografías cuando sea apropiado, una declaración de la incertidumbre estimada para la calibración, así como nombre y firma de los responsables.

- **Servicios de apoyo.**

El laboratorio debe mantener registros de los proveedores de los servicios de apoyo o suministro requeridos para calibraciones, así como folletos de los proveedores.

- **Quejas**

El laboratorio debe tener documentadas políticas y procedimientos para solución de quejas recibidas de los clientes, y las acciones tomadas para resolverlas.

El cumplimiento de estos requisitos es imprescindible para obtener la acreditación. Nota: debes consultar el documento SNC-02-1994.

- 8 Una vez finalizada la evaluación se realizará una reunión con el personal del laboratorio y los evaluadores, en la que se darán a conocer en forma verbal las observaciones, recomendaciones y deficiencias encontradas durante la evaluación, las cuales posteriormente se harán llegar por escrito.
- 9 Posterior a la evaluación, los evaluadores tendrán un plazo de quince días para hacer llegar sus observaciones por escrito al SNC, el cual, al recibirlas, determinará si las deficiencias son críticas o no, y emitirá el dictamen correspondiente, turnándolo al Comité de Evaluación para su aprobación.
- 10 Una vez que se comprueba que el laboratorio solicitante cumple con los requisitos establecidos por el Sistema, la DGN otorga el certificado en las magnitudes, intervalos e incertidumbres, autorizadas para realizar servicios metrológicos con respaldo oficial, por un periodo de un año.

Una vez autorizado el laboratorio se le realizarán auditorías periódicas para comprobar que las condiciones bajo las cuales fue autorizado han sido mantenidas o superadas. El laboratorio autorizado podrá utilizar en sus certificados el logotipo del SNC como símbolo de calidad en sus mediciones, el uso del logotipo no es obligatorio, además de que y será incluido en el directorio de laboratorios de calibración acreditados ante el SNC.

11. Si durante el proceso de evaluación se encontraron deficiencias críticas, éstas se le harán saber al laboratorio por escrito. Una vez corregidas, volverá a iniciar el proceso de evaluación.

Con el cumplimiento de estos requisitos el laboratorio quedará acreditado para realizar sus servicios, tanto nacional como internacionalmente, contando con respaldo oficial por parte de la DGN. Podrá participar activamente en Comités de Evaluación, cursos, talleres, seminarios, intercomparación de patrones y en evaluaciones a otros laboratorios, el acreditamiento estará limitado únicamente a las áreas e intervalos de medición especificados en el certificado de acreditamiento, sometiéndose a auditorías por parte de la DGN para verificar si está cumpliendo con su status el laboratorio acreditado.

CAPITULO 4

CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS EN LA MEDICIÓN DE VARIABLES ELÉCTRICAS.

4.1 ANTECEDENTES.

El objetivo principal de un laboratorio de metrología estándar (ver capítulo 2), es proporcionar servicios de calibración a los diferentes usuarios de instrumentos de trabajo, para que en función de esta calibración se pueda garantizar, la precisión, la uniformidad y confiabilidad en la medición de variables por cualquier lugar del país.

Debido a su objetivo de operación, los laboratorios estándar secundarios están adquiriendo mayor importancia dentro de los sectores industriales. La certificación de los instrumentos de medición o calibración, que se realiza mediante el uso de patrones secundarios de medición, en intervalos de tiempo regulares, que aunque no garantiza el buen funcionamiento de los instrumentos, sí nos permite comprobar que estos cumplen con las especificaciones para las que fueron construidos, tales como: incertidumbre, rangos de trabajo, exactitud y precisión. Garantizando con ello cualquier actividad de producción o servicio donde se emplee algún instrumento.

En este capítulo se menciona la importancia de la calibración de instrumentos, los patrones secundarios de calibración eléctricos más empleados, así como algunos de los intervalos de tiempo de calibración estandarizados y que son aplicables a cualquier laboratorio (recordemos que la estandarización se presenta con la normalización y esta es importante para tener un mejor control y una mayor estabilidad en muchas de las diferentes actividades industriales encaminadas a fortalecer la relación "Metrología- Calidad- Modernización industrial").

4.2 ASPECTOS Y REQUISITOS QUE SE CONSIDERAN AL REALIZAR UNA CALIBRACIÓN.

La calibración consiste en la comparación de un instrumento de trabajo con ciertos patrones secundarios estándar, en trazabilidad con patrones internacionales y primarios que deben ser, por lo menos en un factor de 10, más exactos que el instrumento a medir.

Existen básicamente tres diferentes tipos de calibraciones:

- 1) Calibración de Patrones e Instrumentos del mismo laboratorio:**
Esta consiste en hacer uso de los servicios del CENAM, y de

fabricantes de instrumentos y patrones para la calibración de los patrones del laboratorio.

2) Calibración Externa: Ésta es propiamente la calibración de instrumentos de medición a usuarios industriales cuando ellos requieran el servicio.

3) Calibración Interna: Ésta consiste en la calibración de instrumentos de medición, transductores, material de referencia, y patrones en el mismo laboratorio (esto no es muy recomendable por lo que se debe recurrir al primer tipo de calibración o a intercomparaciones con otros laboratorios secundarios).

Para la realización de cualquier tipo de calibración, se deben considerar diversos aspectos como (ver capítulo 3 y 5):

- control del medio ambiente.
- contar con patrones de medición para establecer parámetros de temperatura, tiempo, voltaje, corriente, potencia, resistencia, capacitancia, inductancia, velocidad, frecuencia, etc; dependiendo de las necesidades de servicio.
- tener instrumentos de medición para apoyo.
- contar con documentación técnica, y manuales referencias.
- contar con programas de mantenimiento.
- operar principalmente bajo procedimientos de calibración estandarizados, en referencia a los patrones de medición del laboratorio y normas Nacionales e Internacionales, entre otras.

La realización de una calibración, debido a todos los elementos que intervienen en ella, resulta complicada y costosa en la mayoría de los casos, tanto para el usuario de instrumentos, como para el mismo laboratorio por el mantenimiento de los patrones de medición, ya que dependen de diferentes intervalos de tiempo. Pero se debe tener presente que si con ello se puede garantizar la calidad de una medición y, por ende, de un servicio entonces esto permitirá a los industriales obtener beneficios económicos que amortizaran rápidamente el costo de una calibración.

4.2.1 PATRONES DE REFERENCIA.

Con el paso del tiempo, todos los instrumentos de medición, debido a su manejo y operación, a su grado de uso, y a las condiciones ambientales donde opera, está expuesto a perder su precisión lo cual influye en su respectiva aplicación, por lo que debe ser calibrado periódicamente con un patrón de medida.

Un patrón de medida, instrumento de medida o medida materializada esta destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o varios valores conocidos de una magnitud para transmitirlos por comparación. Estos patrones de medida tienen diferentes caracteres de operación: internacionales, nacionales, secundarios (ver capítulo 2) y son las principales herramientas de trabajo de los laboratorios estándar. En este trabajo los patrones secundarios del área eléctrica son los que se están empleando.

Los patrones secundarios son los instrumentos mediante los que un laboratorio secundario realiza sus funciones para dar calibración a instrumentos de laboratorios industriales, laboratorios de investigación y toda aquella persona que así lo requiera. Estos patrones son construidos por firmas especializadas en calibración como: Tettex Instruments y Fluke, en trazabilidad con el sistema internacional de unidades.

Los patrones secundarios de calibración, por su constitución física, se clasifican en dos tipos:

- **Patrones de medida estándar (patrones pasivos):**

- décadas de resistencias
- décadas de inductancias
- décadas de capacitancia
- pilas patrón
- entre otros.

- **Calibradores e instrumentos de medida de alta precisión:**

- calibradores
- voltmetros de alta precisión
- fuentes de cd, ca de alta precisión
- entre otros.

Los Patrones de medida estándar (patrones pasivos) son dispositivos de alta precisión que están aceptados para establecer unidades eléctricas y magnéticas de la magnitud a medir, en este ámbito los patrones secundarios básicos que se emplean son: patrones de resistencias, patrones de inductancias, patrones de capacitancias y pilas patrón.

PATRONES DE RESISTENCIA

Los patrones de resistencia o resistencias estándar, son resistencias de alta precisión, que se emplean en muchas medidas de laboratorios industriales, de investigación, de calibración. Utilizándose en la oposición al paso de la corriente eléctrica en muchos circuitos cd, ca o para determinar el valor exacto de otras resistencias por métodos de comparación.

La resistencia estándar secundaria, se construye de bobinas de alambre de aleaciones especiales de materiales como el manganeso y el níquel (conocidas como Manganina y Constatan) o de aleaciones de manganeso, aluminio y hierro (conocidas como Novoconstan), debido a que presentan, junto con toda la construcción final de la resistencia patrón, una resistencia ohmica constante, un bajo coeficiente de temperatura, un bajo valor de la fuerza termoeléctrica con cobre, una inductancia baja, una elevada resistencia mecánica y una elevada resistencia térmica, propiedades básicas en cualquier patrón de resistencias.

Estos arrollamientos se construyen a manera de buscar reducir los efectos de la ca o cd en las resistencias, recordemos que en cd una resistencia se construye de tal forma que no se origine una fuerza electromotriz termoeléctrica considerable que afecte su operación.

Las bobinas de alambre se construyen de tipo especial a fin de disminuir, en cd; la fuerza electromotriz termoeléctrica¹, y en ca disminuir la influencia de la inductancia y capacitancia que se genera. Recordemos que en ca una resistencia se comporta como si tuviera conectadas, una inductancia en serie y una capacitancia en paralelo (ver figura 4.1).

¹ Por efecto de la cercanía de los materiales con los que se fabrica una resistencia, si estos se encuentran a diferentes temperaturas pueden generar una fem que hace circular una corriente que afecta el funcionamiento de la resistencia.

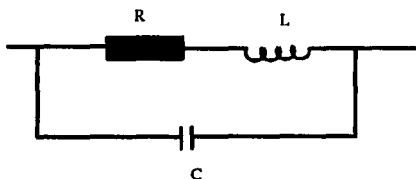


Fig. 4.1 Comportamiento de una resistencia en ca.

Cuando se opera un patrón de resistencia en ca, predomina la influencia de la inductancia para resistencias inferiores a 500 ohms y predomina la influencia de la capacitancia para resistencias superiores a 500 ohms. Los fabricantes, debido a esto, hacen una estimación conocida como defasamiento error mediante la ecuación siguiente.

$$\tan \theta = W[(L/R) - CR - W^2 L^2 C/R]$$

En la cual, dependiendo del tipo de arrollamiento que se emplea para construir la resistencia, se hace la depreciación del termino: $W^2 L^2 C/R$ al reducir el valor de \underline{LC} a casi cero, de tal forma que la ecuación se simplifica a:

$$\tan \theta = W[(L/R) - CR]$$

en donde:

$(L/R) - CR = T$ --es una constante de tiempo mediante la cual se reduce la influencia de la capacitancia e inductancia haciendo que este tienda a cero de tal forma que $\tan \theta = 0$ y no exista defasamiento o error.

Las bobinas de alambre de una resistencia, se construyen en 4 tipos diferentes de arrollamientos:

- 1) arrollamiento bifilar.
- 2) arrollamiento de Chaperson.
- 3) arrollamiento de Wagner, y
- 4) arrollamiento plano.

Arrollamiento bifilar.

Este tipo de arrollamiento consiste en el arrollamiento de dos conductores eléctricos en forma paralela de forma que al terminar este arrollamiento se ha constituido un largo lazo, por el que circulan corrientes de sentidos opuestos, compensando así los flujos magnéticos generados. En la práctica se emplea este tipo de arrollamiento en patrones de resistencias hasta 100 ohms, ya que tienen el inconveniente de presentar problemas debido a su elevada capacidad eléctrica. (ver figura).

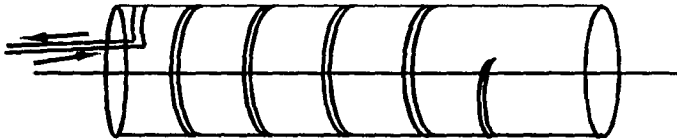


Fig 4.2. Arrollamiento tipo bifilar.

Arrollamiento de Chaperson.

Este tipo de arrollamiento consiste en subdividir el arrollamiento en varias secciones, arrollando en cada una de ellas varias capas e invirtiendo cada vez el sentido del arrollamiento (ver figura), de tal forma que los flujos magnéticos de las capas se compensen al actuar en sentido contrario. De esta forma se consigue que, tanto la inductancia como la capacitancia de arrollamiento sean muy pequeñas. Este arrollamiento de Chaperson se emplea para fabricar patrones de resistencias mayores a 100 Ohms y con aplicaciones de alta precisión.

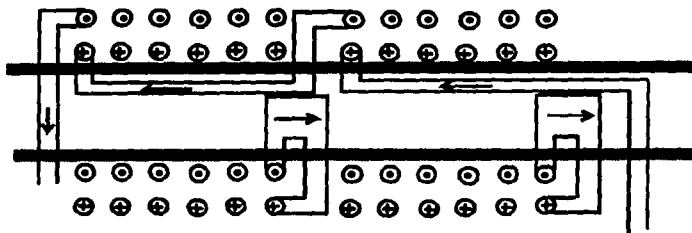
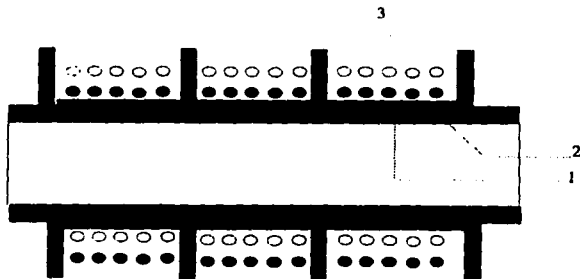


Fig. 4.3 Arrollamiento de Chaperson.

Arrollamiento de Wagner.

En este tipo de arrollamiento la resistencia se subdivide en numerosos grupos pequeños, aislados entre sí. Cada grupo parcial se bobina como en el arrollamiento Chaperson y el conjunto de todos los grupos se monta un cilindro metálico común, ranurado axialmente para evitar la formación de corrientes parásitas. Con este tipo de arrollamiento se consigue que la inductancia y la capacitancia sean muy pequeñas, por lo que encuentra aplicación en la medición de resistencias para frecuencias muy elevadas (hasta 100KHz). Ver figura.



- 1 CILINDRO AISLANTE
- 2 CILINDRO METALICO
- 3 ARROLLAMIENTO CHAPERON

Fig.4.4. Arrollamiento de Wagner.

Arrollamiento plano.

Este tipo de arrollamiento se emplea en la construcción de resistencias de elevado valor. Se construyen arrollando el alambre en placas de material aislante: de mica, de baquelita, etc. En este tipo de arrollamiento, la inductancia es muy baja, debido a que las corrientes en ambas caras de la placa tienen sentido opuesto (ver figura).

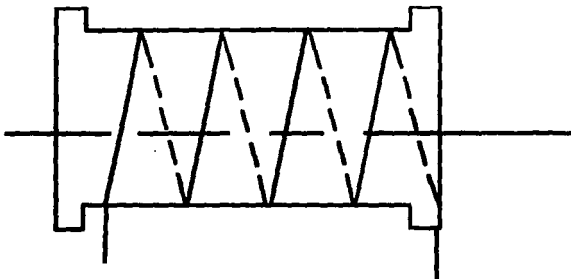


Fig. 4.5 Arrollamiento plano.

Nota: Los diferentes tipos de arrollamiento y su constitución física son exclusivos de los fabricantes por lo que no existe mucha información para profundizar en ello.

Dependiendo del material empleado, los patrones de resistencia se construyen de dos tipos:

1) Patrones generales de resistencia:

- de dos terminales
- de tres terminales

2) Patrones de resistencias variables o décadas de resistencias:

- de clavijas o por manivelas

Se fabrican generalmente con valores típicos de: (0.001, 0.1, 10, 100, 1000, 10000, 100000, 1000000) ohms con valores de exactitud que varía entre $\pm 0.005\%$ y $\pm 0.05\%$ dependiendo del fabricante.

En la siguiente figura se ilustra una década patrón de resistencia construida por Tettex Instruments, con las siguientes características:

- material de los arrollamientos: manganina
- coeficiente de temperatura: $\pm 1.10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ de 20 a 45 $^{\circ}\text{C}$).
- carga máxima: 0.5 watts/resistor
- estabilidad térmica: menor a $\pm 0.02\%$ /año
- valores típicos de resistencia de: 0.001 ohm a 1000000 ohms.
- exactitud: de $\pm 2\%$ a $\pm 0.05\%$



Fig. 4.6 Década de resistencias. Cortesía de Tettex Instrument.

PILA PATRON

Una pila patrón es un dispositivo que convierte energía química en eléctrica y que proporciona una pequeña cantidad de voltaje estandarizado. Las pilas patrón reciben también el nombre de celdas Weston. Para su construcción se emplea el mercurio como polo positivo, y amalgama de cadmio como polo negativo. Se colocan en un envase de vidrio en forma de H, que contiene una solución concentrada de sulfato de cadmio como electrolito. Las pilas generalmente se fabrican para proporcionar una fuerza electromotriz inducida entre 1.018V y 1.0200V, variando en menos del 0.01% de 10 $^{\circ}\text{C}$ a 40 $^{\circ}\text{C}$, con una resistencia interna entre 500 y 800 ohms y una corriente que no debe exceder los 100 μA . Estas características varían con cada fabricante.

La siguiente figura ilustra una celda patrón tipo Weston

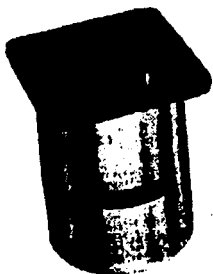


Fig. 4.7 Pila patrón. Cortesía de Tettex Instrument.

La celda que se ilustra en la figura es fabricada por Tettex Instruments y tiene las siguientes características:

- Fuerza electromotriz a 20°C o 23°C de $1.0186V \pm 10\mu V$
- Resistencia interna de 400 a 1000 ohms
- Dimensiones de 100*100*160 mm
- Peso neto de 0.7kg
- Protección contra variaciones, descargas, impactos y operación de temperatura de 4°C a 40°C.

Para aplicaciones en donde la temperatura es superior o inferior de 20°C o 23 °C se emplea la siguiente fórmula para determinar la fuerza electromotriz inducida.²

$$E = E_{20} - [40.6(T-20) + 0.95(T-20)^2 - 0.01(T-20)^3] \times 10^{-6} \text{ volts}$$

En la actualidad, existen también dispositivos conocidos como patrones de transferencia (electrónicos) de alta exactitud que se utilizan como patrones de cd o patrones de corriente.

PATRONES DE INDUCTANCIA

²Fuerza Electromotriz. - Es la energía que un generador eléctrico comunica a la unidad de carga eléctrica cuando ésta pasa por él.

Los patrones de inductancia se fabrican por medio de bobinas y dentro de un circuito, su función principal es oponerse a los cambios o variaciones en la corriente eléctrica. Existen dos tipos de patrones de inductancias:

- A) Patrones de inductancias propias.
- B) Patrones de inductancias mutuas.

Patrones de inductancias propias

Estos patrones se constituyen por un arrollamiento formado por varias vueltas, comunmente conocido como bobina, que al intercalarse en un circuito, reproduce el efecto inductivo correspondiente al valor nominal de la inductancia que representa.

Su construcción se realiza sin núcleo y, mediante cálculo matemático, con el empleo de la siguiente formula, en la práctica se obtienen tanto inductancias fijas como variables:

$$L = 4 \pi n^2 S / l$$

- n = número de espiras de la bobina
- S = sección activa de la bobina en m²
- l = longitud de la bobina en m

Patrones de inductancias mutuas:

Estos se constituyen por dos arrollamientos vecinos entre sí, en una trayectoria cerrada en donde comparten un flujo magnético. Estos patrones se conocen también como transformadores de alta precisión.

La construcción de ambos tipos de patrones de inductancias se realiza buscando la obtención de las siguientes condiciones:

- Invariabilidad de la inductancia con el tiempo.
- Bajo coeficiente de temperatura.
- Baja influencia de la intensidad de corriente en el valor de la inductancia.

- Escasa o nula influencia de las frecuencias en el valor de la inductancia, dentro de los límites nominales de frecuencias para las que se ha construido el patrón.
- Bajo valor de la resistencia ohmica del arrollamiento en comparación con el valor de la reactancia inductiva.

La siguiente figura ilustra una década de inductancia patrón construida con las siguientes características:

- Inductancias de 0.1mH hasta 10H.
- Frecuencia de operación de 50Hz a 1kHz.
- Exactitud de $\pm 0.5\%$.
- Resistencia ohmica de 60 a 80 ohms/Henry.
- Coeficiente de temperatura de $-5 \cdot 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ de -20 a $+85^{\circ}\text{C}$.
- Variación de temperatura de 0.03% por año.



Fig. 4.8 Década de inductancias

PATRONES DE CAPACITANCIAS

Estos patrones son condensadores de alta calidad, cuya función principal es almacenar pequeñas cantidades de energía eléctrica y que cumple con condiciones como:

- Invariabilidad de la capacidad con el tiempo.
- Bajo coeficiente de temperatura.
- Escasa o nula influencia de la frecuencia en el valor de la capacidad, dentro de los límites nominales de la frecuencia para los que ha sido construido.
- Ángulo de pérdidas muy pequeño.
- Dieléctrico del condensador de muy elevada resistencias.

Los patrones de capacitores incluyen pequeñas unidades fijas de dieléctricos, capacitores de aire variables de alta precisión, capacitores de dieléctricos sólidos que usan mica o un equivalente; Se encuentran disponibles en décadas o en valores fijos de hasta 1000 picofaradios.

La figura ilustra un patrón de capacitores estándar conocido como década de capacitancia.



Fig 4.8. Década de capacitancias. Cortesía de Tettez Instruments.

Las principales características de esta década son las siguientes:

- Gama de capacidades desde 1 pf hasta 1100pf.
- Limite de frecuencias de hasta 1kHz.
- exactitud de ± 0.1 a ± 23 pf.
- Coeficiente de temperatura de $+30 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.
- Máximo voltaje de operación de 500V.
- Variabilidad con el tiempo de $\pm 0.05\%$ por año.
- Dieléctricos empleados de mica.

PATRONES DE TIEMPO

Aunque el tiempo no es una cantidad eléctrica, muchos laboratorios requieren el uso del tiempo, por lo que el alto grado de segundos de un péndulo, un reloj fotoeléctrico, un oscilador de cristal, y la frecuencia, son algunas referencias estándar de tiempo.

Con un oscilador, por ejemplo, se puede controlar la frecuencia de operación de un circuito o sincronizar un evento, trabajando en función de intervalos de tiempo muy precisos.

Los Calibradores e instrumentos de medida de alta precisión generalmente se emplean en la calibración de instrumentos y circuitos de instrumentación, ya que son capaces de proporcionar señales de

voltaje y corriente, tanto cd como ca; calibrar resistencias y hacer una estimación de los errores mediante su electrónica avanzada y, en muchos de los casos al tener compatibilidad con las computadoras, emplearse en sistemas automatizados de calibración mediante el empleo de software como el MET/CAL DE FLUKE, con lo cual se realiza la adquisición de datos, graficación y cálculo de los mismos para obtener un mejor control en la incertidumbre de las mediciones. Como ejemplo se tienen los siguientes calibradores (ver figuras).

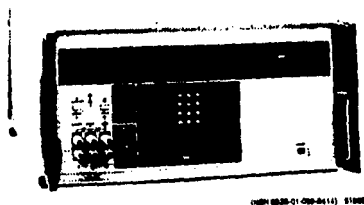


Fig. 4.10 Calibrador Fluke 5100B.

Calibrador FLUKE 5100B. Este calibrador se emplea como equipo de calibración de instrumentos de medición de voltaje y corriente tanto alterna como directa y en la calibración de instrumentos que miden resistencias. Es un equipo de muy alta tecnología, muy versátil y compatible con la computadora mediante el empleo del software MET/CAL que se utiliza para automatización de sistemas de calibración. Este calibrador proporciona voltajes de cd y ca, desde 20mV hasta 1100V, con frecuencias de operación desde 50Hz y hasta 10khz. Proporciona corrientes directas o alternas desde 200uA y hasta 2A, con frecuencias desde 50Hz hasta 10KHz, y proporciona valores de resistencias desde 1ohms hasta 10Mohms en décadas. Es un equipo compatible con un amplificador, con el cual se puede incrementar su capacidad de corriente hasta 20 A.

Calibrador FLUKE 5700A

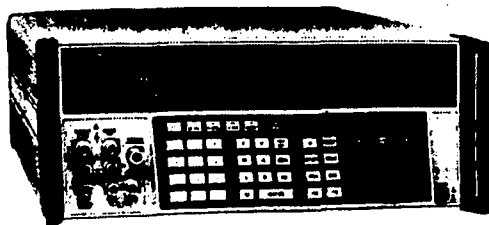


Fig. 4.11 Calibrador Fluke 5700A.

Este tipo de calibrador se emplea para la calibración de una amplia variedad de multímetros, voltímetros, amperímetros, ohmetros. Proporciona voltajes de cd de hasta 1100v y voltajes alternos de 220uV a 1100V con frecuencias desde 10Hz hasta 1.2MHz, además de valores de resistencia desde 1ohm a 100Mohms y corriente directa o alterna hasta 2.2A., con frecuencias desde 10Hz hasta 10khz. Este calibrador es compatible con un amplificador (5715A FLUKE) con el cual se puede incrementar la corriente hasta 11A. Además de que también puede proporcionar una señal de bajo ruido alterna desde 10Hz hasta 30MHz.

A continuación se mencionan algunos ejemplos de aplicación de los patrones de medida estándar.

Estándar de calibración: Termómetro de precisión.

Rango de operación: -80 a 995°F

Aplicación: Calibración de termómetros de mercurio en cristal, termómetros de bulbo de gas, termómetros de bulbo de vapor, termómetros bimetalicos, detectores térmicos de resistencia, termopares.

Estándar de calibración: Pirómetro óptico.

Rango de operación: 1000 a 3000 °F y más

Aplicación: Calibración de termopares, pirómetros infrarrojos, pirómetros de dos colores, pirómetros de relación, pirómetros ópticos.

Estándar de calibración: Cronómetro.

Rango de operación: Intervalos superiores a 0.001s

Aplicación: Calibración de la Respuesta de instrumentos, marcadores de frecuencia registradores, marcadores de tiempo de oscilógrafos, medición de tiempo de demora, respuestas de retroalimentación

Estándar de calibración: Estándares de voltaje.

Rango de operación: 10mV a 5000V en ca y cd

Aplicación: Calibración de voltímetros analógicos, voltímetros digitales, voltímetros diferenciales.

Estándar de calibración: Estándar de corriente.

Rango de operación: 10uA a 50A en ca y cd

Aplicación: Calibración de amperímetros analógicos, miliamperímetros analógicos y multímetros digitales.

Estándar de calibración: Wattímetro (estándar de potencia).

Rango de operación: miliwatt a kilowatt

Aplicación: Calibración de Wattímetros, medidores de Watt/hora, consumo de circuito.

Estándar de calibración: Probador de potenciómetro.

Rango de operación: 0.1 milivolt a 1.6 milivolts.

Aplicación: Calibración de Registradores autoequilibrados, indicadores en milivolts, registradores Electronic, registradores Speedomax, registradores Dynamaster.

Estándar de calibración: Estándar de resistencia.

Rango de operación: 0-1 ohm, 1-100 ohm, 100 ohm, 11Mohm.

Aplicación: Calibración de puentes de resistencia, multímetros de resistencia, sistemas de impedancia.

Estándar de calibración: Estándar de capacitancia.

Rango de operación: 1.0uf a 200mf.

Aplicación: Calibración de capacitores en circuitos.

Estándar de calibración: Tacómetro.

Rango de operación: 30000 a 5000, 50000 a 150000RPM.

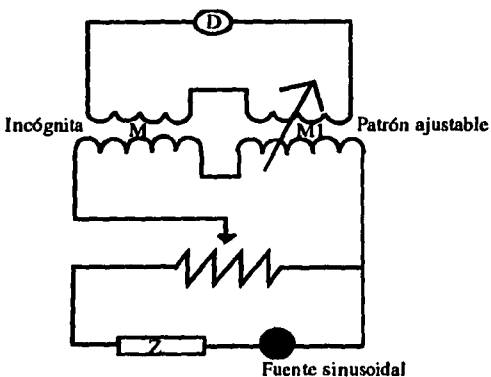
Aplicación: Calibración de ejes giratorios, y partes móviles.

Estándar de calibración: Generadores de frecuencia.

Rango de operación: 5MHz, 1MHz, 100kHz.

Aplicación: Calibración de Osciladores, osciloscopios, televisión, radares, radios.

A manera de ejemplo se ilustra una de las aplicaciones antes mencionadas.



En la figura se utiliza el método de comparación por cero, para medir una inductancia mutua desconocida, M , en función de una inductancia mutua patrón M_1 , ajustable hasta el valor M . Una fuente senoidal proporciona la misma corriente a los primarios conectados en serie de las bobinas desconocida y patrón. De tal forma que los voltajes inducidos en los secundarios conectados en serie, serán iguales y opuestos cuando M_1 se ajuste para que el medidor marque cero; que es cuando se presenta la condición $M_1=M$ pues las corrientes inducidas son iguales pero contrarias determinándose el valor de la inductancia que será el mismo que M_1 .

4.2.2 PERIODOS RECOMENDABLES PARA REALIZAR UNA CALIBRACIÓN

Los instrumentos de medición y los patrones estándar deben ser calibrados en intervalos periódicos de tiempo por personal especializado, con el propósito de mantener y asegurar su precisión y confiabilidad en su aplicación.

Los intervalos de calibración, como se mencionó en el punto 4.2.1, son dependientes de un gran número de circunstancias, tales como la delicadeza con la que se opera un aparato, el tipo de personal que lo manipula, el medio ambiente donde se encuentra, y el grado de precisión que tiene, entre otras cosas.

Los periodos de calibración o intervalos de calibración varían desde unas semanas hasta unos años y son realizados por los laboratorios ya mencionados.

En la actualidad se han determinado periodos de calibración, en función de la experiencia en la evaluación, ajuste, mantenimiento y calibración de instrumentos realizados por el personal que integra la cadena de trazabilidad, periodos de los cuales se hace mención a continuación.

Area: Capacitancia Eléctrica.

Equipo o instrumento: Capacitores patrón.

Clase de exactitud: menor a 10ppm.

Uso: patrón de referencia.

Periodo máximo entre calibraciones: 2 años.

Equipo o instrumento: Décadas capacitivas.

Clase de exactitud: mayor a 100ppm, mayor a 0.05%.

Uso: Patrón de trabajo y patrón de referencia respectivamente.

Periodo máximo entre calibraciones: 2 años.

Equipo o instrumento: Puentes de capacitancia.

Clase de exactitud: de 50ppm a 100ppm, y mayores a 100ppm.

Uso: Patrón de transferencia, o patrón de trabajo, respectivamente.

Periodo máximo entre calibraciones: 1 año.

Area: inductancia eléctrica.

Equipo o instrumento: Inductores patrón.

Clase de exactitud: mayor a 0.01%.

Uso: Patrón de transferencia.

Periodo máximo entre calibraciones: 2 años.

Equipo o instrumento: Décadas inductivas.

Clase de exactitud: mayor a 0.1%.

Uso: patrón de trabajo.

Periodo máximo entre calibraciones: 2 años.

Equipo o instrumento: Medidores RLC.

Clase de exactitud: mayor a 0.01%.

Uso: Patrón de trabajo.

Periodo máximo entre calibraciones: 1 año.

Area: Eléctrica tiempo y frecuencia.

Equipo o instrumento: Oscilador cesio.

Clase de exactitud: 5*10-12 a 10-15.

Uso: Patrón primario.

Periodo máximo entre calibraciones: 1 año.

Equipo o instrumento: Oscilador de rubidio.

Clase de exactitud: 5*10-10 a 10-12.

Uso: Patrón de referencia.

Periodo máximo entre calibraciones: 1 año.

Equipo o instrumento: Oscilador de cuarzo.

Clase de exactitud: 5*10-10.

Uso: Patrón de transferencia, o patrón de trabajo.

Periodo máximo entre calibraciones: 1 año.

Equipo o instrumento: Contador universal.

Clase de exactitud: 1*10-6 a 10-9,9 a 11 dígitos.

Uso: Patrón de transferencia.

Periodo máximo entre calibraciones: 1año.

Equipo o instrumento: Osciloscopios.

Clase de exactitud: 2%.

Uso: Instrumentos de trabajo.

Periodo máximo entre calibraciones: 1 año

Equipo o instrumento: Generadores de funciones.

Clase de exactitud: 2%.

Uso: Instrumento de trabajo.

Periodo máximo entre calibraciones: 1 año.

Equipo o instrumento: Cronómetros.

Clase de exactitud: todas.
Uso: Instrumento de trabajo.
Periodo máximo entre calibraciones: 1 año.

Area: Eléctrica Corriente.

Equipo o instrumento: Galvanómetros.
Clase de exactitud: cualquiera.
Uso: patrón de transferencia.
Periodo máximo entre calibraciones: 1 año.

Equipo o instrumento: Amperímetro electrodinámico.
Clase de exactitud: 0.05%.
Uso: Instrumento de trabajo.
Periodo máximo entre calibraciones: 6 meses, 1 año.

Equipo o instrumento: Amperímetro analógico o digital.
Clase de exactitud: 0.3%cc, 0.5% ca.
Uso: instrumento de trabajo.
Periodo máximo entre calibraciones: 1 año.

Equipo o instrumento: microamperímetro digital
Clase de exactitud: 0.1%cc, 0.5% ac.
Uso: Instrumento de trabajo.
Periodo máximo entre calibraciones: 1 año.

Equipo o instrumento: Fuentes de cc.
Clase de exactitud: 0.1%.
Uso: Instrumento de trabajo.
Periodo máximo entre calibraciones: 1 año.

Equipo o instrumento: Medidor de corriente efecto Hall.
Clase de exactitud: 2%.
Uso: Instrumento de trabajo.
Periodo máximo entre calibraciones: 1 año.

Equipo o instrumento: Transformadores de corriente.
Clase de exactitud: 0.01%.
Uso: Patrón de transferencia.
Periodo máximo entre calibraciones: 5 años.

Equipo o instrumento: Calibrador de corriente.

Clase de exactitud: 0.02%cc, 0.08%ca.

Uso: Patrón de transferencia.

Periodo máximo entre calibraciones: 1 año.

Equipo o instrumento: Derivadores de corriente.

Clase de exactitud: menor a 0.01%, mayor a 0.01%.

Uso: Patrón de transferencia, patrón de trabajo ,respectivamente.

Periodo máximo entre calibraciones: 1 año, 6 meses, respectivamente.

Area: Resistencia eléctrica.

Equipo o instrumento: Resistencia patrón.

Clase de exactitud: menor a 10ppm, de 10ppm a 100ppm.

Uso: patrón de trabajo, Patrón de transferencia.

Periodo máximo entre calibraciones: 2 años.

Equipo o instrumento: Fuente para medir resistencia.

Clase de exactitud: menor a 5ppm, mayor a 5ppm, mayor a 100ppm.

Uso: patrón de referencia, patrón de transferencia, patrón de trabajo, respectivamente.

Periodo máximo entre calibraciones: 2 años, 2 años, 1 año, respectivamente.

Equipo o instrumento: Puentes de Kelvin y Wheatstone.

Clase de exactitud: mayor a 5ppm, mayor a 0.1%.

Uso: Patrón de referencia, y patrón de trabajo respectivamente.

Periodo máximo entre calibraciones 1año.

Equipo o instrumento: Comparador de resistencia.

Clase de exactitud: mayor a 5ppm.

Uso: patrón de referencia.

Periodo máximo entre calibraciones: 2 años.

Equipo o instrumento: Décadas de resistencias.

Clase de exactitud: mayor a 0.01%.

Uso: patrón de trabajo. calibraciones: 6 meses.

Equipo o instrumento: Megohmetros.

Clase de exactitud: mayor a 0.2%.

Uso: Instrumento de trabajo .

Periodo máximo entre calibraciones: 1 año.

Área: Tensión eléctrica.

Equipo o instrumento: Voltmetro electrodinámico.

Clase de exactitud: 0.05%.

Uso: Instrumento de trabajo.

Periodo máximo entre calibraciones: 6 meses.

Equipo o instrumento: Voltmetro digital.

Clase de exactitud: mayor a 10ppm, cc, 51/2 dígitos.

Uso: Instrumento de trabajo.

Periodo máximo entre calibraciones: 1 año.

Equipo o instrumento: Potenciómetro.

Clase de exactitud: menor a 20ppm, mayor a 20ppm.

Uso: Patrón de referencia, patrón de trabajo, respectivamente.

Periodo máximo entre calibraciones: 2 años, 1 año, respectivamente.

Equipo o instrumento: Fuentes de alimentación alto voltaje mayor a 1000Vcc.

Clase de exactitud: cualquiera.

Uso: Patrón de transferencia.

Periodo máximo entre calibraciones: 6 meses.

Equipo o instrumento: Calibrador de tensión en ca.

Clase de exactitud: menor a 500ppm.

Uso: Patrón de transferencia.

Periodo máximo entre calibraciones: 6 meses.

Equipo o instrumento: Fuente de tensión.

Clase de exactitud: 0.1%.

Uso: Instrumento de trabajo.

Periodo máximo entre calibraciones: 1 año.

Equipo o instrumento: Detector de nulos.

Clase de exactitud: 1%.

Uso: Instrumento de trabajo.

Periodo máximo entre calibraciones: 1 año.

Equipo o instrumento: Transformadores de potencial.

Clase de exactitud: 0-01% a 0.5%.

Uso: Patrón de referencia.

Periodo máximo entre calibraciones: 5 años.

Equipo o instrumento: Pilas patrón saturado.

Clase de exactitud: menor a 8ppm.

Uso: Patrón de referencia.

Periodo máximo entre calibraciones: 2 años.

Equipo o instrumento: Pilas patrón no saturadas.

Clase de exactitud: menor a 10ppm.

Uso: Instrumento de trabajo.

Periodo máximo entre calibraciones: 1 año.

Equipo o instrumento: Divisor de calibradores de tensión c.c

Clase de exactitud: menor a 5ppm, menor a 10ppm, de 10ppm a 100ppm.

Uso: Patrón de referencia, patrón de referencia, Patrón de transferencia, respectivamente.

Periodo máximo entre calibraciones: 2 años, 1 año, 6 meses, respectivamente.

Equipo o instrumento: Patrón de transferencia térmica.

Clase de exactitud: mayor a 100ppm, mayor a 10ppm, menor a 500ppm.

Uso: Patrón de trabajo, patrón de transferencia, respectivamente.

Periodo máximo entre calibraciones: 6 meses, 2 años, respectivamente.

CAPITULO 5

"IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE METROLOGÍA".

5.1 ANTECEDENTES.

Establecer un laboratorio estándar o utilizar sus servicios, resulta ser una inversión millonaria necesaria. Estos laboratorios, como ya se ha mencionado, poseen un valor estratégico que permite obtener información objetiva para asegurar la calidad de los productos y, por consiguiente, mejorar el nivel de competitividad de un negocio. A la larga se obtendrán beneficios económicos que amortizarán, tanto para los usuarios de servicios como para el mismo laboratorio, sus costos de inversión.

Este capítulo se basa en la implementación de un laboratorio de metrología para calibración de instrumentos en el Instituto de Investigaciones Eléctricas Salazar Edo. de Méx. (IIE), en donde, a lo largo de varios años, se fueron adquiriendo las condiciones necesarias para acreditarlo.

5.2 FUNCIÓN Y ESPECIFICACIÓN DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA ELÉCTRICA (ORGANIZACIÓN).

La naturaleza y precisión en el trabajo de un laboratorio estándar varía en función de los patrones de medición con los que cuenta para realizar la calibración de instrumentos de medición.

Por ejemplo, el siguiente organigrama ilustra la organización de un laboratorio que el IIE pretende acreditar en 1995 (ver figura 5.1).

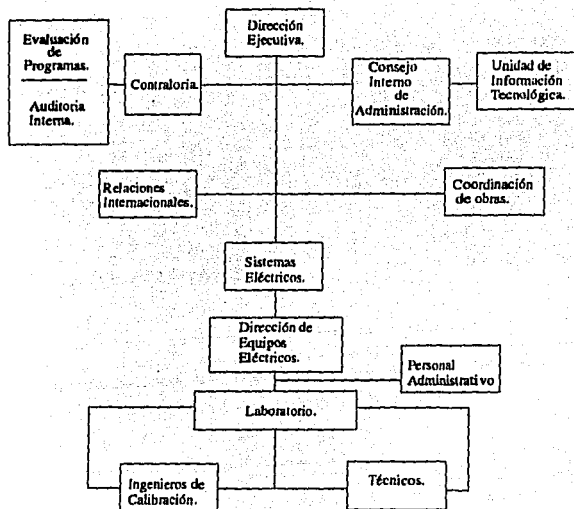


Fig. 5.1 Organigrama de organización de un laboratorio de calibración.

En este laboratorio se pretende dar calibración a instrumentos de trabajo tanto de tipo pasivo (inductores, resistores, capacitores) como a medidores de potencia, de voltaje (cd y ca), de corriente (cd y ca), de resistencia, de inductancia, y de capacitancia, ya que se cuenta con los siguientes equipos patrones:

a) Calibrador FLUKE

Modelo 5100B

Rangos de trabajo:

Tensión CD: 0-1100V

Exactitud: $\pm (0.004\% + 0.001\% \text{ por rango} + 5\mu\text{V})$.

Tensión CA: 2mV-1100V

Exactitud: $\pm (0.035\% + 0.005\% \text{ por rango} + 50\mu\text{V})$ para frecuencias de 50Hz hasta 10kHz.

Exactitud: $\pm (0.06\% + 0.008\%$ por rango + 50uV)
para frecuencias de 10kHz hasta 50kHz.

Exactitud en todas las frecuencias: $\pm 3\%$.

Corriente CD: 0-2A

Exactitud: $\pm (0.015\% + 0.002\%$ por rango + 0.01uA).

Corriente CA: 0-2A

Exactitud: $\pm (0.05\% + 0.002\%$ por rango + 0.01uA).

Resistencia: 1 ohm a 10Mohms por décadas

Exactitud: $\pm 0.003\%$ excepto: (ohm) $\pm 0.015\%$, (10 ohms a 1Mohm) $\pm 0.010\%$, (10Mohms) $\pm 0.030\%$.

b) Amplificador de transconductancias FLUKE

Modelo 5220A

Rangos de trabajo:

0-20A(cd, ca).

Exactitud cd:0.25%, ca: 0.05%.

c) Fuente de corriente YEW

Modelo 2561

Rangos de trabajo:

0-30Amp.

Exactitud: 0.01%

d) Fuente de Tensión standard YEW

Modelo 2552

Rango de trabajo:

0-1200 Vca

Exactitud: 50 ppm

Nota: Próximos a adquirirse

e) Dos décadas de resistencias Tettex Instruments

1a. década: 0.01, 0.1, 1, 10, 100, 1000 (ohms).

2a. Década: 10, 100, 1000, 10000, 100000, 1000000 (ohms)

f) 1 década de capacitores Tettex Instruments
capacitores dc: (1, 10, 100) pf, (10, 100) nf, (1, 10) uf.

g) 1 década de inductancias Tettex Instruments
inductores de: 0.1, 1, 10, 100, 1000, 10000 mH.

h) Y resistencias fijas Tettex Instruments con los siguientes valores: (0.1, 1, 10, 1000) mohms, (1,10,1000) ohms, (1,10,100) Kohms, (1, 10, 100) Mohms.

Un laboratorio operará específicamente en función de los patrones de medición que tenga y mediante los cuales se elaborarán procedimientos de calibración (en este caso aplicados a variables eléctricas) que serán coordinados, evaluados, y autorizados de acuerdo con la organización del laboratorio.

Además de los patrones de medición, el laboratorio puede contar con material de apoyo; por ejemplo, el laboratorio en este caso cuenta con el siguiente equipo:

- Amperímetros analógicos YEW.
- Amperímetro digital TELETERNIK.
- Contador de tiempo PHILIPS.
- Fototacómetro YEW.
- Galvanómetros.
- Medidor digital LCR HEWLETT PACKARD.
- Megger NORMA.
- Osciloscopios TEKTRONIK, NICOLET.
- Termógrafos LEDDS AND NORTHRUP.
- Puente de capacitancia HAEFELY.
- Puente de Wheastone Kelvin TETTEX AG.
- Termómetros PROPERTY TROPHY.
- Transductores de corriente y voltaje CAMILLE BAUER, Y BALTEAU.
- Sensores: Termopares, RTD.
- Equipo de adquisición de datos TEKTRONIX.
- Transformadores de instrumento WHESTINHOUSE.
- Shunts IIE, entre otros.

5.3 DISEÑO DEL CUARTO DEL LABORATORIO (MEDIO AMBIENTE).

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA 79

La construcción básica de un laboratorio dependerá de sus necesidades particulares; sin embargo existen características estándares que se deben tomar en cuenta ya que su objetivo principal es controlar el medio ambiente, el cual puede verse afectado por los siguientes factores:

- i) Los factores de origen natural: temperatura, presión atmosférica, polvo, humedad, vibraciones, interferencias electromagnéticas, ruidos, ondas de radio frecuencia, humo, gases, calor, etc.**
- ii) Los factores de influencia debidos a las actividades y a las acciones del hombre, que se pueden deber a ubicación del laboratorio, mobiliario, equipo, capacitación y organización, entre otros.**

Estos factores deben considerarse y controlarse con el fin de minimizar su influencia en la operación de los instrumentos y patrones de medición.

La construcción de un laboratorio, no importando si es una instalación permanente, temporal o móvil, debe hacerse bajo normatividad con el fin de poder lograr con ello el acreditamiento. A continuación enlsto una serie de recomendaciones que se pueden considerar en la construcción del laboratorio.

- El laboratorio debe encontrarse dentro de una construcción sólida por ejemplo, con estructuras de acero, recubiertas de concreto o material de mampostería, etc. En donde las condiciones de las paredes, pisos y techos deberán ser las apropiadas para las funciones a realizar, con la finalidad de tener control sobre vibraciones, ruidos, radiaciones electromagnéticas, polvos, así como la infiltración y exfiltración de aire (ver figura 5.2 y 5.3)**

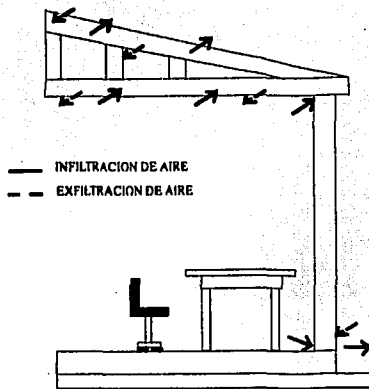


Fig. 5.2 Construcción de un laboratorio.

- El control ambiental del laboratorio debe estar destinado a operar normalmente en un rango de temperaturas de 20°C a $23^{\circ}\text{C} \pm 0.6^{\circ}\text{C/h}$ y con una humedad relativa¹ de 35 a 55%, por lo que debe contar con aire acondicionado. El aire acondicionado es una técnica que permite hacer variar algunas de las características del aire², como son la temperatura, la humedad, la pureza del aire, la velocidad de aire y el polvo con objeto de procurar comodidad en el caso de casas habitación, o controlar las necesidades ambientales en un proceso en el caso de una industria.

Debe aclararse que el uso de calefactoreso ventiladores que introducen aire, y de ventiladores de aspas, no son propiamente acondicionadores de aire, aunque a veces proporcionen suficiente comodidad.

Actualmente existen en el mercado una amplia gama de acondicionadores de aire que varían en forma, tamaño, capacidad y

¹ Humedad relativa: es la relación entre la cantidad de agua en el ambiente y la que el ambiente puede conservar a cierta temperatura.

² El aire es una mezcla de gases: 78.08% de nitrógeno, 20.95% de oxígeno, 0.93 de argón, 0.018% de neón, 0.005% de helio, 0.0001% de criptón, 0.003% de gas carbónico, 0.01% de hidrógeno, y su respectiva proporción variable de vapor de agua que depende de la humedad relativa.

características³. El siguiente cuadro sinóptico resume los tipos más empleados:

Acondicionadores de aire	Tipo Ventana	Es uno de los acondicionadores de aire más difundido y puede proporcionar de 1250 a 6000 de potencia frigorífica y de 3150 a 6500 de potencia calorífica.
	Unidades Compactas	Se conocen también como consolas y su instalación se realiza en un muro adosado a él o colgados. Los hay con potencias desde 2800 a 8000.
	Sistema Partido	En este sus componentes actúan por separado e interconectados por refrigerante, sus gamas de potencia van desde 58000 a 68000.
	Instalaciones centralizadas	Se compone de una instalación central, donde se agrupan todos los componentes del sistema. Este tipo de aire acondicionado es de alta potencia.

El tema referente al aire acondicionado es muy extenso y, en algunos casos, complejo. En la bibliografía, al final de este trabajo, hago mención de dos libros que contienen información sobre aspectos que se deben considerar al escoger el tipo de aire acondicionado, el cual dependerá de las dimensiones del local, la ganancia y la pérdida de calor. En el caso del laboratorio que deseamos implementar realicé los cálculos como se muestra a continuación:

Primero.- se consigue la siguiente información:

1) Actividad que se desarrolla: Calibración de instrumentos (próximamente).

2) Dimensiones del local (fig. 5.3):
Largo 6.50m

³ En la sección amarilla se encuentra una gran lista de fabricantes e instaladores de aire acondicionado.

Ancho 3.50m

Altura 2.80m

3) Número de ventanas: 3

2 de 0.50m x 2m

1 de 0.50m x 0.50m

4) Protección de las ventanas: cortinas.

5) Clase de cristal: normal.

6) Clase de techo: bajo piso ocupado.

7) Clase de suelo: sobre piso ocupado.

8) Número de ocupantes: 4.

9) Iluminación: fluorescente.

10) Equipos eléctricos: computadoras, y calibradores.

En función de esta información, los instaladores del aire acondicionado (el cual esta normalizado para operar bajo ciertas características como son temperatura de 20°C a 23°C y humedad relativa controlada) aplican un método que se basa en tablas⁴ para calcular las condiciones de ganancia de calor del lugar, determinando la potencia calorífica con la que se elige el tipo de aire acondicionado que se requiere.

Segundo.- Se realiza el cálculo de acondicionamiento del aire

Con en este método se obtienen todas las posibles aportaciones de potencia calorífica del lugar para, en función de ello, estimar la potencia frigorífica que se necesita para estabilizar el ambiente.

-Ganancia de calor⁵.

1) La ganancia de calor en las ventanas (ver figura 5.3):

⁴(ver referencias bibliográficas)

⁵Todos los valores remarcados con negro son valores constantes que da el fabricante (ver referencias).

-ventanas al este: $2 \times 0.50 = 1\text{m}^2 \times 107.60 = 107.60$
Kcal/h

como son dos ventanas: $2 \times 107.60 \text{ Kcal/h} = 215.2$
Kcal/h

-ventana hacia el suroeste: $0.50 \times 0.50 = 0.25\text{m}^2 \times 121.05$
 $= 30.2625 \text{ Kcal/h}$

2) En el punto anterior se considera por efectos de influencia el valor más grande y para el pequeño se hace otro calculo:

-ventana al suroeste: $0.5 \times 0.5 = 0.25\text{m}^2 \times 37.66 = 9.415$
Kcal/h

3) La ganancia de calor en las paredes:

muros exteriores: $6.50\text{m} + 3.50\text{m} = 10\text{m} \times 24.60 = 246$
Kcal/h

muros interiores: $6.50\text{m} + 3.50\text{m} = 10\text{m} \times 24.60 = 246$
Kcal/h

Total = 492 Kcal/h

4) Ganancia de calor en el techo:

$6.50\text{m} \times 3.50\text{m} = 22.75\text{m}^2 \times 8.07 = 183.59 \text{ Kcal/h}$

5) Ganancia de calor en el piso:

$6.50\text{m} \times 3.50\text{m} = 22.75\text{m}^2 \times 8.07 = 183.59 \text{ Kcal/h}$

6) Ganancia de calor por el personal:

$4 \times 150 = 900 \text{ Kcal/h}$

7) Ganancia de calor por iluminación y equipos eléctricos :

4 lámparas de 40W = $160\text{W} \times 0.86 = 137.6 \text{ Kcal/h}$

1 calibrador 5100 1W = 0.86 Kcal/h

$$2 \text{ computadoras } 400\text{W} \times 0.86 = 344 \text{ Kcal/h}$$
$$\text{Total} = 462.336 \text{ Kcal/h}$$

8) Condiciones de las puertas y arcos: Protegidos.

9) Suma de todas las ganancias de calor del lugar:

$$107.60 + 9.425 + 492 + 183.59 + 183.59 + 900 + 462.336 = 2338.531 \text{ Kcal/h}$$

10) Finalmente los fabricantes aplican un factor de tolerancia de 1.10

$$2338.532 \text{ Kcal/h} \times 1.10 = 2572.3841 \text{ Kcal/h}$$

Con el valor obtenido 2572.3841 Kcal/h aproximadamente 10000 BTU, se determina la capacidad y el tipo de aire acondicionado que cubre esta potencia calorífica para compensarla con potencia frigorífica y mantener así el lugar estabilizado, en este caso un aire acondicionado tipo ventana o tipo consola satisface la necesidad. Actualmente, en el mercado, el aire acondicionado tipo ventana tiene un precio comercial aproximado de N\$ 3000.00 incluyendo la instalación, y con capacidad para operar con voltajes de 110V o 220V.

- En el laboratorio tienen que sensarse las condiciones ambientales, para ello se pueden emplear termómetros de mercurio, hidrógrafos, higrómetros, pirómetros de radiación y barómetros, con los cuales se estará comprobando, mediante sus lecturas, las verdaderas condiciones ambientales del lugar.
- El uso de servicios, como electricidad, gas, agua, etc., dependerá de las características propias de cada laboratorio pero, en cada caso, se debe contar con el plano de cada instalación, así como con diversos medios para monitorear y controlar el suministro de los mismos; cuidando también que el vapor de agua no se filtre por el receptáculo de interruptores, contactos y demás elementos asociados a las instalaciones.
- Deberá existir espacio suficiente alrededor del equipo de prueba para minimizar el riesgo de daño o de peligro, y para proporcionar la conveniencia de una operación correcta. Normalmente se requiere que las mesas de trabajo y los sitios de almacenaje se encuentren cercanos

a la operación en cuestión, y que cada operador tenga una mesa de trabajo. La siguiente figura ilustra un ejemplo (figura 5.3).

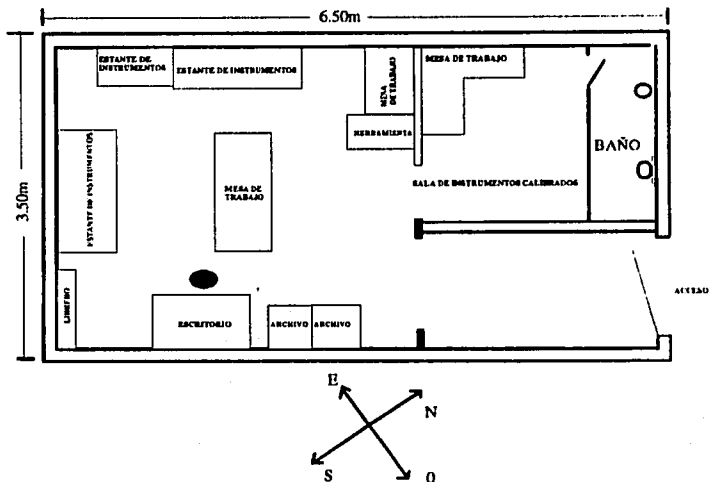


Fig. 5.3 Ejemplo de distribución del equipo en el laboratorio.

En la figura anterior se ilustra un ejemplo de distribución de equipo y material de un laboratorio, además de que también se puede observar el uso de una sola puerta con la que se controla, de forma efectiva, el acceso al área del laboratorio. Se recomienda que en el contorno de la puerta se coloquen sellos de tal forma que se minimice la entrada de aire húmedo al área de trabajo del laboratorio.

- La iluminación del área del laboratorio deberá estar distribuida de tal forma que proporcione una iluminación homogénea a toda el área de trabajo.

En la actualidad existen muchas clases de fuentes de iluminación:

Fuentes de
iluminación

- Lámparas incandescentes
- Lámparas de tungsteno- halógeno
- Lámparas fluorescentes
- Lámparas de vapor de mercurio
- Lámparas de vapor de sodio
- entre otras.

La elección del luminario se realiza en función de diversos factores:

- altura de montaje
- tipo de lámpara
- características de depreciación del luminario
- restricciones físicas del montaje (colgante, empotrado, abierto, cerrado)
- mantenimiento requerido (limpieza del reflector, remplazo de las lámparas)
- costo
- tamaño
- peso
- aspecto estético
- voltaje de alimentación del luminario
- características del balastro (si se requiere)
- horas de vida, etc.

El cálculo mediante el cual se realiza una distribución homogénea en toda el área de un lugar se conoce como "método de cavidad zonal" (ver bibliografía de referencia), según el cual, el local se divide en tres cavidades separadas: cavidad del techo (área medida desde el plano del luminario al techo), cavidad del local (espacio entre el plano de trabajo donde se desarrolla la tarea y la parte inferior del luminario), y cavidad del piso (se considera desde el piso a la parte superior del plano de trabajo) (ver figura 5.4).

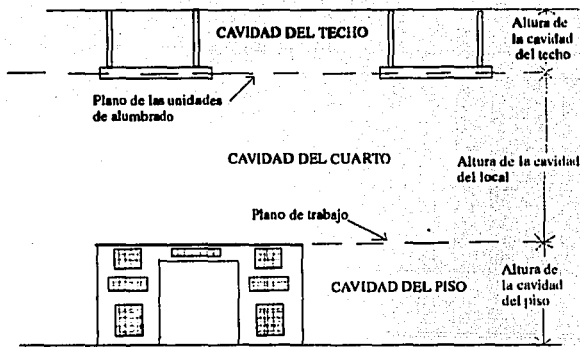


Fig. 5.4 Nomenclatura de cavidades por zonas.

La explicación del método es extensa, por lo que no se incluye en este trabajo (consultar las referencias bibliográficas).

- Finalmente se recomienda tomar todas las medidas necesarias y convenientes para asegurar el mantenimiento y limpieza del laboratorio.

Es importante recordar que las variables a controlar en el laboratorio, se deben monitorear constantemente y mantener su registro , a fin de poder garantizar lo que se realiza en él.

5.4 INSTRUMENTOS Y EQUIPO DE REFERENCIA

El equipo que se manejará en el laboratorio, dependerá de las necesidades de servicio y demanda del mismo, pudiendo ser este de tipo activo o de tipo pasivo.

En la actualidad, existe equipo de calibración de tipo activo muy avanzado y preciso; es el que se usa preferentemente en los laboratorios de calibración secundarios por emplearse directamente mediante comparación para calibrar instrumentos (multímetros, medidores de voltaje y corriente (cd, ca), medidores de resistencias). Además son compatibles con computadoras, junto con las cuales se realiza la automatización de una calibración. Dentro de este tipo de equipos se

encuentra, en la actualidad, el calibrador FLUKE 5100B y el calibrador FLUKE 5700A, con un precio de N\$ 15830.00 y \$ 35,495 dólares, respectivamente.⁶

En cuanto a patrones de medición en general, las Asociaciones de Metrología, las normas de metrología e ingenieros expertos en metrología, recomiendan a cualquier laboratorio de calibración secundario de tipo eléctrico, contar con los siguientes patrones de medición:

- Patrones de calibración activos.
- Patrones de resistencias, incluyendo valores de megaohms y multimegaohms, incluyendo shunts para altas corrientes.
- Patrones de capacitancias con valores múltiples.
- Patrones de tiempo.
- Estándares de voltaje.
- Una pila patrón.
- Estándares de inductores múltiples.
- Patrones fijos de resistencia, inductancia y capacitancia.

Estos instrumentos deben ser de elevada exactitud y precisión, y seleccionarse en función de su costo real. Al adquirirlo, el laboratorio debe preocuparse porque el instrumento tenga las siguientes características: que sea expandible de capacidad, que contenga manual de instrucciones y operación, que sea seguro y fácil de emplear, que esté garantizado y, que en verdad cumpla con las especificaciones para las que fue construido.

Al adquirir un instrumento normalizado para emplearse en el laboratorio, debe hacerse una análisis de lo que realmente costaría comprarlo, analizando para ello: el precio de adquisición, el costo de las refacciones, la vida útil del equipo, el factor de depreciación, la posibilidad de uso o venta después que el aparato ha sido depreciado, el costo de adquisición, el costo de mantenimiento, lo que costaría realizarle ajustes y lo que costará calibrarlo.

Ejemplo: El calibrador FLUKE 5100B tiene un precio neto de N\$ 15 830.00 y un costo de calibración y mantenimiento al año de N\$ 2700.00, la vida garantizada del calibrador para trabajar en óptimas condiciones es de 10 años. Si suponemos una tasa de interés de 5% anual, ¿cuál sería el costo verdadero del calibrador durante toda su vida?

⁶ En el mercado, en materia de calibración de equipos de tipo activo, la marca FLUKE es de las más prestigiadas y la que lidera el mercado. Aquí en México la empresa MEXEL distribuye este tipo de equipos. (Ver apéndice A).

Solución:

Para resolver este problema se empleara el método conocido como calculo del valor presente de dos formas diferentes.

Primero.- Se hace el análisis del problema mediante el empleo de un diagrama de flujo de caja, en el que se muestra la relación entre el número de años, los costos de calibración, mantenimiento, y se calcula el valor presente directamente con fórmula.

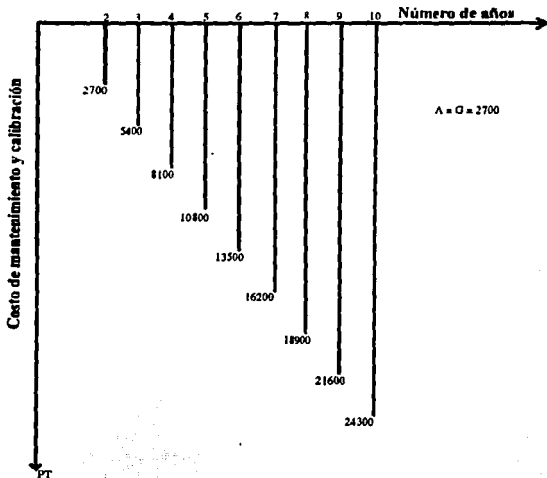


DIAGRAMA DE FLUJO DE CAJA

Para el cálculo consideremos los siguientes términos:

P = Valor o suma del dinero en un tiempo señalado como presente.

F = Valor o suma de dinero en algún tiempo futuro.

A = Serie de cantidades periódicas o iguales de dinero a través de periodos consecutivos de tiempo.

n = Número de periodos de tiempo.

i = Taza de interés por periodo de interés.

En este caso el valor presente se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_T = PA + PG \dots \dots \dots 1$$

considerando que $A = G$ entonces la fórmula 1 se escribe de la siguiente forma:

$$P_T = F_2 (P / F_2, \%, n) \dots\dots\dots 2$$

en donde $F_2 = G (P / G, \%, n) \dots\dots 3$

sabemos que $G = 2700$
 $n = 10$, y
 $i = 5\%$

Substituyendo estos valores en la fórmula 3 se tiene:

$$F_2 = 2700 (P / G, 5, 10)$$

que se resuelve mediante la siguiente ecuación:

$$P = \left[\frac{G}{i} \right] \left[\frac{[(1+i)^n - 1]}{i(1+i)^n} - n \right] \dots\dots\dots 4$$

Substituyendo valores se obtiene:

$$P = 2700 (31.649) = 85452.3 \dots\dots\dots 5$$

Substituyendo 5 en 2 se tiene:

$$P_T = 85452.3 (P / F_2, 5\%, 10) \dots\dots\dots 6$$

Utilizando la expresión 4 para resolver 6 y substituyendo valores se obtiene:

$$P_T = \text{N\$ } 52,460.2995 \text{ Que es el costo anual equivalente hasta el año designado.}$$

Segundo.- Se realiza el cálculo del valor presente mediante una tabla conocida como tabla de costo, equivalente de activo fijo, para obtener así una gráfica que nos ilustre el comportamiento del activo durante el tiempo escogido. Al final de la tabla se puede observar que el resultado obtenido es igual al del cálculo anterior en ambos casos. El costo total del equipo en el tiempo de vida asignado será aproximadamente de N\$ 53.000, que serán amortizados en función del servicio que se proporcione.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Número de Año	Costo de mantenimiento al finalizar el año designado	Factor del valor presente P/F, %, n	Valor presente para el año designado B x C	Sumatoria de los valores presentes	Factor de recuperación de capital (A/P, %, n)	Costo anual equivalente de la recuperación E x F	Costo anual equivalente de capital y retorno F x 15,830,00	Costo total anual equivalente
1	0	0.9524	0	0	1.05001	0	16621.5	16621.5
2	2700	0.9070	2448.979	2448.979	0.53781	1317.073	8513.4512	9830.5242
3	5400	0.8638	4664.7230	7113.702	0.36721	2612.2123	5812.9115	8425.1236
4	8100	0.8227	6663.89	13777.592	0.28202	3885.444	4464.2473	8349.6913
5	10800	0.7835	8642.0825	22419.6745	0.23098	5178.38	4061.28310	9095.85
6	13500	0.7462	10073.908	32493.5825	0.19702	6401.8033	3118.7865	9520.6
7	16200	0.7107	11513.037	44006.6195	0.17282	7605.216	3140.692	10602.0935
8	18900	0.6768	12792.264	56798.8835	0.15472	8788.0263	2449.2463	11237.2726
9	21600	0.6446	13923.5526	70722.4361	0.14069	9949.9452	2227.124	12177.0629
10	24300	0.6139	14918.092	85640.5281	0.12951	11090.84019	2050.0574	13140.8976
							52460.2995	109000.62

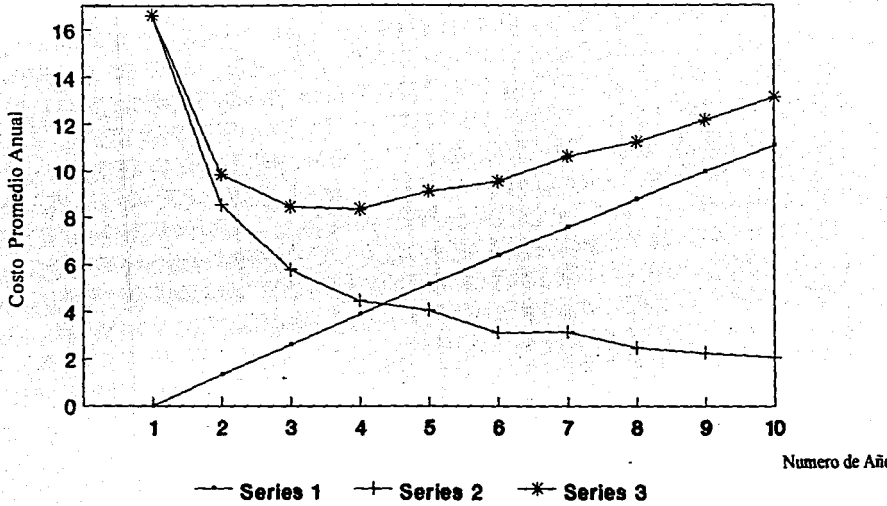
n = 10

i = 5% anual

Precio = N\$ 15830.00

Con la tabla anterior se construye una gráfica en donde se muestre el comportamiento del costo del activo fijo en relación a su mantenimiento. En ella se puede observar, al igual que en la tabla de valores, que el costo de vida del activo disminuye en función de su tiempo de vida; el costo de mantenimiento aumenta, y el valor de la inversión del activo fijo resulta ser un costo que se recuperará en función de la aplicación del instrumento (ver gráfica).

VIDA ECONOMICA DE UN ACTIVO FIJO



SERIE 1: Costos de Mantenimiento

SERIE 2: Costos de Recuperación

Serie 3: Costo equivalente total

5.5 EL PERSONAL ENCARGADO

En una empresa, el recurso más importante es el personal que lo integra. De nada servirían las técnicas más modernas y los aparatos más sofisticados en las instalaciones más complejas, si no se cuenta con el personal idóneo, debido a que el proceder y realización de cada individuo impacta directamente sobre la calidad de un servicio.

En materia de personal y en función de lograr el acreditamiento del laboratorio, la normatividad contempla que, para la selección del personal se deben considerar varios aspectos:

- a) Conocimientos, habilidades y experiencia**
- b) Entrenamiento específico, capacitación teórica y capacitación práctica.**
- c) Ambiente de trabajo.**
- d) Sistemas de información.**

a) Conocimientos, habilidades y experiencia.

El personal que se encargue del laboratorio debe estar familiarizado con aspectos básicos de electricidad, electrónica, electromagnetismo y metrología, además de conocer los principios de operación de todos los aparatos de medición que se emplean en el laboratorio; así como contar con la preparación, adiestramiento y conocimientos técnicos en el manejo e interpretación de resultados, normas y métodos. Es muy recomendable que sea un ingeniero mecánico eléctrico, un físico, un ingeniero electrónico o un técnico, con facilidad para detectar y corregir fallas o problemas.

b) Entrenamiento específico, capacitación teórica y capacitación práctica.

Es muy importante que el laboratorio cuente con un programa permanente de capacitación del personal ya que, en función de la capacitación, se ofrece una mayor garantía y se justifica a organizaciones, auditores externos y al cliente, que el personal del laboratorio tiene la capacidad y características necesarias para el trabajo que está realizando. Este programa permanente de capacitación puede hacerse en función de los diferentes organismos que componen la cadena de trazabilidad; el CENAM, la AMMAC, la DGN, entre otros, ya que como se mencionó anteriormente, estos ofrecen cursos y asesorías.

El manejo de resultados de una calibración debe hacerse en forma objetiva, clara, exacta y confidencialmente, a través de **“un informe de calibración”** que incluirá toda la información necesaria para la correcta interpretación de los resultados.

Para el manejo de resultados (ver capítulo 3), están establecidas ciertas características estándar con las cuales se realiza un informe de calibración. En este subtema, se ilustra un modelo de un informe de calibración que se puede tomar como referencia para un posible diseño. En él se pueden observar cada uno de los elementos estandarizados que lo constituyen (ver informe):

- Título.
- Nombre y domicilio del laboratorio.
- Identificación única del informe, número de página y número total de páginas.
- Identificación del instrumento patrón.
- Fecha de la ejecución de la calibración.
- Identificación del procedimiento tomado en la ejecución de la calibración.
- Indicación de las condiciones ambientales.
- Medición y resultados obtenidos respaldados por tablas (en este caso).
- Declaración de la incertidumbre estimada.
- Nombre y firma de las personas responsables, y
- Advertencia de que el informe no puede ser reproducido.

Para el manejo de estos informes, el laboratorio debe contar con un sistema de registros y archivos actualizados, que le permitan tener evidencias documentadas de las actividades que realiza, y tener un sistema de registros en donde todos los resultados derivados de una calibración se guarden hasta un tiempo de 5 años. “La información obtenida en estos informes de calibración debe ser completamente confidencial”.

Debe aclararse que este modelo de informe es sólo un diseño, y no está autorizado ante el SNC para poder usar sus siglas.



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS

LABORATORIO DE METROLOGIA ELECTRICA

INFORME DE CALIBRACION

FOLIO: 259410

PROCEDIMIENTO: IIE-25183

HOJA 1 DE 2

SOLICITANTE: LABORATORIOS MEXICANOS S.A. de C.V.

INSTRUMENTO CALIBRADO: AMPERMETRO ANALOGICO C.A. YEW

RESULTADO: DENTRO DE ESPECIFICACION

DATOS ESPECIFICOS	PATRONES DE MEDICION	INSTRUMENTO CALIBRADO
NOMBRE:	CALIBRADOR	VOLTMETRO ANALOGICO
MARCA:	FLUKE	YEW
MODELO:	3100B	2013-28
NO DE SERIE:	5422005	66AE9458
EXACTITUD:	50ppm	± 0.5%
En trazabilidad con fabricante: FLUKE fecha de vencimiento de la calibración de patrón: 19-04-95		

CONDICIONES AMBIENTALES: TEMPERATURA: 20°C
HUMEDAD RELATIVA: 55% ±5%

RESPONSABLES DE LA CALIBRACION: P.I. LUIS MANUEL ALBA REGALADO

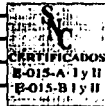
Fecha de calibración: 01-06-94

Fecha de vencimiento: 01-06-95

ING. ASTRID BLANCO MEDEL

OBSERVACIONES: USO AMPLIO

DISEÑO: LUIS M. ALBA R.



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS SALAZAR BDO. DE MEXICO.
TEL: 709-2715
FAX: 518 23 60

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL

FALLA DE ORIGEN



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS

LABORATORIO DE METROLOGIA

INFORME
DE
CALIBRACION

FOLIO: 258910

PROCEDIMIENTO:
IE 25183

HOJA 2 DE 2

RESULTADOS OBTENIDOS:

AMPERMETRO YEW 2013
MEDICION DE CORRIENTE C.A.
60Hz..
EXACTITUD: $\pm 0.5\%$
ESCALA DEL AMPERMETRO: UNIFORME

El valor del error a plena escala se
determina como:
 $e\% = \text{Error Absoluto} / \text{Valor maximo}$
de la escala.

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL

	PATRON VALOR Vp	INSTRUMENTO		
		VALOR Vi	ERROR ABSOLUTO E=Vi-Vp	% ERROR A PLENA ESCALA
INTERVALO 0-2Amp.	0.2	0.2	0	0
	0.598	0.6	0.002	0.1
	1	1	0	0
	1.4	1.4	0	0
INTERVALO 0-5Amp.	2	2	0	0
	0.990	1	0.01	0.2
	1.980	2	0.02	0.4
	3	3	0	0
	4	4	0	0
INTERVALO 0-10Amp.	4.990	5	0.01	0.2
	2	2	0	0
	2.990	3	0.01	0.1
	4.980	5	0.02	0.2
	6.999	7	0.001	0.01
	10	10	0	0
INTERVALO 0-20Amp.	2	2	0	0
	5.989	6	0.002	0.01
	9.958	10	0.042	0.21
	14	14	0	0
	18	18	0	0
	20	20	0	0

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS SALAZAR EDO. DE MEXICO.
TEL: 709-2715
FAX: 518 23 60

5.7 EL MANEJO DEL EQUIPO.

Prácticamente la operación del laboratorio se desarrollará a través de los patrones de medición e instrumentos de apoyo con los que cuenta, por lo que su manejo y operación deben ser cuidadosos. El laboratorio debe contar para ello con un programa interno de mantenimiento, con carácter preventivo, y también contar con:

- a) Procedimientos para almacenamiento, limpieza y registro de los instrumentos, e información adicional sobre daños y abusos que se hagan a los instrumentos.
- b) Procedimientos que informen sobre la situación actual de los instrumentos, (frecuencia de calibración, estado de funcionamiento, responsables de su operación, etc.).
- c) Archivos de normas, instructivos y catálogos de operación de equipos de medición emitidos por el fabricante.
- d) Manual de calidad (ver punto 5.8).

a) Procedimientos para almacenamiento y limpieza, registro de los instrumentos, e información adicional sobre daños y abusos que se hagan a los instrumentos.

El laboratorio debe de contar con procedimientos, por escrito, de los pasos a seguir para dar mantenimiento a los instrumentos y patrones de medición del laboratorio. Procedimientos mediante los cuales se realizará una revisión y análisis completo de los instrumentos, verificando periódicamente su estabilidad, su limpieza, su funcionamiento y las condiciones de operación en las que se encuentra para, en función de ello, determinar posibles fallas. De acuerdo con este mantenimiento, el laboratorio identificará sus instrumentos mediante el uso de etiquetas de colores:

ETIQUETA**DESCRIPCION DEL ESTADO EN
QUE SE ENCUENTRA
EL INSTRUMENTO.**

Número de Registro:

Clave:

Fecha:

VERDE

EQUIPO CALIBRADO Y EN BUEN ESTADO

Número de Registro:

Clave:

Fecha:

AZUL

EQUIPO DESCALIBRADO Y EN BUEN ESTADO

Número de Registro:

Clave:

Fecha:

ROJO

EQUIPO DESCOMPUESTO

Número de Registro:

Clave:

Fecha:

BLANCA

EQUIPO DE PROPOSITO GENERAL

El mantenimiento de un instrumento dependerá de su frecuencia de uso. Se deberá llevar, para un mejor control, un récord de mantenimiento y características individuales de las condiciones en que se encuentra cada instrumento; dicho récord contendrá una historia sobre la calibración del equipo, sus diversos intervalos de operación, calibraciones, tolerancias, limitaciones, ajustes y, uso.

Este récord puede llevarse a cabo con el empleo de una computadora, mediante una base de datos que lleve el control, por listados, de los instrumentos del laboratorio. Por ejemplo:

LISTADO DE INSTRUMENTOS DEL LABORATORIO DE METROLOGIA

REGISTRO: 28
NOMBRE: CALIBRADOR SECUNDARIO.
MARCA: FLUKE.
MODELO: 5100B.
N°. DE SERIE: 4830006.
N°. DE INVENTARIO: 3200.
RANGOS DE MEDICIÓN: TENSIÓN cd y ca: 0 - 1100V.
CORRIENTE cd y ca: 0 - 2A.
RESISTENCIA: 1 ohms A 10 Mohms.
EXACTITUD: VALOR PROMEDIO DE 50 ppm.
PROPÓSITO: CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE TRABAJO.
ULTIMA CALIBRACIÓN: 03/ NOV/94.
LUGAR DE CALIBRACIÓN: FABRICANTE "FLUKE".
PRÓXIMA CALIBRACIÓN: 03/ MAY / 95.
CONDICIONES ACTUALES: PERFECTO ESTADO DE OPERACIÓN.
LOCALIZACIÓN ACTUAL: LABORATORIO DE METROLOGÍA.

b) Procedimientos para informar sobre la situación actual de los instrumentos, (frecuencia de calibración, estado de funcionamiento, responsables de su operación, etc.).

El laboratorio debe tener evidencia clara de la calibración de los patrones de medición e instrumentos de medición de apoyo. Para esto debe contar con un archivo en donde, a través de carpetas y en orden alfabético, se lleve el control de los informes de calibración; también debe contar con un archivo de los informes de calibración realizados a clientes externos. Los archivos deben guardarse durante determinado tiempo.

c) Archivos de normas, instructivos y catálogos de operación de equipos de medición emitidos por el fabricante.

Se debe contar con un estante para manuales de operación de los equipos del laboratorio y de algunos instrumentos de medición en los cuales el laboratorio se especialice. Para su control, se elaborará un índice alfabético. Por ejemplo:

INDICE DE MANUALES DE OPERACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DEL LABORATORIO

-C-

- 16. CALIBRADOR 5100B. "FLUKE". MANUAL DE OPERADOR (ORIGINAL).
- 17. CALIBRADOR 5100B. "FLUKE". MANUAL DE INSTRUCCIONES (ORIGINAL).
- 18. CALIBRADOR 5100B. "FLUKE". GUÍA PARA NUEVOS USUARIOS (ORIGINAL).

También es necesario un archivo sobre las normas que se emplean en los procedimientos de calibración. Por ejemplo:

INDICE DE NORMAS APLICABLES AL LABORATORIO

NORMAS NACIONALES

- 1. NOM-CC-I-1992. "SISTEMAS DE CALIDAD: VOCABULARIO".
- 2. NOM-CC-15-1992. "CRITERIOS GENERALES REFERENTES A LOS ORGANISMOS DE ACREDITAMIENTO DE LABORATORIOS".

Debe aclararse que el número asignado al manual o norma en cada índice debe corresponder al número que se le asigne en la carpeta, engargolado, o lugar donde se encuentre.

5.8 EL MANUAL DE CALIDAD.

El laboratorio debe contar con un "Manual de Calidad". Este es un documento en donde se definen todas las políticas del laboratorio, y que contiene en forma detallada, procedimientos y muestras de todos los documentos usados en él.

Un manual de calidad se constituye en función de las tareas a desarrollar en cada laboratorio y de su estructura interna, por lo que debe contener como mínimo la siguiente información:

- 1.0 Descripción del Laboratorio**
- 2.0 Objetivos y Políticas del Laboratorio.**
- 3.0 Organización, incluyendo responsabilidades y**
- 4.0 Procedimientos de las funciones que desarrolla el laboratorio.**
 - 4.1 Procedimientos de registros de datos.**
 - 4.2 Procedimientos de elaboración de informes de calibración.**
 - 4.3 Procedimientos de calibración de instrumentos.**
 - 4.4 Procedimientos de control de instrumentos del laboratorio.**
 - 4.5 Procedimientos de prestación de servicios.**
 - 4.6 Procedimientos de capacitación y adiestramiento del personal.**
 - 4.7 Procedimientos de seguridad.**
 - 4.8 Procedimientos de mantenimiento.**

Cada uno de estos puntos esta compuesto por diversos subtemas los cuales deben ser desarrollados en forma detallada:

4.4 Procedimientos de control de instrumentos del laboratorio.

- 4.4.1 Objetivo**
- 4.4.2 Alcance**
- 4.4.3 Responsables**
- 4.4.5 Procedimiento de control de equipos e instrumentos del laboratorio**

4.6 Procedimientos de capacitación y adiestramiento del personal

- 4.6.1 Objetivo**
- 4.6.2 Antecedentes del personal**
- 4.6.3 Procedimientos de capacitación y desarrollo del personal**
- 4.6.4 Plan de capacitación**
- 4.6.5 Responsabilidades**

Es aconsejable que el manual de calidad se maneje mediante computadora para lograr un mejor acceso a la información, una revisión y actualización mas rápida, y un alto nivel de seguridad.

En este trabajo no es posible tratar todos los diferentes tipos de procedimientos en forma detallada ya que su extensión no lo permite. Solamente se ejemplificará el desarrollo de un procedimiento de calibración. Está se ha venido manejando como punto central, aunque ya anteriormente se han mencionado aspectos sobre medio ambiente, personal, control de instrumentos, etc. a partir de los cuales se puede proceder a desarrollar los procedimientos.

5.8.1 PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACIÓN Y MEDICIÓN.

Un procedimiento es un plan que señala, por escrito, la secuencia cronológica más eficiente para obtener los mejores resultados en cada función concreta de un laboratorio. Un procedimiento es una especie de seleccionamiento funcional que tiene a formar rutinas de actividades.

En un laboratorio de metrología estándar existen diversos tipos de procedimientos (ver punto 5.8). En este subtema se desarrolla detalladamente un procedimiento de calibración para que el lector observe una forma normalizada de elaborar los procedimientos del manual de calidad.

Antes de continuar se debe mencionar como complemento de este subtema, lo que se conoce como: **Procedimiento de medición**: Un procedimiento de medición, es un documento en donde se indican, por escrito, los pasos para realizar una medición de algún proceso en el cual se emplearan los instrumentos de medición. En el procedimiento de medición se deben indicar las características de los instrumentos empleados, las variables a medir, los resultados esperados, el método de medición empleado, la interpretación de resultados e indicar la aplicación que tiene. Este tipo de procedimientos es aplicado en laboratorios de medición e instrumentación, pero no se profundiza en ellos en este trabajo.

Procedimientos de calibración: Un procedimiento de calibración es un documento escrito que se emplea en la calibración de instrumentos en un laboratorio de metrología estándar, con referencia a los patrones de medición que se emplean en el laboratorio, y mediante los que se asegura la precisión y uniformidad de los instrumentos.

El procedimiento de calibración es semejante a una práctica por escrito de instrucciones y metodología a seguir sobre cómo realizar una calibración. Este debe incluir la siguiente información:

- especificar la aplicación.
- identificación del instrumento a calibrar.
- identificación del patrón (o patrones) de medición que se va emplear.
- secuencia de operaciones para realizar la calibración en función de normas o recomendaciones , y por último
- indicación de tolerancias, pruebas, mediciones, método que se emplea, diagrama de conexiones de la calibración, normas empleadas como referencia, condiciones ambientales de la calibración, etiquetas del estado de calibración del instrumento, responsables e instrucciones especiales cuando sea necesario.

Como ejemplo se ilustra el desarrollo de un procedimiento de calibración de medidores de voltaje de cd, ca.



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS
LABORATORIO DE METROLOGÍA ELÉCTRICA

MANUAL DE CALIDAD

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE VOLTMETROS

REFERENCIA: IIE 25812

PREPARO: LUIS MANUEL ALBA REGALADO

REVISO Y APROBÓ: ASTRID BLANCO MEDEL

MARZO - 1995.

Queda totalmente prohibida la copia parcial o total de este procedimiento sin previa autorización 1



CONTENIDO

1. Descripción.....	3
2. Objetivo.....	3
3. Alcance.....	3
4. Responsables.....	3
5. Procedimiento.....	3
6. Preparación inicial.....	4
7. Ejecución de la calibración.....	7
8. Análisis de resultados.....	8
9. Referencias.....	11

Queda totalmente prohibida la copia parcial o total de este procedimiento sin previa autorización 2

1. DESCRIPCIÓN: En este documento se define la forma general que deberá aplicarse para la calibración de medidores de voltaje tanto para cd, como ca. Basada en los patrones de medición del laboratorio.

2. OBJETIVO: Este procedimiento tiene como objetivo, definir la metodología a seguir para efectuar la calibración de instrumentos de medición de voltaje, alterno y directo con el fin de garantizar su aplicación.

3. ALCANCE: Este documento se aplicará en la calibración de equipos que miden voltaje cd, ca, en donde el rango permisible sea de 1100V (cd, ca) y se tenga una exactitud de hasta 0.05% y hasta 3 ½ dígitos, en instrumentos como:

- voltímetros analógicos
- voltímetros digitales
- multímetros digitales (en la medición de voltaje)
- multímetros analógicos (en la medición de voltaje)

4. RESPONSABLES: Los encargados de observar el seguimiento de este procedimiento serán, en primer término, el responsable de la sección de instrumentación y metrología del laboratorio y, en segundo, el jefe del mismo.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Requerimientos

Con el fin de poder realizar una calibración eficiente se requiere lo siguiente:

a) Condiciones ambientales estables, que deben corresponder a los valores normalizados:

- Temperatura: de 20 °C a 23 °C \pm 0.6 °C / h
- Humedad relativa: de 33 a 55%
- Presión atmosférica: de 53.33 a 106.66 kpa
- Vibraciones mecánicas, ruidos y polvo controlados.

Queda totalmente prohibida la copia parcial o total de este procedimiento sin previa autorización 3

b) Es recomendable pedirle al cliente la siguiente información:

- Nombre del aparato.
- Nombre del cliente o empresa.
- Nomenclatura del equipo (tipo, modelo, N° de serie, precisión, exactitud, rango de medición, etc.).
- Datos de uso.
- Manual de servicio y operación.
- Información previa de las condiciones en que se encuentra el instrumento.
- Requerimientos del cliente.
- Una breve historia de los antecedentes de trazabilidad del instrumento.

En función de el punto b) la empresa determinará el precio que costará dar el servicio y el tiempo que tardará en proporcionarlo.

6. PREPARACIÓN INICIAL

Antes de iniciar la calibración se deberán considerar los siguientes subpuntos:

6.1 La calibración se realizará por comparación, conforme a la operación del equipo patrón y conexiones adecuadas, consultando el manual de operación (ver figura 1).

El equipo patrón a emplearse es:

Calibrador FLUKE 5100B
Tensión de alimentación 127V~ 60 Hz.
Rangos de trabajo:

0-1100 V (cd , ca)
0-2 A (cd , ca)
exactitud: 50 ppm

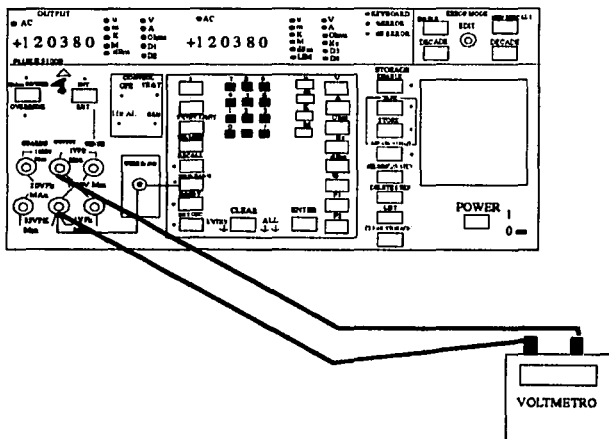


FIG. 1 Conexión para medición de voltaje con el calibrador.

6.2 Antes de iniciar la calibración, es necesario considerar el estudio de los parámetros del instrumento en cuestión, verificándose para ello:

- el estado físico del instrumento
- rangos de medición
- posición del instrumento al realizar una medición
- precisión del instrumento
- tipo de conexión para realizar una medición y
- verificar su historia con los datos que proporcione el cliente.

6.2.1 En función de los datos anteriores se desarrollara, en una bitácora el registro de los valores posibles a tomar, indicando en ella:

Queda totalmente prohibida la copia parcial o total de este procedimiento sin previa autorización 5

- fecha y hora de la calibración
- nombre, modelo, marca y número del equipo a calibrar
- patrón de medición empleado
- nombre y firma del encargado de realizar la calibración
- una tabulación en donde se indiquen, los datos obtenidos, que se emplearán al final para redactar el informe de calibración en que se compararán los valores patrón con los valores del instrumento.
- se indicarán cálculo de errores, y
- toda clase de información que se juzgue necesaria.

Es importante mencionar que la bitácora debe ser escrita con tinta y, si existen correcciones, se realizarán ahí mismo.

6.2.1 Limpieza del instrumento a calibrar

Se debe efectuar una limpieza al instrumento que se someterá a calibración, para que éste quede libre de polvo y grasas, sobre todo en las terminales de conexión. La limpieza puede realizarse con un limpiador antiestático o con algún limpiador no abrasivo.

6.2.2 Estabilidad del equipo a calibrar

Se debe checar la estabilidad del instrumento de medición, primero adaptando éste a las condiciones del cuarto del laboratorio, durante un lapso de tiempo.

6.2.3 Pruebas de Balance (sólo voltímetros analógicos).

En el caso de los instrumentos analógicos, se les debe realizar una prueba antes de someterlos a la calibración, para verificar el funcionamiento de su sistema motor. Esta prueba debe hacerse consultando la norma ANSI C39.1-1981 Requirements for Electrical Analog Indicating Instruments (en el punto 5.3 Balance Moving Element), en la cual se describe el procedimiento a seguir para la realización de dicha prueba. En el caso de detectarse algún problema al efectuarla, (especialmente problemas de fricción) se notificará al cliente, para que éste tome las medidas necesarias.

Queda totalmente prohibida la copia parcial o total de este procedimiento sin previa autorización 6



6.2.4 Ajuste de cero mecánico

En el caso de los instrumentos analógicos, se les deberá efectuar el ajuste del cero mecánico antes de iniciar la calibración.

7. EJECUCIÓN DE LA CALIBRACIÓN

Ya establecidos los requerimientos, se debe proceder a efectuar la calibración:

- a) Se conecta y habilita el calibrador 5100B, dejándolo 5 minutos sin conectarle ningún instrumento, para que adquiera su estabilidad.
- b) Se instala el instrumento a calibrar, según la figura 1, verificando que el calibrador se encuentre en la condición de standby y sin ninguna señal indicada en su salida.
- c) Se procede a programar el calibrador, de acuerdo a la tabla previamente elaborada en la bitácora, indicándole mediante el teclado, que nos proporcione una señal de voltaje a la salida de sus terminales.
- d) Si la magnitud a medir es de cd, se tecldea el valor de voltaje y se presiona ENTER para que se almacene la indicación de la señal en la memoria del calibrador; después se pulsa el botón REM para habilitar la señal en el calibrador; éste proporcionará el valor escogido en sus terminales de salida, para poder realizar la comparación de voltajes entre el instrumento de medición y el calibrador.
- e) Si la magnitud a medir es de ca, se tecldea primero el valor de voltaje deseado, y se presiona el botón de ENTER para que se almacene este en la memoria del calibrador, después se tecldea la frecuencia que se desea tener en esta señal, (en nuestro caso, de 60Hz) pulsando también el botón de ENTER para que se almacene en la memoria el valor de frecuencia después se pulsa el botón REM para habilitar la señal en el calibrador; éste proporcionará el valor escogido en sus terminales de salida, para poder así realizar la comparación de voltajes entre el instrumento de medición y el calibrador.

Queda totalmente prohibida la copia parcial o total de este procedimiento sin previa autorización 7



f) En ambos casos, ya sea cd, o ca, se debe pulsar el botón respectivo que indica la magnitud deseada. Si se desea una magnitud de voltaje, se teclea el valor, se pulsa el botón de la variable deseada (V) o (Hz) y ENTER para que el calibrador la reconozca.

g) Cuando estemos operando el calibrador, éste nos indicara mediante los leds, que tiene en su panel frontal las magnitudes y valores escogidos. En caso de cometer algún error de programación, el calibrador lo indicará (ver manual de operación).

h) Cuando habilitemos el valor escogido, pulsando el botón REM, la señal escogida aparecerá en los bornes de salida del calibrador y, a la vez, en el instrumento que se está calibrando. A continuación debemos habilitar el modo de error, pulsando la tecla ENABLE que se encuentra en la zona de modo de error para poder hacer variar el valor a la salida del calibrador hasta que la lectura en el instrumento que se está calibrando sea el valor deseado.

i) Al mover el botón de la zona de modo de error, podemos observar en el calibrador que en el display central se indica el porcentaje de error entre la señal patrón y la señal medida, y en el display izquierdo el valor de voltaje de referencia

j) Una vez que se obtenga el valor esperado, éste se registrará en la bitácora al igual que el de error. Después se procederá a pulsar el botón de STANBY para deshabilitar la magnitud escogida de los bornes de salida del calibrador y poder modificar su magnitud a otro valor. Se repite el mismo paso hasta terminar de barrer todo el rango de medida del instrumento que se esta calibrando. Cabe mencionar que, en el caso de señales de ca, no es necesario estar tecleando cada que se cambie un valor, la magnitud de la frecuencia ya que esta no se modifica.

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cuando se ha llenado la tabla de valores esperados previamente elaborada, se realiza el análisis de los resultados para determinar si el instrumento en cuestión se encuentra dentro de las especificaciones del fabricante o fuera de ellas.

Queda totalmente prohibida la copia parcial o total de este procedimiento sin previa autorización 8

8.1 Cálculo de errores

En función de los datos obtenidos, se calcula la magnitud del error obtenido en cada lectura, tomando en cuenta el error absoluto y el error porcentual a plena escala.

Instrumentos analógicos: En el caso de los voltímetros analógicos, éstos tienen una escala uniforme por lo que sus errores deberán calcularse mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Error absoluto} = V_i - V_p$$

$$\% \text{ Error (PE)} = \text{Error absoluto} / \text{Valor máximo a plena escala.}$$

Instrumentos digitales: Normalmente, en los instrumentos digitales, el fabricante define una exactitud combinada con un porcentaje de lectura del intervalo, más cierto número de dígitos [$\pm (0.004\% + 0.001\%$ por rango + $5uV$)]. En este caso calculamos:

$$\text{Error absoluto} = V_i - V_p$$

$$\% \text{ Error (PE)} = \text{valor medio} \pm \text{error medio (dispersión)} \pm \text{error relativo} \\ = \pm (x\% \text{ del intervalo} + y\% \text{ de la lectura} + z \text{ dígitos}).$$

8.2 Criterios de Aceptación y Rechazo del Instrumento

Una vez obtenidos los valores de errores, éstos deberán analizarse para verificar si el instrumento cumple o no, con las especificaciones de exactitud que indica el fabricante para cada intervalo medido.

El análisis debe realizarse en forma crítica para cada intervalo en particular, a fin de determinar si el instrumento está dentro de exactitud al 100% o está limitado para realizar ciertas mediciones de voltaje.

Si el voltímetro está operando dentro de las especificaciones del fabricante. Se certificará para operar en todo su rango de operación.

Queda totalmente prohibida la copia parcial o total de este procedimiento sin previa autorización 9



Si el voltímetro presenta uno o más puntos de calibración fuera de la exactitud especificada, se certificará que el voltímetro sólo puede ser empleado en los intervalos que se encuentran dentro de su exactitud.

En función del análisis anterior, el personal encargado de la calibración determinará si el equipo calibrado se encuentra dentro de alguno de los tres siguientes casos:

- a) **Calibrado:** Cuando los errores encontrados son menores o iguales a la especificación de exactitud que indica el fabricante.
- b) **Uso Limitado:** Cuando al menos un intervalo de valores se encuentra fuera de especificaciones.
- c) **Rechazado:** Cuando los errores encontrados en la mayoría de los intervalos medidos son mayores que la especificación de exactitud que proporciona el fabricante.

Nota: Al redactar el informe de calibración se debe indicar la condición a, b, c en la sección de observaciones.

8.3 Etiqueta del Estado de Calibración del Voltímetro.

Una vez determinado el estado en que se encuentra el instrumento en cuestión deberá de certificar su condición de operación mediante el uso de una etiqueta de calibración y su respectivo informe de calibración.

8.3.1 Si un instrumento, bajo el procedimiento aquí descrito, se encontró operando dentro de las especificaciones de exactitud que da el fabricante, se le colocará una etiqueta de color verde correspondiente a **CALIBRADO** y en condiciones amplias de operación. En la etiqueta se indicará la fecha de la calibración actual, el nombre del laboratorio que la realiza, y la fecha de la próxima calibración recomendable.

Queda totalmente prohibida la copia parcial o total de este procedimiento sin previa autorización 10

8.3.2 Si se determinó que el instrumento en cuestión es de uso limitado, se le colocará una etiqueta de color azul de **USO LIMITADO**, y en el informe de calibración se indicarán los intervalos en los que el instrumento está autorizado a emplearse. En la etiqueta se indicará la fecha de la calibración actual, el nombre del laboratorio que la realiza, y la fecha de la próxima calibración recomendable.

8.3.3 Si se determinó que el instrumento en cuestión no está operando dentro de especificaciones del fabricante, se le colocará una etiqueta roja o amarilla de **RECHAZADO**, indicándose el por qué en el informe de calibración, para que el cliente tome las medidas necesarias.

nota: El diseño de las etiquetas y los periodos de calibración están estandarizados y controlado por el SNC. (ver referencias).

REFERENCIAS

1. Norma NMX - CH - 110 - 1992 Instrumentos de Indicación Analógica para Magnitudes Eléctricas.
2. Norma NMX - CH - 131/1 - 1993 Instrumentos de Indicación Digital para Magnitudes Eléctricas - Términos y Definiciones.
3. Norma NMX - CH - 131/2 - 1993 Instrumentos de Indicación Digital para Magnitudes Eléctricas - Especificaciones y Métodos de Prueba.
4. Norma ANSI C39.1 - 1981 American National Standard - Requeriments for Electrical Analog indicating Instruments.
5. Norma ANSI C39.6 - 1983 American National Standard - Requeriments for Electrical Instrumentation Digital Measuring Instruments.
6. Procedimientos de Calibración. Servicios Profesionales en Instrumentación S.A. de C.V. Saralangui Amaya Jorge.

Queda totalmente prohibida la copia parcial o total de este procedimiento sin previa autorización 11

5.9 PERSPECTIVAS DE DESARROLLO.

La apertura de mercados y la confirmación de bloques comerciales están provocando la acentuación de procesos de normalización, estandarización y certificación, por lo que el acreditamiento de laboratorios (laboratorios de metrología estándar, laboratorios de pruebas, y laboratorios de control de calidad) esta creciendo día con día. Se espera que este crecimiento sea paralelo a los tratados comerciales, de tal forma que permita a las industrias obtener a partir de ellos, productos certificados de calidad comprobada mediante el empleo de normas y estándares que busquen satisfacer los requerimientos del cliente.

Está garantizado, debido a las tendencias actuales, que todos los organismos encargados de certificar productos, calibrar instrumentos, verificar procesos de producción industrial, e implementar normas, estarán en constante desarrollo y su implementación será necesaria como una estrategia para enfrentar la competencia extranjera.

CONCLUSIONES

Actualmente, el sector industrial de nuestro país se encuentra en una situación difícil, originada por la imposición de normas y tecnologías extranjeras que, a raíz de la rápida apertura comercial, ha significado la liquidación de diversas ramas industriales. Esto se debe a que no pueden competir con empresas extranjeras cuyo sistema de aseguramiento de la calidad en su producción les permite introducirse en cualquier mercado.

El reto que deben fijarse los industriales para poder seguir en un mercado tan competente, es buscar el aseguramiento de la calidad de sus productos mediante el empleo de estrategias como: **Metrología, Normalización, Pruebas y Ensayos, Documentación y Control**, a través de las cuales podrá asegurar a sus clientes que sus productos son de calidad certificada.

En la industria, la primera estrategia que debe implementarse, y en algunos casos fortalecerse, es la Metrología, la cual

- mediante procedimientos de medición que les permitan evaluar y controlar algún fenómeno o variable. De esta manera se podrán establecer reglas y requisitos (**normas**) que estandaricen el mercado.
- mediante el establecimiento de laboratorios de calibración secundarios con los cuales se asegure que los instrumentos de medición estén calibrados y en trazabilidad con patrones de calibración. De ellos dependerá en gran medida que los resultados obtenidos en un laboratorio de pruebas (**prueba y ensayo**), sean confiables.

La Metrología no sólo es básica para el aseguramiento de la calidad de un producto, sino que, además, a partir de ella se implementan las demás estrategias.

APENDICE A DIRECTORIO

ASOCIACIÓN MEXICANA DE METROLOGÍA A.C (AMMAC).

Oficinas Administrativas, con la Sra. Elsa Ríos, ubicadas en Adolfo Prieto No. 1649 Desp. 801, Col. del Valle, C.P. 03100. México, D.F. Tels. 660 01 61 y 660 09 39. Fax. 534 87 07.

O solicitar información al 662 99 89 y 662 98 62. Fax: 602 58 62.

CENTRO NACIONAL DE METROLOGIA

Km4.5 carretera a Los Cués. Municipio de El Marqués Qro. 76900 México.

Para envío de correspondencia: apartado Postal 1-100 Centro. Querétaro Qro. C.P. 76000.

Teléfonos: (42) 16 33 09, 16 65 76, 15 39 02, 15 37 84, 15 38 42. Fax: (42) 16 26 26, 15 39 04.

Oficinas en la ciudad de México

Periférico Sur 3449 3er Piso. San Jerónimo Lídice. C.P. 10200. México, D.F. Tels. 683 01 22 y 683 23 88. Fax. 683 01 96.

DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS

Departamento del Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios.

Departamento de acreditamiento de laboratorios.

Av. Puente de Tecamachalco No. 6 1er Piso, Col. Lomas de Tecamachalco, Sección uentes. Naucalpan de Juárez, Estado de México. 53950. Tel: 540 38 42 y 540 16 19.

MITUTOYO MEXICANA S.A DE C.V.

Av. Primero de Mayo 236-A. Col. San Andrés Atoto, Naucalpan, Edo. de México. C.P. 53630.

Tels. 360 03 96, 360 05 21, 360 06 46, 576 87 99.

Fax. 576 80 39

NATIONAL INSTRUMENTS

The Software is the Instrument. Control, Analisis y Adquisition de datos.

6504 Bridge Point Parkway. Austin, Texas 78730-5039. Tel. (512) 794 01 00. Fax. (512) 794 84 11.

MEXEL

Mexicana de Electrónica Industrial, S.A. de C.V.
Calle Diagonal N°. 27, 3er piso. Col. Del Valle. 03100
México, D.F. Tel. 682 80 40 y 682 91 36. Fax. 687 86 95.

IIE

Instituto de Investigaciones Eléctricas
Dante 36, 3er piso. Col. Nueva Anzures 11590
México, D.F. Tel. 91(5) 521-99-56 y 521-97-60.

A continuación se muestra una lista de los laboratorios de Metrología eléctrica más importantes (tomado del directorio de la SECOFI). Los servicios que prestan son: Mantenimiento electrónico, calibraciones, automatización e instrumentación.

Laboratorios Secundarios Acreditados (1994).

CONDUMEX

Responsable: Ing. David Rodríguez Camacho
DOMICILIO: Poniente 140 N°. 720, Col. Industrial Vallejo. 02300 México, D.F.
Tel. 587 70 11 ext. 3700. Fax. 587 59 11.

CONDUCTORES MONTERREY

Responsable: Ing. Alfredo Elizondo Decanin
Domicilio: Av. Conductores N°. 505. Col. Constitución de Querétaro. 66490. San Nicolás de los Garza, N.L.
Tel. 79 20 00 (91-83). Fax. 79 58 10.

LUMISISTEMAS

Responsable: Ing. Alfredo Badillo Trejo
DOMICILIO: Blvd. Toluca N°. 520 A. Col. El Conde
53500 Naucalpan de Juárez, Méx. Tel. 576 04 33.
Fax. 359 38 04.

INDUSTRIAS IEM

Responsable: Ing. Javier Alcántara González
DOMICILIO: Vía Dr. Gustavo Baz N° 340. 54000 Tlalnepantla, Méx. Tel. 310 55 50
ext. 419. Fax. 310 70 81.

INSTITUTO MEXICANO DE COMUNICACIONES

Responsable: Ing. José Agustín CHávez Ochoa

DOMICILIO: Av. de las Telecomunicaciones s/n. Col. Leyes de Reforma. 09310.
México, D.F. Tel. 613 31 26 y 613 55 63 ext. 122 y 124. Fax: 613 58 03.

ENSAMBLADORES ELECTRONICOS DE MEXICO, S.A. DE C.V.

Responsable: Ing. Raul Rodríguez Lopez.

DOMICILIO: Av. Novolato No. 899. Col. Guajardo. C.P. 21050. Mexicali, B.C. Tel
y Fax. (91 65) 56 63 01.

INGENIERIA Y METROLOGIA, S.A. DE C.V.

Responsable: Ing. José Esteban Enriquez Castañeda

DOMICILIO: Salvatierra No. 32-1 bis. Col. San Bartolo Atepehuacan. 07730.
México D.F. Tel. 754 63 21.
Fax. 752 64 26.

ALCATEL INDETEL TELECOMUNICACIONES PÚBLICAS, S.A DE C.V.

Responsable: Ing. Valdemar Fariás Rodríguez.

DOMICILIO: km 62.5 carretera México-Toluca. Zona Industrial.
15070 Toluca, Méx. Tel. (91 72) 16 1300.

MYCISA

Responsable: Ing. Javier Barrera Quiralte.

DOMICILIO: Calle 19 N°. 18. Fraccionamiento. Costa Verde
91950. Veracruz, ver. Tel (91 29) 35 22 66.
Fax. (91 29) 21 98 79.

SERVICIOS PROFESIONALES EN INSTRUMENTACION, S.A. DE C.V.

Responsable: Ing. Juan Edmundo Garay Moreno.

DOMICILIO: Norte 42-a No. 3618. Col. 7 de Noviembre.
07840. México, D.F. Tel y Fax. 537 08 62.

NKS- INDUSTRIA PESADA

Responsable: Ing. Octavio Rodríguez Trejo.
DOMICILIO: Isla del Cayal. Puerto Industrial. 60982.
Cd. Industrial Lázaro Cárdenas, Mich. Tel. 2 33 11.
Fax. 2 39 37.

**LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS DE LA COMISIÓN FEDERAL
DE ELECTRICIDAD MÉXICO (LAPEM).**

Responsable: Ing. Julián Adame Miranda
DOMICILIO: Av. Apaseo Oriente s/n. Ciudad Industrial
36630 Irapuato, Gto. Tel. 7-27-27. Fax. 7-18-43.

BIBLIOGRAFIA

1. **Amaya Sarralangi, Jorge.** *Proyecto para Acreditamiento de un laboratorio de pruebas.* Tesis Profesional, UPICSA, México, 1988. 109 págs.
2. **Avalos, León.** Acondicionamiento de Aire. ESIME. México, D.F. 1985
3. *American National Standard For Electrical Instrumentation Digital Measuring Instruments.* ANSI C39.6-1983. 33 págs.
4. Asociación Mexicana de Metrología (AMMAC). *De la Metrología*, Vol. 3. N°. 1. Marzo, 1992.
5. Asociación Mexicana de Metrología (AMMAC). *De la Metrología*, Vol. 2. N°. 4. Enero, 1990.
6. Asociación Mexicana de Metrología (AMMAC). *De la Metrología*, Vol. 2. N°. 3. Septiembre, 1990.
7. Asociación Mexicana de Metrología (AMMAC). *De la Metrología*, Vol. 2. N°. 3. Mayo, 1990.
8. Boletín CANAME. Mayo/Junio de 1994.
9. Boletín *Control Engineering*. ISO 9000: A Second Look. Diciembre 1993. 1 pág.
10. Boletín de IIE. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Laboratorio de Salazar, Mayo/Junio 1987. Vol. II. N°3 México, D.F.
11. Boletín Informativo Infocompex (Comisión Mixta Para la Promoción de las Exportaciones). Vol.4 N°. 16 Enero/Abril 1994.
12. Boletín *Mundo Mitutoyo*. Año IX Septiembre/Octubre de 1994. N° 3.
13. Boletín *TECNOLAB*. Comisión Federal de Electricidad LAPEM, Septiembre, 1993. Volumen XV. No 51. Irapuato, Gto.
14. Boletín *TECNOLAB*. Comisión Federal de Electricidad LAPEM. Septiembre, 1992. Volumen IX. No 46. Irapuato, Gto.
15. Boletín *TECNOLAB*. Comisión Federal de Electricidad LAPEM. Enero, 1994. Volumen X. No. 53. Irapuato, Gto.

16. Boletín *TECNOLAB*. Comisión Federal de Electricidad LAPEM. Noviembre, 1993. Volumen IX. No 52. Irapuato, Gto.
17. *Calibration of Standards and Equipment for Electric Insulation Materials Testing*. ANSI/ASTM D 2865-71. 6 págs.
18. **Carnicer Rojo, Eduardo**. *Aire Acondicionado*. Editorial, Paraninfo. España 1991. 256 págs.
19. CONELEC. Cálculo de fuentes de iluminación, México, D.F. 1988. Pp. 68-170.
20. **Cooper, D. William**. Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición. Editorial, Prentice Hall. México, D.F. Noviembre de 1992. 446 págs.
21. Diario Oficial de la Federación. "El Programa Nacional de Modernización Industrial y del Comercio Exterior". 24 de enero de 1994.
22. Dirección General de Normas y Sistema Nacional de Calibración. *Directorio de Laboratorios de Metrología autorizados*. México, D.F. Abril 1994. 15 págs.
23. Dirección General de Normas y Subsecretaría de Fomento Industrial. *Bases técnicas para el Acreditamiento de Laboratorios*, SINALP. México, D.F. 1993. 12 págs.
24. **Ernest, Frank**. *Análisis de Medidas Eléctricas*. Editorial, Mc Graw Hill. México, D.F. Abril, 1977. 488 págs.
25. **Fluke**. *Calibration Instruments Systems and Standards 1991*. 40 págs.
26. *Glossary of Terms Used in Metrology*. British Standards Institution. BS:5233:1975. 17 págs.
27. **Golis, J. Matthew**. *ISO 9000, Total Quality Management and Implications for NDT*. Association Meetings. Abril, 1993. 6 págs.
28. **Graham, J.F.** *Understand ISO 9000 application and requirements*. Association Meetings. Mayo, 1992. 3 págs.
29. **Holman, Jack .P**. *Métodos Experimentales para Ingenieros*. Editorial, Mc Graw Hill. 4ª Edición. México, D.F. Febrero, 1994. 559 págs.

30. IEE, Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano CESI G.M, Milano Italy. *Computers For the Control of Equipments and Data Acquisition and Processing in Laboratories for Electrical. "Tesis of Power System Components"*. Mayo, 1990. 4 págs.
31. *Introduction: Philosophy of Calibration*. ANSI D2510-83 8 págs.
32. **Ruíz Neblina, Joaquin**. *La Medición en los Laboratorios de Alta Potencia*. Instituto de Investigaciones Eléctricas México, D.F. Mayo, 1993.
33. **Longfellow, H**. *Measurement*. D-0220. 10 págs.
34. **Thione, Lorenzo**. *Motivazionbi e Attese dei Laboratori Di Fronte Alli Accreditemento*. Vol. XXVIII. Nº 5, Mayo, 1991. 5 págs.
35. *Maintenance and Calibration of Equipment at a Standards Laboratory*. VDC 621.38 006.2. Vol.41. Febrero, 1991.
36. **Morales, Rodolfo**. *Manual del Programa de Garantía de Calidad para los laboratorios de pruebas de la División de Equipos*. México, D.F. sin fecha. 27 págs.
37. **Carter, Mark**. *Internal Firmware Brings Intelligence to Calibrators*, June 1990. 4 págs.
38. **Nayak, P.R**. *Medición en Nuevos Productos. Journal of Business Strategy*. Vol 13, No. 6, Noviembre/Diciembre 1992. 6 págs.
39. NOM-CC-10-1992. "Criterios Generales para los Organismos de Certificación de Productos".
40. NOM-CC-1-1992. "Sistemas de Calidad. Vocabulario".
41. NOM-CC-15-1992. "Criterios Generales referente a los Organismos de Acreditación de Laboratorios".
42. NOM-J-135-1978. "Definición de Unidades Eléctricas de Medida y Vocablos Técnicos Relacionados con ellas".
43. NOM-J-320-1978. "Instrumentos de Medición para Magnitudes Eléctricas".
44. NOM-Z-55-1986. "Vocabulario de Términos Fundamentales y Generales".

45. NOM-Z-109. "Terminos Generales y sus Definiciones referentes a la Normalización y Actividades Conexas".
46. Organización Internacional de Normalización y Comisión Electrotécnica Internacional ISO/IEC. *Guide-38. General Requireriments for the Acceptance of Testing Laboratories*. 1a. Edición, 1983. 8 págs.
47. Pequeño Larousse de Ciencias y Técnicas. Octava edición. México D.F. 1983.
48. *Requisitos para los Sistemas de Metrología*. MIL-8TD-45662. 4 págs.
49. *Requirements for the Calibration and Control of Measuring and Test Equipment Used in Nuclear Facilities*. ANSI/IEEE std 498-1985 IEEE Standard. 4 págs.
50. **Rothery, Brian**. *ISO 9000*. Editorial Panorama. Segunda edición. México D.F. 1994. 284 págs.
51. SECOFI, *Ley Federal Sobre Metrología y Normalización.*, 30 de Junio, 1992. México, D.F.
52. SECOFI, "Condiciones para el Acreditamiento de Laboratorios de Calibración". Documento SNC-01-1994, Julio, 1994.
53. SECOFI, "Requisitos Generales para el Acreditamiento de Laboratorio de Calibración". Documento SNC-02-1994, Julio, 1994.
54. SECOFI, "Solicitud de Acreditamiento para Laboratorio de Calibración". Documento SNC-03-1994, Julio 1994.
55. *Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas, Comité Eléctrica Electrónica*. México, D.F. 1994. 15 Págs.
56. Sistema Nacional de Calibración (SNC). *Conceptos en Metrología dimensional*. SQUARE D Company. México, S.A de C.V. Mayo, 1990.
57. **Soisson, Harold E**. *Instrumentación Industrial*. Editorial Limusa 1ª Edición, 1ª Reimpresión. México, 1983. 541 págs.
58. *Specifications for Measurement and Calibration Systems. British Standards Institution*. BS:5781:1988. 2 págs.

59. *Técnica de las Medidas Eléctricas*. SIEMENS AG Editorial Dossat, S.A. 1ª Edición. España, 1975.
60. *The Software in the Instrument Electrical Engine*. Junio, 1990. 3 págs.
61. **Vázquez Ramírez, José**. *Medidas Eléctricas*. Ediciones CEAC S.A. 2da Edición. España. Septiembre, 1987.
62. **Wolf, Stanley**. *Guía para Mediciones Electrónicas y Practicas de Laboratorio*. Editorial, Prentice Hall. México, D.F. Noviembre de 1992. 446 págs.