



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE
EVALUACION DE LA COMPETENCIA TECNICA DE
LOS LABORATORIOS MIEMBROS DEL SISTEMA
NACIONAL DE CALIBRACION

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
AGUSTIN VILLALOBOS ESTRADA

ASESOR: ING. JOSE JUAN CONTRERAS ESPINOSA
ASESOR ININ: ING. OSCAR GUTIERREZ GALVAN

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.



INSTITUTO NACIONAL
DE ESTUDIOS SUPERIORES
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAINE KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

ATN: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Propuesta de Mejoramiento del Sistema de Evaluación de la

Competencia Técnica de los Laboratorios miembros del Sistema
Nacional de Calibración".

que presenta el pasante: Agustín Villalobos Estrada
con número de cuenta: 8812782-0 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Mex., a 03 de Diciembre de 1996

PRESIDENTE

Ing. Juan Rafael Garibay Bermúdez

VOCAL

Ing. José Juan Contreras Espinosa

SECRETARIO

Ing. Armando Aguilar Márquez

PRIMER SUPLENTE

Ing. Jesús García Lira

SEGUNDO SUPLENTE

Ing. Juan González Vega

A DIOS por sobre todas las cosas.

Gracias a su apoyo y comprensión, mantuvieron viva en mí la esperanza, me indicaron la dirección y me transmitieron la energía para avanzar. Cuando tuve cientos de alternativas, miles de caminos y una infinidad de sueños, ustedes me llenaron de esperanza y me guiaron por el mejor camino. Ahora que se ha conseguido lo anhelado, cuando he recorrido la mitad del camino en mi vida, pienso "el pasado fue maravilloso y el futuro es alentador". Gracias por haberme brindado.

A mis padres:

Eleuterio Villalobos Mendoza
Francisca Estrada de Villalobos

A mis Hermanas:

Laura Irudica
M^{te}. Guadalupe
Argüello

A la Universidad por que toda mi formación profesional se debe a ella. A la FEN-Cuautitlan y a los profesores que la conforman, por sus valiosos conocimientos.

A mis amigos y compañeros de la escuela, por lo que vivimos juntos y lo que aprendimos. Por su amistad siempre incondicional.

A mi novia Lupita por su amor y comprensión. Por que siempre estuvo en donde mas la necesitaba. Por sus palabras de aliento.

A Oscar Gutiérrez por que mas que mi asesor siempre fue mi amigo,
y
al Ing. Juan Contreras E. Por su apoyo en este trabajo.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares por haberme permitido realizar esta tesis. Al Departamento de Electronica. En especial a "*Los olvidados*".
Al Ing. Arturo Castillo M.
(q.e.p.d)



ÍNDICE

1	INTRODUCCION	1
2	ANTECEDENTES	5
3	CONCEPTOS BASICOS DE METROLOGIA	7
3 1	DEFINICIONES BASICAS	10
3 2	PROCESO DE MEDICION	13
3 3	MÉTODOS DE MEDICION	14
3 4	CLASIFICACIÓN DE LOS PATRONES	15
3 4 1	PATRONES ELECTRICOS	16
3 4 2	PATRONES DE REFERENCIA	17
3 4 2 1	RESISTENCIA PATRÓN	23
3 4 2 2	CELDAS PATRÓN	26
3 5	PATRONES DE TRABAJO	26
3 5 1	CALIBRADORES MULTIFUNCIONES	29
3 5 2	CONSIDERACIONES PARA EL USO DE CALIBRADORES MULTIFUNCIONES	30
3 6	INSTRUMENTOS DE MEDICION	30
3 6 1	INSTRUMENTOS DIGITALES DE MEDICION	30
3 6 1 1	CONVERTIDOR ANALÓGICO-DIGITAL	31
3 6 2	INSTRUMENTOS ANALÓGICOS DE MEDICION	36
3 6 3	MULTIMETRO DIGITAL	40
3 6 4	OSCILOSCOPIOS	47
3 6 5	REGISTRADORES	49
3 6 6	ELECTRÓMETRO	51
3 6 7	FUENTES DE ALIMENTACIÓN DE C D	54
3 6 8	RESISTENCIAS DECADALES	56
3 7	TIPOS DE ERRORES	56
3 7 1	DEFINICION Y CLASIFICACION	57
3 7 2	EXACTITUD Y REPETIBILIDAD	58
3 7 3	ERRORES Y CORRECCIONES	59
3 7 4	CURVAS DE DENSIDAD-FRECUENCIA	59
3 7 5	CURVAS DE DISTRIBUCION NORMAL	59
3 7 6	CONFIANZA QUE PROPORCIONA LA DISTRIBUCION NORMAL	60
3 7 7	TEORIA PROBABILISTICA DE ERRORES	64
3 8	INTERPRETACION DE ESPECIFICACIONES	68
3 9	CALCULO DE INCERTIDUMBRES	69
3 9 1	PRELIMINARES	70
3 9 2	MÉTODO DE EVALUACION	70
3 9 3	FUENTES DE INCERTIDUMBRE	71
3 9 4	LEY DE PROPAGACION DE INCERTIDUMBRE	72
3 9 5	CLASIFICACION DE COMPONENTES DE INCERTIDUMBRE ESTÁNDAR	72
3 9 5 1	EVALUACION DE LA INCERTIDUMBRE TIPO A	74
3 9 5 2	EVALUACION DE LA INCERTIDUMBRE TIPO B	75
3 9 6	DETERMINACION DE LA INCERTIDUMBRE COMBINADA	75
3 9 6 1	CALCULO DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	75
3 9 7	PROCEDIMIENTO GENERAL PARA DETERMINAR LAS INCERTIDUMBRES	81
4	NORMATIVAS INTERNACIONALES	81
4 1	INTRODUCCION A LAS NORMATIVAS	81
4 2	NORMATIVAS ISO-9000	82

4 3	NORMA INTERNACIONAL ISO-9001 "SISTEMAS DE CALIDAD-MODELO PARA EL ASEGURAMIENTO EN DISEÑO, DESARROLLO, PRODUCCIÓN, INSTALACIÓN Y SERVICIO "	84
5	NORMATIVAS INTERNACIONALES PARA ASEGURAMIENTO DE MEDICIONES E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	90
5 1	DESCRIPCIÓN DE LA NORMA ISO-10012 "SISTEMAS DE CONFIRMACIÓN METROLÓGICA PARA EQUIPOS DE MEDICIÓN"	90
5 2	COMPARACION CON OTRAS NORMAS INTERNACIONALES	95
5 2 1	DESCRIPCIÓN DE LA NORMA BSI-5781 "SISTEMAS DE CALIBRACIÓN Y MEDICIONES, PARTE 1 Y 2"	95
5 2 1 1	PUNTOS NO COINCIDENTES CON LA ISO-10012	95
5 2 2	DESCRIPCIÓN DE LA NORMA ISO-25 "REQUERIMIENTOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN Y PRUEBA"	96
5 2 2 1	PUNTOS NO COINCIDENTES CON LA ISO-10012	96
6	REQUISITOS PARA EL ACREDITAMIENTO DE UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN (REGULACIÓN NACIONAL)	98
6 1	DESCRIPCIÓN DEL DOCUMENTO SNC-01-1994 "CONDICIONES PARA EL ACREDITAMIENTO DE LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN"	98
6 2	DESCRIPCIÓN DEL DOCUMENTO SNC-02-1994 "REQUISITOS GENERALES PARA EL ACREDITAMIENTO DE UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN"	100
6 3	DESCRIPCIÓN DEL DOCUMENTO SNC-03-1994 "SOLICITUD DE ACREDITAMIENTO PARA LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN"	103
7	DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ACREDITAMIENTO DE LABORATORIOS	105
7 1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ANTERIOR DE ACREDITAMIENTO	105
7 2	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE ACREDITAMIENTO	111
8	ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA NACIONAL DE CALIBRACIÓN	113
8 1	DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS	113
8 1 1	FUNCIONES	113
8 1 2	OBJETIVO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS	113
8 1 3	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS	113
8 1 4	ANTECEDENTES DE LA NORMALIZACIÓN EN MÉXICO	114
8 1 5	ATRIBUCIONES DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS	115
8 2	EL SISTEMA NACIONAL DE CALIBRACIÓN	116
8 2 1	DISPOSICIONES LEGISLATIVAS	116
8 2 2	DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS	116
8 2 3	OBJETIVOS	117
8 3	CONSEJO	117
8 4	COMITÉS TÉCNICOS DE EVALUACIÓN	117
9	CLASIFICACIÓN DE EVALUADORES	119
9 1	PROBLEMÁTICA	120
9 2	PROPUESTA PARA LA CLASIFICACIÓN DE EVALUADORES	121
9 2 1	EVALUADORES EN ENTRENAMIENTO	122
9 2 2	EVALUADORES	122
9 2 3	EVALUADOR LÍDER	122
10	PROPUESTA DE UN NUEVO SISTEMA DE ACREDITAMIENTO	125
10 1	RECEPCIÓN DE LA SOLICITUD	125
10 2	FORMACIÓN DEL GRUPO EVALUADOR Y PROGRAMACIÓN DE LA VISITA	126
10 3	REUNIÓN PREVIA	126
10 4	VISITA	127

10 4 1 APERTURA	127
10 4 2 EJECUCIÓN	127
10 4 3 REUNIÓN DE SALIDA	129
10 5 SEGUIMIENTO DE LAS ACCIONES CORRECTIVAS	129
CONCLUSIONES	131
GLOSARIO	132
BIBLIOGRAFÍA	139
ANEXOS	141

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la globalización de los mercados se crearon normativas internacionales que establecen los requisitos de los sistemas de calidad que deben cubrir las empresas, para participar en el intercambio comercial, estos requisitos abarcan desde la compra de insumos hasta el servicio posventa, dentro de ellos sobresale el establecimiento de un control de los equipos e instrumentos de medición. El realizar las actividades acordadas con estas normativas internacionales se abren caminos hacia un mercado selecto, donde solo los que cumplen con estas reglas de calidad pueden ofrecer sus productos y por lo tanto el costo de estos se eleva de manera importante en beneficio de la empresa y le da la oportunidad de competir comercialmente a nivel mundial. El hecho de satisfacer los requisitos de las normas no asegura que sus productos sean de calidad, solo significa que la empresa tendrá la capacidad de realizarlos con calidad. A el cliente le favorece, pues al ejecutar estas normas le confiere seguridad. Para esto se deben de llevar a cabo los requisitos que piden las normativas. Para mantener un Sistema de Calidad que asegure el producto se deberá establecer y documentar procedimientos para:

Controlar y verificar el diseño del producto.

Controlar los procesos de producción y asegurar que estos procesos se lleven cabo bajo condiciones controladas.

Las actividades de inspección y pruebas finales para verificar que cumple con los requisitos de acuerdo con el Plan de Calidad.

Calibrar y mantener los equipos de inspección, medición y prueba, de tal manera que se asegure que la incertidumbre de la medición es conocida y es consistente con la capacidad de medición requerida.

En este ultimo inciso es donde se encuentra involucrada esta tesis, mediante el Laboratorio de Metrología Eléctrica. En las empresas que tienen estas normas de calidad es muy común que no cuenten con un Laboratorio de Metrología acreditado por lo cual le es necesario solicitar los servicios de calibración a Laboratorios externos acreditados.

Cuando un Laboratorio de calibración es acreditado se demuestra que cumple con los niveles de calidad y competencia técnica que establece la organización que lo acredita en este caso la Dirección General de Normas (DGN). El acreditamiento esta basado en el grado de concordancia de las actividades que realiza el Laboratorio con los criterios que establecen con respecto a normas y guías internacionales. El acreditamiento nos da la seguridad de tener una trazabilidad a estándares internacionales reconocidos. Pero el acreditamiento no es una garantía de la operación de un Laboratorio, solamente es un indicativo de su competencia técnica, debe verse como la verificación de la habilidad del Laboratorio para realizar mediciones de una exactitud específica. Con esto el Laboratorio demuestra a los clientes que tiene la capacidad técnica y un adecuado sistema de calidad para realizar las calibraciones.

Los beneficios principales al ser acreditado un Laboratorio son:

- Estará dentro de los requisitos legales.
- Reduce el número de auditorías de calidad.
- La aceptación de sus mediciones por otros Laboratorios acreditados.
- Mejora la calidad de las mediciones que realiza.
- Obtiene reconocimiento oficial de su competencia.

El organismo rector que otorga el acreditamiento es la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), a través de la Dirección General de Normas (DGN) fija los lineamientos mediante los documentos SNC-2 y SNC-3 a los cuales se deben sujetar los Laboratorios aspirantes a

obtener el acreditamiento y así formar parte del Sistema Nacional de Calibración (SNC) En la DGN es donde se recibe la solicitud enviada por el Laboratorio interesado en obtener el acreditamiento, en la cual se deberá especificar las magnitudes, los intervalos en los que desea ser acreditado. Esta es transferida a un Comité de Área, existen siete comités para las diferentes áreas, como la eléctrica, masas, fuerza, presión, dimensional, temperatura. Estos están formados por los responsables técnicos de los Laboratorios de Metrología ya acreditados, los cuales tienen una reunión mensual. Para otorgar el acreditamiento se realiza una evaluación al Laboratorio que quiere acreditarse, por lo que se elige un grupo evaluador que estará conformado por un evaluador líder, uno o mas evaluadores, y si es conveniente algun evaluador en entrenamiento.

Actualmente el proceso de acreditamiento de un Laboratorio se efectua en promedio entre dos a tres meses, llegando incluso a prolongarse hasta seis meses, esto causa un gran daño en la economía del Laboratorio porque esta inhabilitado de realizar sus actividades de calibración mientras no este acreditado, aun cuando piense renovar este acreditamiento. Esto se debe principalmente a que las visitas del grupo evaluador se realizan sin planeación alguna y al final de la visita no quedan bien definidas las deficiencias y observaciones que presenta el Laboratorio y el modo de solución para considerar como satisfactorios todos los requisitos de acreditamiento. Otra de las causas es la divergencia de criterios que existen dentro de los evaluadores líderes, pues mientras para un evaluador líder un Laboratorio cumple los requisitos para otorgarle el acreditamiento, un año despues con otro evaluador líder con diferentes criterios el Laboratorio presenta deficiencias que a su parecer provoca que no se le otorgue el acreditamiento, siendo que todo un año anterior estuvo trabajando con el reconocimiento oficial aun con estas supuestas deficiencias. Además estas deficiencias en ocasiones son comunicadas de manera verbal por lo que estos comenatarios se olvidan y provocan que se pierdan mas tiempo en otorgar el acreditamiento y con el paso del tiempo se tengan las mismas deficiencias cuando sea el momento de renovar el acreditamiento. Estas diferencias de criterios solo perjudica al Sistema pues no puede hacer homogéneas las evaluaciones sin importar quien sea el evaluador.

Por esto se hace necesario a creación de una nueva mecánica de acreditamiento que disminuya los tiempos y las ambigüedades que existen entre las diferentes evaluaciones a los Laboratorios que desean acreditarse. Si se llegaran a unificar criterios redundaria en tener evaluaciones de mayor calidad, y posiblemente se reduciría el tiempo para otorgar el acreditamiento, desde la recepción de la solicitud, su visita de evaluación, corrección de deficiencias, hasta su acreditamiento. Es importante el hecho de que la DGN pueda realizar la función de mediador para resolver las diferencias entre los evaluadores y el Laboratorio auditado, tratando así de dar un mejor seguimiento a cada laboratorio. La siguiente propuesta se elabora bajo la perspectiva de un Laboratorio acreditado en el área eléctrica que pertenece al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). La forma de acreditamiento que a continuación se propone busca que las evaluaciones resulten acordes a la normativa internacional, donde sean expresadas la incertidumbre y exactitud de la misma forma. Así el Sistema Nacional se haría cada vez mas fuerte, con un nivel competitivo internacional con renombre, con lo cual el pertenecer al Sistema Nacional de Calibración no solo seria visto como una necesidad legal, sino como una oportunidad para mejorar los servicios de calibración.

En esta tesis intenta abarcar todos los temas que pueden verse involucrados durante la evaluación de un laboratorio de Metrología. Por lo que la dividiremos en tres partes, la primera tocará los temas técnicos, en la segunda parte se presentaran las normativas internacionales con las que se interrelacionan los laboratorios de Metrología así como los documentos oficiales para el acreditamiento de los laboratorios, y por ultimo trataremos la problemática en el SNC y nuestra propuesta.

Se inicia la primera parte con una descripción de los tipos de Metrología existentes, los patrones internacionales del área eléctrica, como son el ohm, el ampere, el volt. Se hace mención de estos por que son los que inician la cadena de trazabilidad. Se hablara en este capítulo también de como son construidas las resistencias patrón, tipo de materiales utilizados, características, además la materialización del volt, sus ventajas con respecto a la creación del ampere, las ventajas y características de las pilas electroquímicas, además de las referencias de voltaje de estado sólido y posteriormente el calibrador multifunción que es el patrón de trabajo utilizado en la mayoría de los laboratorios acreditados, como está constituido, sus principios de operación y sus características principales. Es importante tener claros estos conceptos pues son los fundamentales para comenzar el estudio de la Metrología en el área eléctrica.

Con respecto a los instrumentos de medición hablaremos de los que usualmente se calibran en el laboratorio de Metrología de ININ, y que son mas utilizados en la industria. De los cuales se presentaran sus diagrama de funcionamiento, sus características mas significativas y tipos mas comunes. Se dará preferencia en este estudio a los instrumentos digitales, solo se mencionará el principio de funcionamiento de los instrumentos analógicos, la razón de esto es por que los instrumentos digitales son los que tienen mejor exactitud, son de un uso mas cómodo y por que en la actualidad son los mas usados. Entre otros veremos los Multímetros, osciloscopios, graficadores, electrometros, picoampérmetros, voltamperímetros, etc. Por ser los de uso mas representativos en la industria.

Definiremos los métodos de medición existentes, asimismo estableceremos un panorama de lo que consiste un proceso de medición involucrando la parte humana, instrumental y administrativa. En este proceso están implicados los errores que existen en una medición, se citan los tipos mas usuales, así como su calculo por el método de la teoría de los errores, el cual era empleado anteriormente y en el que se recurría a los conceptos clásicos de estadística. El motivo por el cual se presenta este tema es debido a que las Normativas Internacionales tienden a homogenizar criterios de expresión de incertidumbre de acuerdo a la norma ISO-TAG4 haciéndose indispensable el manejo de los conceptos estadísticos básicos. Esta es la razón por la que los Laboratorios de Metrología en la actualidad expresan sus resultados con una incertidumbre asociada, se indicará como se calculan las incertidumbres tipo A, B y las consideraciones que se deben tener, como las condiciones ambientales, los errores humanos, la incertidumbre asociada a nuestros patrones, y la de nuestros resultados. En cuanto a la interpretación de especificaciones de los instrumentos se darán algunos ejemplos, dependiendo de como este representada en el instrumento, que puede ser en partes por millón, en porcentajes de la lectura, tanto en instrumentos analógicos y en digitales.

En la segunda parte de esta tesis hablaremos en un principio de las normativas técnicas internacionales vigentes que tienen relación con los laboratorios de calibración, por ser conocimientos técnicos imprescindibles para los responsables de los laboratorios. Incluiremos las normativas internacionales ISO-9000 que nos hablan de los sistemas de calidad desde el diseño, producción y servicio, las cuales en su actualidad representan las mejores cartas de presentación para las industrias que cumplen con estas y por que en nuestro país las empresas están mostrando interés por su implementación y certificación. Daremos paso entonces a las normativas internacionales directamente ligadas con el laboratorio de Metrología como lo es la norma ISO-10012 la norma ISO-GUIDE 25 y la norma BSI-5762 que nos hablan del aseguramiento de los instrumentos de medición, las cuales deben ser implementadas por los laboratorios por ser acreditados. Estas normativas se incluyen en esta tesis para dar un amplio panorama de la relación de la Metrología con sistemas de calidad. Debido a que en la industria se han comenzado a manejar estas normativas de aseguramiento de calidad como un requisito para poner en el mercado internacional sus productos. Se presentan además para que se forme una idea del impacto que tienen los laboratorios de Metrología

en la industria, y esto no solo hablamos del área eléctrica sino de todas las áreas metroológicas con las que la industria interacciona

Además se presentan los documentos SNC-01, SNC-02, SNC-03, los cuales nos hablan de las condiciones, los requisitos y la solicitud para el acreditamiento de un laboratorio de Metrología. Como estas normas involucran 2 partes, la parte administrativa y la parte técnica. Estudiaremos esta última que es la que nos interesa, por que representan la capacidad técnica con la que deben contar los laboratorios. Pues no bastaría con cumplir con las normas administrativamente, si no existe una base técnica fuerte. Se presentan estos documentos por que un laboratorio con miras en acreditarse deberá primeramente estudiar, posteriormente implementar y por último cumplir con estos requisitos para no tener problemas al momento de la evaluación

Por esto se tratará de que este documento sirva de base para cualquier persona que se desempeñe en el ámbito de la ingeniería con los suficientes conocimientos para que pueda ponerlos en práctica inmediatamente. Esto también podrá ser posible para otras áreas metroológicas haciendo las analogías pertinentes, en el cambio de patrones pero que finalmente la propuesta las normativas internacionales y los documentos oficiales serán válidos para el acreditamiento de un laboratorio de Metrología de cualquier área

En la tercera parte de esta Tesis daremos un panorama al sistema de acreditamiento de laboratorios por el Sistema Nacional de Calibración y la DGN, el cual lo dividiremos en el actual y el anterior. Se mencionará el procedimiento que realizaban para obtener el acreditamiento anteriormente y como se realiza actualmente. Trataremos de mencionar las fallas de cada uno, sus incongruencias, sus ventajas todas estas vistas a favor o desde el punto de vista del laboratorio con aspiraciones a acreditarse o el ya acreditado. Mostraremos la organización de la Dirección General de Normas, su estructura organizacional, sus funciones, sus alcances y sus objetivos. Presentaremos la Subdirección que rige la Metrología, el Sistema Nacional de Calibración y el Comité de Área, presentando sus funciones, objetivos y alcances. Tocaremos el tema de los evaluadores de los laboratorios que pertenecen o desean pertenecer al SNC, la existencia de una clasificación solo verbal y una propuesta para la clasificación, calificación y certificación de estos

Se espera que esta tesis sirva para que se mejore el proceso de acreditamiento de los laboratorios de Metrología, que se realice una clasificación de los responsables técnicos de los laboratorios acreditados que serán los evaluadores de los laboratorios a acreditarse, que se disminuyan las analogías de los conceptos a evaluar por parte de los evaluadores, que exista un mejor seguimiento de las deficiencias, comentarios y acciones correctivas, y si es posible que disminuya el tiempo para lograr el acreditamiento. Si esta propuesta no fuera tomada en cuenta como tal, se espera que sirva para la reflexión del rumbo que tiene el Sistema Nacional de Calibración para el bien de la Metrología Nacional y de la industria que requiere de los servicios de calibración, con esto ayudar, aunque sea un poco al crecimiento económico y tecnológico del país

2. ANTECEDENTES

En México las prácticas de metrología surgen primeramente en los centros de educación con fines de investigación, donde tenían poco interés y apoyo por parte de las autoridades, es con el auge de las políticas de calidad cuando estas prácticas se generalizan en la industria nacional y surge una reglamentación en términos de recomendaciones dando origen al **Sistema Nacional de Calibración**, estas recomendaciones se plasman en documentos de la serie **SNC-D**, los cuales son elaborados en apego a la normatividad internacional **ISO-25**, que engloban los requisitos que debe cumplir un laboratorio que deseaba ser acreditado, así como la descripción de los mecanismos de evaluación, se creó un comité de metrología que posteriormente se dividió en comités específicos para cada área metrología, los cuales están formados por los responsables técnicos de los laboratorios acreditados y profesionales del ramo, son estos comités que en forma conjunta con los representantes de la **Dirección General de Normas** realizan las auditorías de los sistemas de calidad y competencia técnica a laboratorios de calibración.

Con la entrada de México al Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y Canadá, la metrología legal es vista de una perspectiva totalmente diferente, en este momento cuando las prácticas metrologías son consideradas como requisitos en el intercambio comercial y por lo tanto de gran interés por parte de las autoridades, surge la **Ley de Metrología y Normalización** publicada en 1992, donde se crea el **Centro Nacional de Metrología**, el cual tiene como principal función establecer y mantener los patrones de referencia nacionales que aseguren la trazabilidad de todas las mediciones que se realicen en el país.

Desde 1992 a la fecha el sistema de acreditamiento ha cambiado tres veces a raíz de la presencia del **Centro Nacional de Metrología** dentro del escena legal, establecieron nuevos formatos y crearon mecánicas diferentes, lo que genero momentos de incertidumbre y falta de continuidad del acreditamiento de algunos laboratorios y el retro de algunos otros por razones meramente políticas, los tres sistemas han tenido cosas valiosas, sin embargo los cambios han generado mas problemas que beneficios por la forma abrupta con la en que fueron ejecutados.

El primero sistema establecía que el grupo evaluador designado por el Comité de Técnico del Área era el encargado de evaluar en forma integral el funcionamiento del laboratorio, en base a sus recomendaciones y sugerencias procedía o se condicionaba el acreditamiento, era un sistema sano que no estaba polarizado por intereses individuales y no implicaba ningún costo para el laboratorio a excepción de los viáticos de los evaluadores, con la entrada del **CENAM** el esfuerzo de 10 años de los metrologos del país fue despreciado y la **DGN** celebró un convenio con el **CENAM** donde le cedió la función y el derecho de determinar la capacidad técnica y los comites fueron delegados a ocuparse durante las evaluaciones exclusivamente del sistema de calidad y administrativo.

El **CENAM** creó el **Servicio de Certificación de Laboratorio de Calibración SECLAC**, los costos que propusieron por la certificación escaparon a la realidad nacional y ponían en tela de juicio la rentabilidad de cualquier laboratorio de calibración aun para entidades publicas como el **ININ**, además de esto se aunaron problemas de ejecución y las evaluaciones se volvieron lentas, tortuosas y caras, no obstante reconocemos las valiosas aportaciones que el personal del **CENAM** ha hecho en cuestiones técnicas dentro del esquema de evaluación y lo importante que es su presencia dentro del medio metrologico del país, el problema radicó en la actitud de sus autoridades no se apoyaron en **SNC** sino que se presentaron como la autoridad y se impusieron a la fuerza, lo que originó un conflicto

político muy grave que al final de cuentas llevó al rompimiento del convenio DGN-CENAM, fue entonces cuando la SECOFI volvió al primer sistema, dando el lugar que merecen los comités técnicos, actualmente el CENAM se está involucrando nuevamente en las evaluaciones, en teoría como cualquier otro laboratorio sin embargo pretende participar en todas las evaluaciones, desconocemos la razón, pero esperamos que sea con la intención de integrarse al SNC de la manera en que fue establecido en la Ley de Metrología de 1992 y que sea para el bien de la metrología en el país.

3. CONCEPTOS GENERALES DE METROLOGÍA

3.1 DEFINICIONES BASICAS

Para conocer el por que del acreditamiento de los Laboratorios de Metrología es necesario que primero se defina que es que hace y como lo hace para tener una correcta idea de las actividades que aqui se desarrollan y para esto comenzaremos con dos definiciones

- **Metrología.** Es la ciencia de las mediciones. La Metrología incluye los aspectos, tanto teóricos como prácticos que se relacionan con las mediciones, cualquiera que sea su nivel de exactitud y en cualquier campo de la ciencia y de la tecnología. Existen varias áreas de la Metrología para las diferentes ramas de la ingeniería, de las cuales se pueden mencionar las siguientes

- a) **Metrología Eléctrica.** Abarca el conocimiento de magnitudes relacionadas con fenómenos electromagnéticos, como la intensidad de corriente, tensión eléctrica y resistencia eléctrica
- b) **Metrología Dimensional.** Abarca el conocimiento de magnitudes lineales y angulares, como longitud, superficies
- c) **Metrología de Presión.** Abarca el conocimiento de magnitudes relacionadas con la fuerza ejercida por líquidos o gases
- d) **Metrología de Masas.** Abarca el conocimiento de magnitudes relacionadas con pesos muertos.
- e) **Metrología de Materiales.** Abarca el conocimiento de las características mecánicas de todo tipo de material
- f) **Metrología Térmica.** Abarca el conocimiento de magnitudes relacionadas con fenómenos de Temperatura
- g) **Metrología de Radiaciones Ionizantes.** Abarca el conocimiento de las Radiaciones: partículas alfa, beta, radiaciones X, neutrones, gammas

Un Laboratorio puede incluir varias de estas áreas cumpliendo los requisitos de seguridad, instalación y condiciones ambientales. Pero es necesario conocer que es un Laboratorio. Existen un sinnúmero de definiciones, pero la que mas se adecua a nuestras necesidades sería

" Sala local o edificio donde se desarrolla una actividad que tiene por objeto la medición, verificación o investigación del comportamiento de materiales, productos o instrumentos. Este consta de: facilidades, personal, instrumentación y procedimientos."

Existen una gran variedad de Laboratorios de los cuales están enfocados a diferentes actividades, a continuación solo se nombran algunos

- a) **Laboratorios de Investigación.** Su función es la experimentación, se puede partir de problemas concretos, ya sea pura o con fines de aplicación. Generalmente se encuentran en universidades, instituciones gubernamentales, fundaciones
- b) **Los Laboratorios Industriales.** Son principalmente utilizados para controlar procesos de manufactura, aplicación de normas, o para regular las especificaciones técnicas de los productos.

Con este ultimo inciso se identifica un Laboratorio de Metrología puesto que es utilizado para la implementación de normativas de calidad y además cuando cuentan con el acreditamiento pueden desarrollar la actividad de calibración de manera lucrativa a los clientes que lo soliciten. Para algunas personas las actividades de calibración no significan mucho, pero para una persona ligada a esta actividad esto tiene una gran relevancia e importancia

"Los Laboratorios de Metrología tienen como función principal mantener y diseminar las unidades de medición." Su propósito básicamente es la de transmitir por medio de comparaciones

las unidades de medición que han sido materializadas en instrumentos, con los que el proceso de medición es implementado. Además debe de diseminar la trazabilidad de sus patrones de referencia.

Ahora definiremos los conceptos de medición y calibración para hacer mas amplia nuestra idea

- **MEDICIÓN.** Es la asignación de números a objetos materiales, que representan las relaciones que existen entre ellas con respecto a propiedades particulares. Estos números asignados sirven para cuantificar la cantidad relativa de esa propiedad con el objeto

El principal objetivo de la medición es la de representar simbólicamente las propiedades de un objeto como base de un análisis y permitir así realizar un análisis matemático. Es por esto la necesidad de la representación simbólica de las propiedades para obtener números y no solo una representación simbólica. Hay dos aspectos en la operación de una medición, una es cualitativa y la otra es cuantitativa. Una consiste en números o lecturas, los factores cualitativos involucrados en la medición de una cantidad son: Los aparatos y equipos auxiliares empleados, los operadores, las instrucciones ejecutadas.

- **CALIBRACIÓN.** Es un conjunto de operaciones, bajo condiciones específicas, y es la relación que existe entre los valores indicados por un instrumento sujeto a medición y un patrón de referencia de exactitud conocida.

La calibración nos proporciona dos grandes beneficios, primero, nos permite emplear instrumentos confiables, es decir, instrumentos que sabemos que los errores asociados a ellos están dentro de los límites permisibles, los cuales son especificados por el fabricante, y segundo, satisface los requerimientos de trazabilidad que tan frecuentemente son solicitados actualmente. Es un error el pensar que la calibración implica solo un ajuste para hacer mas exacto el instrumento, pues no lo va a ser mas exacto de lo especificado. Incluso a menos que sea trazable, una medición no es una calibración y no proporciona ninguna ventaja económica o satisface requerimientos legales.

Existe otra característica importante que debemos de tomar en cuenta, pues resulta imprescindible valorar el significado que tiene la trazabilidad; hasta el momento se ha hablado de ella pero no se a definido el alcance que este tiene a nivel mundial. La trazabilidad es la habilidad de relacionar resultados (mediante documentación) realizados con un instrumento de medición, con los patrones nacionales o sistemas de medición aceptados nacionalmente, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones. A medida que avanza el tiempo la tecnología evoluciona rápidamente, y por lo tanto la forma de obtención y conservación de algunos patrones a cambiado, como por ejemplo la unidad de tensión eléctrica que era conservada mediante pilas electroquímicas y ahora es reproducible por el efecto Josephson. Es por esto de la importancia de la homogeneidad de los patrones nacionales sobre todo en los que aceptan el SI para que de esta forma se facilite el intercambio comercial. La cadena de trazabilidad sigue después con los Laboratorios secundarios y/o de trabajo de los Laboratorios nacionales y así sucesivamente. Es por esto el emplear instrumentación calibrada es solo un eslabón de la cadena de trazabilidad, que nos proporciona la confianza de que el proceso de medición no será cuestionado por dudar de la exactitud del instrumento.

Los Laboratorios de Metrología también deben de tomar en cuenta sus instalaciones este punto se vera ampliamente en los capítulos siguientes como requisitos que debe cubrir para obtener el acreditamiento, ahora solo se mencionaran los principales

- Temperatura: Valor absoluto y estabilidad
- Vibración: Amplitud y frecuencia
- Humedad
- Polvo: Tamaño y cantidad de partículas
- Iluminación: Efecto de calentamiento y ruido eléctrico.
- Voltaje de Línea: Valor nominal, regulación y transitorios.

Esta tesis es basada bajo la perspectiva de un Laboratorio acreditado en el área eléctrica del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Es por esto que los conceptos se apoyen en los del área eléctrica

Se ha definido ya lo que es una medición pero ahora se hablara de las características que repercuten en los instrumentos de medición haciendo referencia a los factores que pueden limitar su capacidad para medir correctamente. Para un sistema físico al que se requiere conocer alguna característica, el instrumento de medición realiza el trabajo de una interfaz entre el sistema y sus parámetros que se desea conocer. Por lo tanto, un instrumento de medición se debe considerar como una maquina para adquirir información.

Se deberá considerar lo siguiente al utilizar un instrumento de medición

- Como afecta el instrumento de medición al parámetro en el sistema físico que se va a medir
- Que sensibilidad requiere el instrumento de medición para observar los detalles mas finos del parámetro a medir
- Que tipos de factores, externos al sistema físico a medirse, van a interferir sobre el proceso de medición, y cuanto es el error que pueden introducir en el mismo proceso
- Como se va a comportar un instrumento de medición con el tiempo, con variaciones ambientales, vibraciones, etc.

Esto nos ayudara a cuantificar el tamaño de la incertidumbre asociada a una medición. Aquí nos damos cuenta que no hay una medición perfecta. Ahora, para poder medir con la mayor perfección algun sistema físico, primero se debe proponer un tipo de instrumento de medición. Hay que recordar que el mejor sistema de medición es aquel que busca extraer la información verdadera del sistema que se esta midiendo de la manera mas confiable.

Características del Comportamiento de un Sistema de Medición. Para visualizar estas se usara la figura 3.1

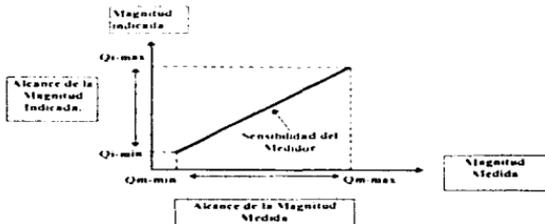


Figura 3.1 Comportamiento de un sistema de medición

En relación con esa figura se pueden deducir los siguientes conceptos:

- Alcance de la Magnitud Medida (Entrada al sistema de medición) Son los valores máximo y mínimo que puede exhibir la magnitud bajo medición Q_m
- Alcance de la Magnitud Indicada (Salida del Sistema de Medición) Son los valores máximo y mínimo que puede exhibir la magnitud de indicación Q_i
- Razón de Sensibilidad del Medidor. Es la pendiente de la curva que describe la relación entre Q_m y Q_i . Las dimensiones de la Sensibilidad están dadas términos de Q_i/Q_m . Si la relación entre Q_m y Q_i es lineal, entonces la sensibilidad es una constante, de otra manera la sensibilidad se puede considerar como lineal solo en algún intervalo del alcance de salida.

3.2 PROCESO DE MEDICIÓN

Este tiene por objetivo el establecer y conocer el valor verdadero de un objeto en particular que por lo menos en concepto es único e invariable. Nos referimos a la unidades las cuales serán las bases de una medición como el Ampere, el Volt, el Ohm

Un proceso de medición produce

Un valor medido útil

Una estimación de la incertidumbre de ese valor

Un proceso de medición involucra la operación física de un instrumento especificado por un procedimiento de calibración y ejecutado tan fielmente como sea posible. El procedimiento está sujeto a muchas variaciones que pueden y que ocurren durante la operación. El resultado final es una estimación del mejor valor, el cual, para que sea útil debe ser declarado con la incertidumbre que involucre parámetros de comportamiento verdaderos. Cambios en cualquiera de los elementos que constituyen el proceso, como son un método particular de medición o un proceso diferente, puede producir, resultados diferentes, así como también, producir una incertidumbre distante. Cambios pequeños pueden hacer la diferencia entre un valor útil o un esfuerzo perdido.

Lo que más interesa es conocer el valor verdadero de un objeto con respecto a un patrón conocido, por lo cual es necesario hacer una comparación entre ambos, es por esto que el instrumento de comparación es un elemento vital en el proceso.

Cuando se hace una comparación entre el instrumento bajo prueba y el patrón, y se encuentra una diferencia, simplemente se declara el instrumento en términos del otro. Siempre tomando el patrón como referencia. El problema de establecer la correspondencia entre las diferencias observadas es parte del método de medición empleado, pudiendo ser este por comparación o lectura directa. Con el primer método, uno obtiene lecturas relativas a un patrón de calibración, el instrumento de medición debe ser continuo y lineal, solo durante el intervalo de tiempo que permita evaluar las mediciones. Los instrumentos de lectura directa, en algún sentido son de sustitución, por que en alguna ocasión fue calibrado contra el patrón de referencia y hasta que nuevamente sea recalibrado generalmente se acepta, que el instrumento cumple las especificaciones evaluadas durante la calibración previa.

Todos los métodos usuales resultan en expresiones muy similares que relacionan la diferencia entre dos objetos que son comparados. Cuando un método en particular es seleccionado, es posible observar su comportamiento, si lo ponemos en producción y evaluamos el proceso de medición.

Un proceso de medición es esencialmente un proceso de producción, el "producto" son números, que resultan de las mediciones. Una característica del proceso de medición es que en mediciones repetidas del mismo objeto produce una serie de números NO- idénticos.

Para poder especificar un proceso de medición es necesario poner límites de control que permitan conocer su "variabilidad", debido a imperfecciones aleatorias del comportamiento del sistema, esto es, reconocer su repetibilidad o su dispersión, detectar la posible existencia de errores sistemáticos, para conocer los orígenes de ellos y también determinar los límites de incertidumbre globales de mediciones independientes.

Consideremos la figura 3.2.1. En ella observamos un conjunto de puntos que representan las diferencias entre un instrumento y un patrón, las mediciones tienden a agruparse alrededor de la línea central el promedio del proceso o la línea media. Nuestra confianza de que el proceso se ha asentado o estandarizado alrededor de un valor promedio, puede ser reforzado, conforme la longitud del registro se incrementa. Sería importante preguntarse dónde caerá la siguiente medición.

Nuestro objetivo es hacer una declaración con respecto a la nueva medición que es totalmente independiente de todas aquellas que se han echo. Si tenemos un registro lo suficientemente largo,

se podrá establecer límites de control que nos permita tener mayor confianza, sobre dónde "caerá" la siguiente medición

Un límite de este tipo, tiene que ser establecido en base a observaciones independientes, esto significa, que el conjunto de observaciones y la nueva medición sean similares en características, de tal manera que puedan ser consideradas aleatorias y con la misma función de probabilidad. Esta condición es satisfecha, cuando el conjunto de mediciones es independiente, queriendo decir con esto, que estén libres de formas, tendencias o agrupamientos. Así bajo las consideraciones, que el medio ambiente y las condiciones operativas sean lo suficientemente amplias para que los efectos aleatorios se manifiesten y la variabilidad del proceso se suscite

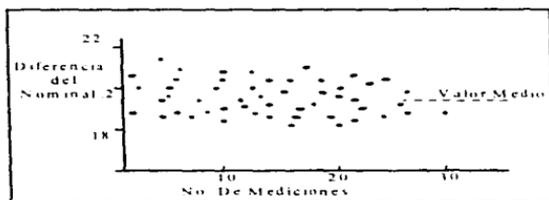


Figura 3 2 1

Del estudio de una secuencia de mediciones independientes y el empleo de técnicas de cartas de control, podemos establecer límites dentro de los cuales el siguiente valor caerá. Con esto podemos declarar que hay límites probabilísticos de que el valor verdadero o la media establecida, no será mayor que el ancho del límite impuesto, y es válido para cualquier observación seleccionada al azar. Esto también será válido para la siguiente medición, considerando que es una medición independiente del mismo proceso

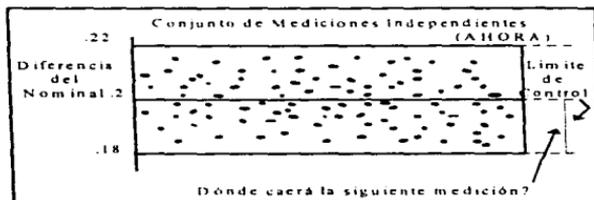


Figura 3 3 2

Ya se ha dicho, que una característica del proceso de medición es que produce resultados No-Idénticos y esto sucede también cuando comparamos varios objetos contra un patrón. Por lo general habrá discrepancias entre los valores observados y el mejor valor calculado de los datos. Si toda esta bien ejecutado, estas variaciones no serán muy grandes, y también ciertas combinaciones de ellas, como la suma de los cuadrados, tendrán un buen comportamiento. Para análisis estadístico, la desviación estándar, "S", es usada como el parámetro que describe la variabilidad. La cantidad "S" es una función de los errores observables y puede cambiar con cada conjunto de datos.

Se ha hablado de las mediciones que no son idénticas, pero siempre deberán de estar dentro de un cierto intervalo, por esto es necesario la verificación de los patrones. Para la verificación de los patrones, esta se realiza dentro de un intervalo de tiempo considerable, la variabilidad puede incluir una diversidad de medios ambientes y algunos otros factores y la secuencia puede, en ausencia de problemas sistemáticos, aproximarse a una secuencia de valores independientes. La determinación del valor verdadero y la incertidumbre asociada es una calibración, sin embargo, la calibración está limitada a unas pocas mediciones. Si podemos asegurar que las mediciones de las diferencias entre el desconocido y el patrón provienen de un proceso que está bajo control estadístico, esto es, un proceso estable con variabilidad conocida, entonces podemos transferir las propiedades del proceso a las mediciones individuales. Todos quienes realizan mediciones deben concentrarse en las características del proceso de medición, esto es, el grado con el cual, el proceso manifiesta el mismo valor del patrón y muestra la misma variabilidad.

En cada etapa en que la unidad de medida se disemina desde el patrón aceptado como tal, y hasta el último usuario, existen tres partes de interés, una parte que es el patrón, con valores conocidos, e incertidumbres declaradas, un conjunto de instrumentos y procedimientos necesarios para realizar las comparaciones requeridas y por último los objetos que deben ser medidos o evaluados para que cumplan una tarea dada.

Todo lo anterior lo podemos resumir de la siguiente manera:

Las especificaciones de los aparatos y equipos auxiliares que son empleados, las manipulaciones que son realizadas, la secuencia en que se realizan y las condiciones bajo las cuales son implementadas, constituyen el método de medición. Las correcciones en las mediciones son declaradas y frecuentemente son empleadas como una parte integral de la medición por ello, los tipos de correcciones que ordinariamente son realizadas, así como los procedimientos específicos para involucrarlas, deben de ser incluidos entre las operaciones a desarrollar.

Un proceso de medición es la implementación de un método de medición en términos de instrumento y equipos particulares, que cuenten con las características necesarias de acuerdo a la medición que se pretende realizar, y que empleados en condiciones particulares siguiendo un procedimiento establecido y ejecutado por personal experimentado, nos proporcionen resultados confiables.

Es probable encontrar procedimientos escritos de métodos de medición que tienen instrucciones concisas, que sin embargo, no pueden ejecutarse con toda la exactitud deseada en la práctica, por consiguiente aunque el método de medición este perfectamente descrito, no deben existir discrepancias en su ejecución, la cual está involucrada en el proceso de medición. El proporcionar instrucciones concisas, no es fácil, pero debemos considerarlas, porque ellas implican el tener variabilidad en nuestro proceso de medición, por consiguiente las instrucciones deben estar bien definidas para minimizar las variaciones por la ejecución de un método particular.

Hay que las mediciones son realizadas y analizadas, la calidad de ella está solo en el papel, por lo tanto es solo ideal. Cuando el proceso de medición es realizado, el resultado final es solo una estimación del mejor valor, el cual, para que sea útil, debe ser limitado por medio de una declaración de incertidumbre.

Cualquier cambio en el proceso de medición, como el cambiar la secuencia de instrucciones proporcionadas por el procedimiento de calibración o cambiar un instrumento por otro similar, producirá el tener una variación en el proceso de medición, el cual proporcionará resultados e incertidumbres diferentes. "Pequeños cambios" pueden ser la diferencia entre una medición buena y una mala, y puede ser el surgimiento de incertidumbre como. La diferencia en la medición es por una variación en el instrumento o por una variación del proceso de medición?

La calibración en un Laboratorio de Metrología no es lo que el proceso de medición puede hacer y no es una simulación del proceso de medición es una implementación real, sin incertidumbre de valores ómnibus, además proporciona las bases para una declaración de un resultado verdadero.

3.3 MÉTODOS DE MEDICIÓN

La Calibración de Instrumentos y Patrones es básicamente una forma refinada de realizar mediciones. La medición es la asignación de números a objetos materiales que representan las relaciones existentes entre ellos, con respecto a propiedades particulares.

Uno siempre mide las propiedades de las cosas, no las cosas en sí mismas. En la misma práctica las mediciones de alguna propiedad de un objeto ordinariamente toma la forma de una secuencia de pasos u operaciones que dan como resultado final un número, que indica que tanto de esa propiedad, tiene el objeto. El resultado final puede ser obtenido por una sola lectura de un instrumento, aunque en general, es algún tipo de promedio.

En general, el propósito para el cual la respuesta es requerida, determina la exactitud necesaria y por lo regular determina también el método de medición a emplear. Las especificaciones de los instrumentos y equipos auxiliares a ser empleados, las operaciones a ser ejecutadas la secuencia en que ellas son realizadas y las condiciones bajo las cuales son desarrolladas, constituyen como ya se dijo el proceso de medición.

La aplicación de un método de medición en particular, requiere de un grado de consistencia entre las mediciones obtenidas de una sola cantidad, antes de que el método de medición tenga un significado útil, es decir antes que un proceso de medición sea establecido, se requiere el desarrollo de un método de medición.

Mientras que una medición no ha sido depurada dentro del contexto de control estadístico, no podemos afirmar, que la medición contiene la información que estimamos conocer, y aun cuando la medición este bajo control estadístico, permanecerá la duda de si el método de medición, es el apropiado para la medición que deseamos realizar.

Existen diferentes métodos de medición los cuales se presentan a continuación

- a) **Método de Medición Directo.** Es el método de medición en el cual el valor de la magnitud a medir es obtenido directamente, en forma preferente a la medición de otras magnitudes relacionadas funcionalmente con la magnitud a medir. El método de medición permanece directo, aun si es necesario efectuar mediciones suplementarias para determinar los valores de las magnitudes de influencia, a fin de realizar las correcciones correspondientes. Como sería el realizar una medición de una longitud utilizando una regla graduada.
- b) **Método de Medición Indirecto.** Método de medición en el cual el valor de la magnitud a medir es obtenido a partir de mediciones de otras magnitudes relacionadas funcionalmente con la magnitud a medir. Como por ejemplo, realizar una medición de una presión por medición de la altura de una columna de líquido, ó una medición de una temperatura utilizando un termómetro de resistencia.

- c) **Método de Medición Fundamental.** Es el método de medición en el cual el valor de una magnitud a medir es determinado por medición de las magnitudes de base apropiadas.
- d) **Método de Medición conforme a definición.** Método de medición de una magnitud de acuerdo con la definición de la unidad de esa magnitud.
- e) **Método de Medición por Comparación Directa.** Es el método de medición en el cual la magnitud a medir es comparada directamente con una magnitud de la misma naturaleza, teniendo un valor conocido. Como por ejemplo, el medir una longitud con una regla graduada.
- f) **Método de Medición por Sustitución.** Método de Medición en el cual la magnitud a medir es reemplazada por otra de la misma naturaleza, de valor conocido, elegida de tal manera que los efectos sobre los dispositivos indicadores sean los mismos. Como sería la determinación de una masa por medio de una balanza y masas conocidas, utilizando el método de sustitución de Borda.
- g) **Método de Medición 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. La magnitud a medir y las magnitudes de ajuste pueden ser de diferente naturaleza. Como por ejemplo, la medición de una impedancia eléctrica por medio de un circuito puente y un indicador de cero.

3.4 CLASIFICACIÓN DE LOS PATRONES

Un patrón de medición es una representación física de una unidad de medición. Una unidad se realiza con referencia a un patrón físico arbitrario o a un fenómeno natural que incluye constantes físicas y atómicas. Además de unidades fundamentales y derivadas de medición, hay diferentes tipos de patrones de medición, clasificados por su función y aplicación en las siguientes categorías:

Patrones internacionales

Patrones primarios

Patrones secundarios

Patrones de Trabajo

Los patrones internacionales se definen por acuerdos internacionales. Representan ciertas unidades de medida con la mayor exactitud que permite la tecnología de producción y medición. Los patrones internacionales se evalúan y verifican periódicamente con mediciones absolutas en términos de las unidades fundamentales. Estos patrones se encuentran en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas y no están disponibles como instrumentos de medición de uso ordinario o para propósitos de comparación o calibración.

Los patrones primarios (básicos) se encuentran en los Laboratorios de patrones nacionales en diferentes partes del mundo. El **Nacional Bureau of Standard (NBS)** en Washington es responsable del mantenimiento de los patrones primarios en Estados Unidos, así como lo es el **Centro Nacional de Metrología (CENAM)** en Querétaro para México. Los patrones primarios representan unidades fundamentales y algunas de las unidades mecánicas y eléctricas derivadas, se calibran independientemente por medio de mediciones absolutas en cada uno de los Laboratorios Nacionales. Los resultados de estas mediciones se comparan entre sí, con lo cual se obtiene una representación promedio mundial para el patrón primario. Los patrones primarios no están disponibles para utilizarse fuera de los Laboratorios nacionales. Una de las principales funciones de los patrones primarios es la verificación y calibración de los patrones secundarios.

Los patrones secundarios son los patrones básicos de referencia que se usan en los Laboratorios industriales de medición. Estos patrones se conservan en la industria particular interesada. Los patrones secundarios por lo general, se envían periódicamente a los Laboratorios nacionales para su calibración y comparación con los patrones primarios. Luego son devueltos al usuario industrial con un certificado del valor de medición en términos del patrón primario.

Los patrones de trabajo son las herramientas principales en un Laboratorio de mediciones. Se utilizan para verificar y calibrar la exactitud y comportamiento de las mediciones efectuadas en las aplicaciones industriales.

3.4.1 PATRONES ELÉCTRICOS

3.4.1.1 EL AMPERE ABSOLUTO.

El Sistema Internacional de Unidades (SI) define el amperé (unidad fundamental de corriente eléctrica) como la corriente constante que, al mantenerse a través de dos conductores paralelos de longitud infinita y sección circular despreciable alejados 1 metro en el vacío, produce entre estos dos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} newtons por metro de longitud.

En 1948 se determinó el amperé absoluto por medio de una balanza de corriente la cual pesa la fuerza ejercida entre dos bobinas que conducen una corriente. El mejoramiento de las técnicas de medición de campos de fuerza da un valor para el amperé muy superior a mediciones iniciales. La relación entre la fuerza y la corriente que produce esta fuerza se puede calcular a partir de los conceptos de la teoría electromagnética fundamental y se reduce a un simple cálculo que abarca las dimensiones geométricas de las bobinas. El amperé absoluto es actualmente la unidad fundamental de corriente eléctrica en el SI y se acepta a nivel internacional.

3.4.1.2 PATRONES DE RESISTENCIA

El valor absoluto del ohm en el SI se define en términos de las unidades fundamentales de longitud, masa y tiempo. La resistencia patrón es una bobina de alambre de alguna aleación como la manganesina, la cual tiene una elevada resistividad eléctrica y un bajo coeficiente de temperatura-resistencia (casi una relación constante entre temperatura y resistencia). La bobina resistiva se coloca en un depósito de doble pared para prevenir cambios de resistencia debido a las condiciones de la atmósfera. Con un conjunto de cuatro o cinco resistencias de 1 Ω de este tipo, la unidad de resistencia se puede representar con una exactitud de unas partes en 10 durante varios años. Los patrones secundarios y de trabajo se encuentran disponibles para algunos fabricantes de instrumentos en una amplia escala de valores y por lo general en múltiplos de 10 Ω . Estas resistencias patrón se construyen de una aleación de alambre resistente, como Manganesina o Evanohm.

3.4.1.3 PATRONES DE VOLTAJE

Por muchos años el volt patrón se basó en una celda electroquímica llamada celda patrón saturada o celda patrón. La celda patrón es afectada en proporción a la temperatura y también porque el voltaje es una función de una reacción química y no depende directamente de ninguna otra constante física. El trabajo de Brian Josephson, 1962, proporciona un nuevo patrón. Una unión de película delgada se enfría cerca del cero absoluto y se irradia con microondas. Se desarrolla un voltaje a través de la unión y se relaciona con la frecuencia de irradiación por medio de la siguiente expresión:

$$V = \frac{hf}{2e}$$

dónde: h = Constante de Plank (6.63×10^{-34} J-s)
 e = Carga del electrón (1.602×10^{-19} C)
 f = Frecuencia de irradiación de las microondas

Ya que nada más la frecuencia de irradiación es únicamente una variable en la ecuación, el volt patrón se relaciona con el patrón de tiempo/frecuencia. Cuando la frecuencia de irradiación de microondas se mide con un reloj atómico, la exactitud del volt patrón, incluyendo toda la incertidumbre del sistema, es de una parte en 10^{-8} .

La mejor manera de transferir el volt patrón basado en la unión de Josephson a patrones secundarios para la calibración es la celda patrón. Este dispositivo se conoce como celda Weston normal o saturada. La celda Weston tiene un electrodo positivo de mercurio y un electrodo negativo de amalgama de cadmio (15% de cadmio). El electrolito es una solución de sulfato de cadmio. Estos componentes se colocan en un envase de vidrio en forma de H. Hay dos tipos de celda Weston, la celda saturada, en la cual el electrolito está saturado a todas las temperaturas por los cristales del sulfato de cadmio que cubren los electrodos, y la celda no saturada, en la cual la concentración de sulfato de cadmio produce saturación a 4°C. La celda no saturada tiene un coeficiente de temperatura de voltaje despreciable a temperatura ambiente. La celda saturada tiene un valor más de voltaje de aproximadamente -40 mV por cada incremento de 1°C, pero es más reproducible y estable que la celda no saturada.

3.4.2 IMPLEMENTACIÓN ACTUAL

Hace algunos años los requerimientos de los instrumentos de mediciones eléctricas en cuanto a resolución e incertidumbre de tensión eléctrica y resistencia eléctrica, excedían las capacidades con las que estas unidades se podían ser realizadas directamente en base a las unidades del SI. Para poder tener esos requerimientos era necesario establecer representaciones del Volt y el Ohm que tuvieran resoluciones e incertidumbres superiores a las logradas hasta esa fecha.

El Ampere (unidad de intensidad de corriente eléctrica) es la unidad eléctrica que forma parte de las siete unidades fundamentales del Sistema Internacional de Unidades, sin embargo actualmente el Ampere es derivado del Volt (unidad de tensión eléctrica) y del Ohm (unidad de resistencia eléctrica) en la mayoría de los centros de Metrología de los países industrializados. Esto es debido a que la realización del Ampere según la definición del Sistema Internacional de Unidades es muy difícil.

Algunos experimentos físicos de naturaleza cuántica como el efecto Josephson y el efecto Hall permiten reproducir el Volt y el Ohm respectivamente refinándolos a constantes físicas fundamentales. Esto permite obtener resoluciones (en el Volt y el Ohm) mayores a las obtenidas si estas unidades son derivadas del Ampere como lo indica el Sistema Internacional de Unidades. La repetición es que la resolución obtenida usando los fenómenos cuánticos es mayor a la incertidumbre de acuerdo al SI.

La alta estabilidad y reproducibilidad de los patrones del Volt y del Ohm basadas en fenómenos cuánticos han hecho que estas unidades sirvan de base para todo el sistema de unidades eléctricas.

El Ampere en corriente alterna se deriva del Volt en corriente continua utilizando termoconvertidores y derivadores de corriente. Los derivadores de corriente son simplemente resistores que permiten conocer la corriente que circula en un sistema al medir la tensión eléctrica producida en ellos.

El Volt en corriente alterna es normalmente derivado del volt en corriente continua, utilizando un dispositivo llamado "Termoconvertidor" que está basado en una señal de tensión en corriente continua produce la misma cantidad de calor en un elemento resistivo que una señal de tensión en corriente alterna siempre y cuando el valor RMS de la señal alterna sea igual al valor de la señal continua.

DEFINICIÓN SI	IMPLEMENTACIÓN en el CENAM
<p>El Ampere Se define como la corriente que al circular por dos alambres de longitud infinita y paralelos, produce una fuerza por unidad de longitud entre ellos igual a 2×10^{-7}</p>	<p>Se deriva del volt efectivo, usando un puente de impedancias de impedancias puras y puros. El puente está basado en el NIST, pero también se aplica un puente.</p>

3.4.2.1 RESISTENCIAS PATRÓN

En todos los Laboratorios primarios estandarizados las resistencias patrón son parte fundamental de ellos, se debe tener gran cuidado de estos patrones puesto que representan la cadena de trazabilidad a los patrones nacionales.

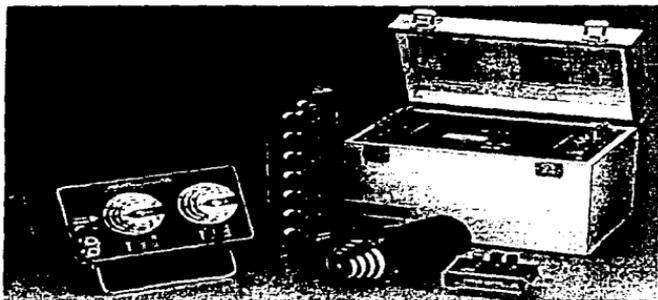


Fig. 3.4 Resistencias y Puente Patrón

El ohm es una de las unidades patrón más simples estandarizadas en los laboratorios estandarizados. La razón de esto es que el resistor está manufacturado cuidando que no se pierdan las propiedades de resistencia ideal, sus características serán un amplio periodo de estabilidad, no ser afectado por temperatura y humedad, resistencia a la oxidación y la corrosión, y que tener estas las de resistencia relativamente altas para tamaños pequeños.

Por muchos años, el patrón tipo Thomas de 1 ohm, ha sido usado por ser una relación de alto nivel, es una muy buena referencia usada en los Laboratorios primarios como referencia para otros aparatos de resistencia.

En años recientes, el patrón de 10K ha comenzado a reemplazar a la de 1 ohm. Esto es relativamente usado para los capacitores programables en el SI de unidades. Es mejor una comparación de la reactancia capacitiva de una resistencia de alto valor, que la técnica intercomparación de resistencias patrón de 1 ohm.

Se puede confiar en los resistores de referencia o patrones de trabajo, por los siguientes puntos.

- * Amplio periodo de estabilidad, comúnmente de 1 ppm por año
- * Bajo coeficiente de temperatura de la resistencia
- * Una baja Fuerza Electromotriz térmica (FEM térmica) del cobre
- * Buena resolución
- * Adecuada respuesta en frecuencia
- * Carece de impurezas

El diseño y construcción de resistencias para un Laboratorio son del tipo embobinado, y están echas principalmente de los siguientes grupos de compuestos: **Constantan, Manganina, o Eyaohm**

El **Constantan** es un compuesto con 40 % a 60% de Níquel y lo restante de cobre. Este tipo tiene un alto nivel de FEM térmica con respecto al cobre de $40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. La razón de esto es que muchas veces es utilizado en la manufactura de resistores de precisión para CA donde la Fuerza Electromotriz térmica alta no sea problema.

La **Manganina** consiste de 84 % de cobre, 12% de Manganeseo y 4% de Níquel. Esta combinación es mucho mejor para la Fuerza Electromotriz (FEM) relativa al cobre, de solo 10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Una aleación, que lleva por nombre Zeranin, es compuesto de 7 % de Manganeseo, con una mezcla de germanio y el resto de cobre, retiene mas de las propiedades de la Manganina, pero tendrá un coeficiente de temperatura de 1 o 2 ppm/ $^\circ\text{C}$.

El **Eyaohm** es una de las aleaciones mas usadas actualmente en la manufactura de resistores embobinados. Esta constituido por una mezcla de 75% de Níquel, 20% de Cromo, 3% de Aluminio y 2% de Cobalto. Es una de las aleaciones mas usadas para los resistores, por que tiene una de las mejores Fuerzas Electromotrices térmicas de solo 3 microvolts/ $^\circ\text{C}$.

a) AMPLIO PERIODO DE ESTABILIZACIÓN

Cuando un resistor tipo embobinado es manufacturado, el alambre es tensionado y devanado encima del anterior. Esta prueba de tensión se realiza sometiendo a un trabajo en un largo periodo de tiempo, y la razón principal es el cambio de las resistencias en el paso de los años.

Esta es la razón del porque los patrones originales son de una resistencia baja; puesto que es mas fácil la construcción de una resistencia con pocas vueltas, y así se evita la tensión mecánica de los resistores de alto valor.

b) COEFICIENTE DE TEMPERATURA

Un resistor con un pobre coeficiente de temperatura está sujeto a un periodo de inestabilidad corto. Esto no solo es a causa del ambiente que lo rodea el que afecta al resistor, también se debe a los efectos de calentamiento. Las resistencias patrón están inmersas en un baño de aceite con los factores ambientales controlados, pero aquí es muy importante el poder y los

límites que puede disipar Generalmente el poder de disipación es limitado a alrededor de 10 mW

Estos son los límites máximos de voltaje que puede ser aplicado, por ejemplo, en la resistencia los valores a seguir son los siguientes

100 ohms	voltaje máximo = 1 V
10 ohms	voltaje máximo = 300 V
1 ohms	voltaje máximo = 100 V
0.1 ohms	voltaje máximo = 30 V

A medida que decrece la resistencia así también el voltaje, lo cual crea un dificultad al realizar una medición, y lo que producirá una gran incertidumbre

c) PROPIEDADES TERMOELÉCTRICAS

Siempre en una resistencia existe una medida - para un puente de resistencias, o un simple divisor de voltaje - las propiedades termoelectricas del resistor deben considerarse. Existen tres diferentes fenómenos los cuales ocurren uno por uno o en combinación

El primero es el *efecto Seebeck* figura 3.4.1 Seebeck descubre que cuando en las uniones de dos metales diferentes en un circuito eléctrico, son expuestos a un gradiente de temperatura, se genera en la unión una tensión en cc que depende de la diferencia en los coeficientes Seebeck de los metales y del gradiente de temperatura. En este caso con lo mencionado anteriormente, la Manganina produce arriba de $-1 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ y la aleación Nichrome produce arriba de $0.2 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ con respecto al Cobre

Figura 3.4.1 Efectos termoelectrico en Resistencias
Efecto Seebeck

Lo contrario al efecto Seebeck es el *efecto Peltier*, figura 3.4.2. En este caso cuando fluye corriente a través de dos metales diferentes ocasiona una absorción o liberación de calor. Este efecto depende de la dirección en que fluye la corriente

El tercer efecto es el Figura 3.4.3 Efecto Thomson. Cuando un alambre tiene un gradiente de temperatura a lo largo de su longitud y una corriente pasa a través de él, la distribución inicial de la temperatura a lo largo del alambre cambiara

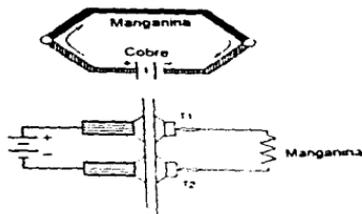


Figura 3.4.2 Efecto Peltier

Los voltajes Seebeck y Thomson existen debido a un calor o frío externo en la unión. De cualquier modo, cuando una diferencia de temperatura ha sido estabilizada por el calentamiento Peltier, los efectos posteriores en ambos voltajes Seebeck y Thomson existen.

Si alguno de estos efectos están presentes pero no son detectados, esto obviamente significa que las mediciones incrementarán su incertidumbre. El camino más fácil con que se verifica la existencia de estos efectos indeseados es aplicar la fuente de voltaje en el circuito en ambas polaridades. El promedio de las dos lecturas estará muy cerca del valor real, que podrá ser informado para la medición final. El efecto Peltier es usual encontrarlo regularmente de una larga composición de tiempo, dependiendo de una constante de tiempo térmica del resistor.

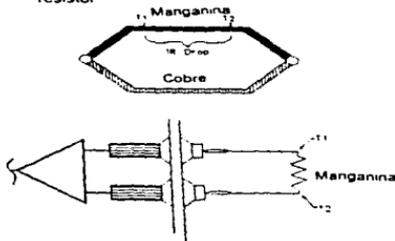


Figura 3.4.3 Efecto Thomson

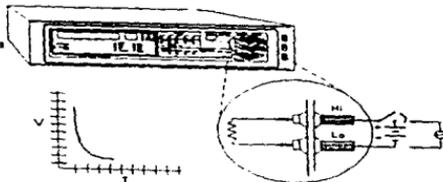


Figura 3.4.4 Constante de Tiempo Térmica

d) RESOLUCIÓN

Si se desea tener una buena resolución de una resistencia, se tiene que los valores de un resistor son independientes de como se conectará o como se construyó. La mayoría de los resistores patrón son dispositivos de 4 terminales, y usualmente son los que se consideran mejores. La razón es que las terminales de voltaje están muy cercanas a las terminales de corriente. Esto quiere decir que el flujo de corriente no está estabilizado por el tiempo mantenido en las terminales de voltaje, y por lo tanto la resistencia aparente no es independiente del nivel de corriente. Posteriormente en los diseños fue corregido el problema colocando las terminales de voltaje y corriente separados.

e) FRECUENCIA DE RESPUESTA

La mayoría de las resistencias patrón eran usadas para CD. No obstante, más tarde se diseñó y se construyó resistencias de mayor valor (como por ejemplo las de 10 K) y su construcción incluía nuevos materiales y estos se operaban a frecuencias moderadas, además de ser más estables que las anteriores. El valor de 10 K fue elegido por su mayor facilidad comparando con la reactancia de un capacitor computable a una frecuencia de 1592 Hz. (Este es equivalente a $\omega = 2\pi f = 10000$ radianes por segundo)

f) CONTAMINANTES

Una forma de contaminación son las "FEM de contacto" y es producida por un efecto electroquímico que produce FEM parásitas en el resistor. Esto es como resultado de la humedad retenida por el resistor en su fabricación y el deterioro del aislamiento en la superficie. La absorción Dieléctrica es otra forma de contaminación. El problema es notable en resistores de valores más grandes de 10K ohms, véase figura 3.4.5

g) TIPOS DE RESISTENCIAS Y SUS USOS

Las resistencias en sus construcción, tienen en ellas características y factores que las limitan, estas podrán ser usadas y estudiadas por los metrologos

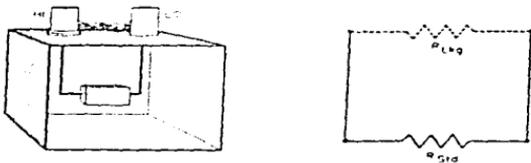
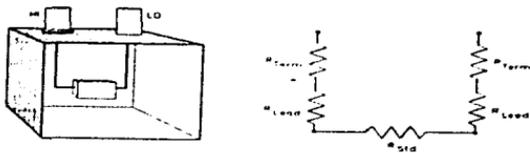


Figura 3.4.5 Contaminantes en una Resistencia Patrón de dos Terminales

• RESISTORES DE DOS TERMINALES

Para las resistencias usadas como patrón deben ser definidas, las terminales exactas del elemento resistivo y su localización. En los resistores de dos terminales para CD, las terminales de estos, más el conductor del elemento resistivo se incluyen en el camino de la resistencia. En suma, para ser usada en trabajos de CA, la capacitancia entre terminales y el conductor dan como resultado una pobre exactitud del patrón.



3 4 6 Resistencia Patrón de dos Terminales

En muchos resistores esta resistencia adicional es insignificante pero para valores bajo de resistencia esto puede resultar muy significativo. El nivel de las resistencias de contacto en las terminales esta por debajo de los microhms, esta unidad puede ser unas pocas partes en 10 000 (01% para resistores cuyo valor nominal es .001 ohm). Por esta razón, los resistores de dos terminales no son usados como resistencias patrón para valores por debajo de 10 ohms.

• **RESISTENCIAS DE 4 TERMINALES**

El problema de las terminales y conductor que inducen resistencia, particularmente para las resistencias patrón bajas, es generalmente eliminado en los resistores de cuatro terminales

La figura 3 4 7 nos muestra la configuración básica de un resistor de 4 terminales. En el valor de la resistencia de interés, existe una resistencia adicional que los conectores inducen y la resistencia de contacto. Las terminales A y B son designadas como terminales de corriente y las terminales representadas por C y D son terminales de potencial. Ahora con una corriente suministrada en A y B, permite la medición de voltaje de la resistencia sin que exista potencia a través de las terminales

Los resistores de 4 terminales son usados en los Laboratorios primarios, figura 3 4 8. Las terminales exteriores son las designadas como terminales para corriente, y las que estan mas internamente son las terminales de potencial. La ventaja de esta designación nos ayuda a definir el final de los puntos eléctricos de el resistor mucho mas rápido

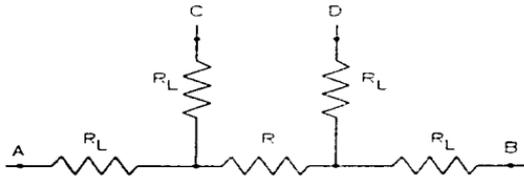


Figura 3 4 7 Circuito equivalente de una Resistencia Patrón de 4 terminales

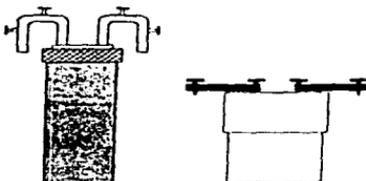


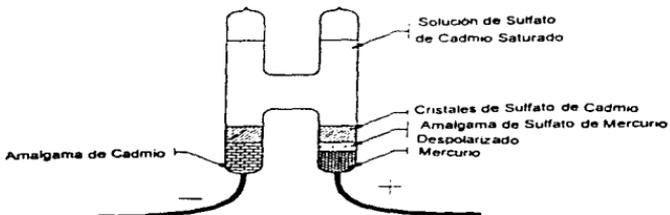
Figura 3 4 8 Resistencias Patrón de 4 terminales

3.4.2.1 CELDAS PATRÓN

a) PARÁMETROS DE LAS CELDA PATRÓN

La celda química produce una FEM aproximada de 1.018XXX volts a baja temperatura. la razón primaria es que esta muy aproximado a el volt estándar a causa de su largo periodo de estabilidad. Es la mejor celda contra el tiempo, aun cuando debe de cumplir con los siguientes requisitos para que pueda ser considerado como productor de un buen voltaje de patrón de referencia

- Estabilidad
- Pureza
- Exactitud
- Inmunidad contra las perturbaciones
- Tamaño



3.4 2.1 Celda Patrón

b) DESVENTAJAS DE LA CELDA PATRÓN

De no ser que su característica principal de la celda saturada Weston es tener un excelente largo periodo de estabilidad, por lo cual ha tenido aceptación a lo largo de 80 años, a pesar de tener muchas otras características indeseables, es sencillamente a causa de que no

había mejor forma que permitiera la conservación del volt patrón. Entre las distintas fallas están las siguientes:

- ESCASO COEFICIENTE DE TEMPERATURA

La celda saturada tiene un coeficiente de temperatura total de cerca de $-50 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ a una temperatura de 30°C (Esta temperatura es usada para muchas celdas patrón cerradas). Esta es la diferencia total entre las dos extremidades de la celda. La extremidad positiva (lado de mercurio) es un TC positivo de cerca de $+320 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ y la parte negativa (lado de cadmio) es un TC negativo de aproximadamente $-370 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

Debido a este escaso coeficiente de temperatura requiere que la celda patrón conserve una buena y constante regulación de temperatura dentro de $0.1 \mu\text{V}$, un buen límite de temperatura inestable requiere estar dentro de $\pm 0.002^\circ\text{C}$ a 30°C nominales.

- FALTA DE DUREZA

La celda patrón son dispositivos muy frágiles. Estos están sujetos a cambios debidos a la vibración o choques. Por esto no debiera de ser invertida. Una condición que cause cambios en la salida de la celda puede llevar largo tiempo (varios días) para su recuperación. Y en algunos casos la compensación es creada y a causa de que no retorna nunca a su valor original.

- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MALAS

La resistencia interna de una celda patrón fluctua en intervalos de 500Ω y 1500Ω . Este volt bajo y el echo de no debe carga o descarga corriente al aplicar la celda patrón hace difícil la conexión de la celda patrón dentro de un circuito.

3.4.2.3 REFERENCIAS DE VOLTAJE DE ESTADO SÓLIDO

En años recientes, las referencias de voltaje de estado sólido han comenzado a reemplazar a la celda patrón. Uno de los problemas es el ruido, las referencias de voltaje de estado sólido pueden convertirse en la referencia mas apropiada para el volt patrón que el de la celda patrón. Por esto es probable que en unos pocos años este reemplace la celda química totalmente, figura 3.4.9.

En adición a las referencias de voltaje de estado sólido que ahora pueden ser especificados hasta casi una estabilidad igual a la celda patrón, además de tener otras distintas características favorables, las cuales son deficientes para la celda patrón.

- Las referencias de voltaje de estado sólido nos pueden ayudar como fuentes de corriente, y mediante un apropiado diseño pueden cortocircuitarse sin que existan efectos dañinos
- Se pueden operar por encima de un intervalo de temperatura extenso, y esto no ocasionara pérdidas por histéresis.
- Se tiene la ventaja de que son mucho mas duros físicamente que las celdas patrón.

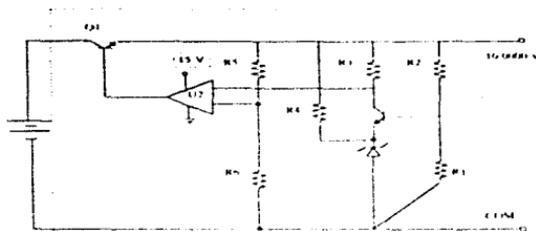


Figura 3.4.9 Circuito equivalente de una Referencia de Voltaje de Estado Sólido

- Se tiene una configuración en varios modos que produce voltajes a partir de 1 V hasta 100 V, aunque la mayoría de las veces son diseñados para producir voltajes en el intervalo de 1.0 V hasta 10 V. En algunos voltajes de referencia Zener existen voltajes de salida de 1.018 V los cuales se pueden adaptar como una intercomparación con las celdas patrón.

- La tendencia actual es cambiar a 10 V el patrón de referencia. Esto suministraría un mayor voltaje de trabajo con lo cual disminuiría los requerimientos para instrumentación altamente sensible. Esto además reduce la necesidad de técnicas altamente especializadas y así se evitan problemas en las mediciones incluyendo FEM's térmicas y ruido, los cuales se presentan regularmente en el nivel de 1 V. Cuando se intenta llevar a cabo una exactitud de 0.1 ppm, esto es mucho más fácil para 1 mV que para 0.1 μ V.

3.5 PATRONES DE TRABAJO

Existe diferentes tipos de patrones de trabajo, los cuales dependiendo de las necesidades que necesite satisfacer el laboratorio en cuanto a exactitud, usos y manejo. Se pueden encontrar de manera separada o encontrar varios patrones en uno. En el área eléctrica son llamados calibradores multifunciones que sería el equivalente a tener patrones separados de intensidad, tensión y resistencia. Se hablara de este unicamente por ser el patrón de trabajo con el que cuenta el Laboratorio de Metrología Eléctrica del ININ.

3.5.1 CALIBRADORES MULTIFUNCIONES

Existe una gran variedad de calibradores multifunciones en el mercado, desde los pequeños portátiles que permiten hacer calibraciones de instrumentos en las plantas de producción hasta los de alta exactitud que cuentan dentro del instrumento con patrones electrónicos.

Los multimetros integran un número cada vez mayor de funciones, con una incertidumbre de medición que se reduce de un modelo al siguiente. La calibración de los instrumentos requiere de muchos instrumentos cada vez mas exactos. La solución a este problema la han dado los fabricantes mismos ofreciendo calibradores multifunciones capaces de calibrar de manera automática o semiautomática una gran variedad de multimetros.

Algunos de calibradores multifunciones actuales permiten generar señales de referencia para calibración. Las funciones que comunmente integran estos instrumentos son: resistencia, tensión en c.c., tensión en c.a., intensidad en c.c., intensidad en c.a. y algunos integran también funciones como frecuencia, capacitancia y potencia.

Algunas ventajas del uso de calibradores multifunciones son:

- Reducen la cantidad de instrumentos necesarios para realizar una calibración
- Reducen el espacio requerido en un Laboratorio de calibración
- Los más avanzados se pueden controlar por computadora y cuentan con software de calibración lo que reduce considerablemente el tiempo requerido para realizar una calibración y facilita la toma y el análisis de los datos.

Sin embargo estos instrumentos también tienen sus desventajas:

- Con el uso de calibradores diferentes por función es posible realizar calibraciones de instrumentos diferentes a la vez, sin embargo con los calibradores multifunciones solo una función esta disponible y solo es posible calibrar un instrumento a la vez.
- Otra desventaja del uso de calibradores multifunciones es que Laboratorios pequeños pueden depender de un solo instrumento y ver su actividad detenida si se manda al calibrador multifunciones a calibrar o reparar.

3.5.1.1 PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

Un calibrador multifunciones no solo es una caja que integra varios calibradores de una sola función, sino que es un instrumento con un diseño integral muy diferente:

A continuación se tratan los principios de operación mas comunes de los calibradores multifunciones de alta exactitud.

El calibrador responde a tres tipos de señales de control:

- Teclas del panel frontal (en operación local)

- Mensajes del bus IEEE-488 (en operación remota)
- Mensajes de control en memoria interna



Figura 3.5.0 Mensajes de un calibrador multifunciones

Los elementos más importantes de un calibrador multifunciones son: un convertidor analógico a digital, un generador de onda, un generador de patrones de onda, un convertidor digital a analógico, un generador de onda y oscilador de cuarzo. Normalmente, estos calibradores están diseñados para medir un número limitado de temperatura, corriente y potencia, así como sus variaciones con el tiempo.

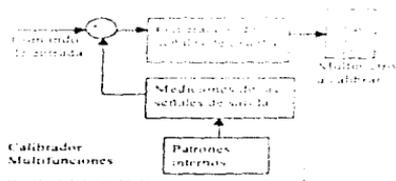


Figura 3.5.1 Diagrama simplificado de un calibrador multifunciones

Quando se selecciona una función y un valor de salida (por ejemplo 120 V c.c.) se genera una señal de prueba que es medida por el calibrador con respecto a sus patrones internos. Si hay alguna diferencia entre el valor de salida deseado (introducido con un comando) y el valor de salida medido, entonces se genera una señal de error que ajusta la señal de prueba al valor deseado.

3.5.1.2 TENSIÓN EN C.C.

Los calibradores multifunciones de alta exactitud cuentan con una referencia de tensión en c.c. basada en un diodo zener. Para la generación de valores menores a la referencia es común el uso de divisores resistivos o de divisores de precisión basados en la técnica de modulación por ancho de pulso como el que se muestra.

La tensión promedio que llega al filtro pasa bajas depende de la relación entre el periodo "T" del pulso, el ancho "t" del mismo y el valor V_{ref} de la referencia de tensión en c.c. La salida del filtro

pasa a dos amplificadores de ganancias K_1 y K_2 ajustables para obtener la tensión de salida V_o

$$V_o = K_2 \cdot K_1 \cdot V_{ref} \cdot \left(\frac{t}{T} \right)$$

V_{ref} = Tensión de la referencia Zener

t = tiempo en el cual Q1 está cerrado y Q2 está abierto

T = Periodo de la señal cuadrada

Para la generación de señales de tensión mayores al valor de la referencia se utilizan técnicas de amplificación en c.c. o en c.a.

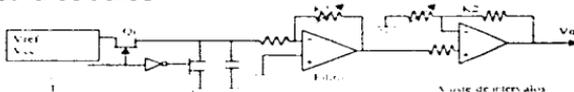


Figura 3 5 2 Circuito básico de un divisor de tensión que funciona con el principio de modulación de ancho de pulso

3.5.1.3 TENSIÓN EN C.A.

La señal de tensión en c.a. es generalmente sintetizada utilizando un convertidor digital analógico que tiene como referencia de tensión en c.c. la salida del diodo Zener. La referencia de frecuencia es un oscilador de cristal del cual se obtienen múltiples frecuencias utilizando la técnica de división de frecuencias. La señal sintetizada es filtrada para lograr la pureza espectral requerida.

Para medir la señal alterna se utiliza un sensor de valor RMS que puede ser un termoconvertidor que compara el valor RMS de la señal alterna con respecto a una referencia interna de tensión en c.c. El valor medido se compara con el valor deseado y se genera una señal de error, esta señal controla la ganancia de un amplificador controlado por tensión de manera que la señal de salida del amplificador tenga el valor deseado.

3.5.1.4 INTENSIDAD EN C.C. Y C.A.

Las señales de tensión en c.c. y en c.a. se aplican a un amplificador de transconductancia para obtener la corriente de salida. Por medio de derivadores de corriente conectados a la salida se mide la corriente de salida generando una señal de error que controla la ganancia del amplificador de transconductancia hasta obtener la corriente de salida deseada.

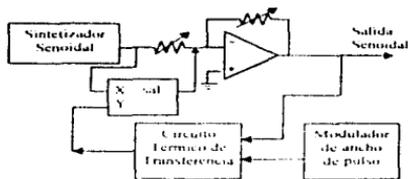


Figura 3.5.3 Diagrama del generador de la señal de tensión en alterna

3.5.1.5 RESISTENCIA

El calibrador contiene un conjunto de resistores de precisión que son conectados a la salida. Esta conexión puede ser a dos terminales para los resistores de alto valor y a cuatro terminales para los resistores de bajo valor.

3.5.2 CONSIDERACIONES PARA EL USO DE CALIBRADORES MULTIFUNCIONES

La calibración de un multímetro u otro instrumento se ve afectada por las condiciones ambientales y en la forma en que está conectado el instrumento bajo calibración. Los cambios ambientales, en particular la temperatura, afectan la exactitud de la mayoría de los instrumentos electrónicos. Una fuente frecuente de error es el corrimiento en la calibración que ocurre cuando un instrumento está calibrado en un ambiente controlado en el Laboratorio y después puesto en operación en unas condiciones ambientales diferentes de trabajo. Un resultado similar ocurre cuando el instrumento se coloca muy próximo a un cierto número de instrumentos que pueden incrementar la temperatura del aire. La mayoría de los calibradores cuentan con hornos de temperatura controlada en sus componentes críticos, reduciéndose grandemente el efecto de las condiciones ambientales.



3.5.2. Calibrador Universal del Laboratorio de Metrología del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

Capítulo 3. Conceptos Generales de Metrología

3.6 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

3.6.1 INSTRUMENTOS DIGITALES DE MEDICIÓN

Cuando utilizamos un instrumento analógico, la exactitud de nuestra lectura depende en gran parte de nuestra habilidad en indicar exactamente en que punto de la escala de medida se encuentra la aguja. En los instrumentos grandes, podemos tener una exactitud de hasta 1%.

En los pequeños, nuestra habilidad de indicación de la posición de la aguja es mucho menor. Si utilizamos un galvanómetro muy bueno, podrá llevar una escala con espejo. Con ella, podemos estar seguros de mirar perpendicularmente al plano de la escala, con lo que se elimina el error de paralelaje. El instrumento digital presenta dos mejoras. Primera, tiene una resolución mucho mayor. Un instrumento analógico del 12% nos resuelve 1 parte en 200. Un instrumento digital que de 1999 a fondo de escala nos resuelve una parte en 2000. Segunda, el instrumento digital suele tener una exactitud próxima a su resolución. Una lectura digital de 1099 puede tener una exactitud comprendida entre el 0,1 y el 0,05%. Los instrumentos analógicos se prestan a otros errores humanos. A menudo tienen varias escalas en un mismo cuadrante. Ello facilita que se cometan otros errores, pues es posible que nos confundamos de escala. Los instrumentos digitales acaban con estos problemas. Además, el personal inexperto puede efectuar lecturas correctas sin necesidad de entrenamiento.

3.6.1.1 CONVERTIDOR ANALÓGICO-DIGITAL

El convertidor analógico digital es un circuito un tanto complejo. Convierte una tensión en las señales que accionan una pantalla digital. Existen dos tipos de convertidores utilizados en instrumentación actualmente: los de integración y los de aproximación sucesiva.

- a) **Convertidores A-D por integración.** Este tipo de convertidores pueden operar bajo los esquemas de doble pendiente, de pendiente múltiple y de balance de carga. Debido a su diseño sencillo y también por su habilidad de brindar alta precisión, los convertidores por integración aparecen en la mayoría de los multimetros. Este tipo de convertidor es muy efectivo para el rechazo de ruido ya que el integrador analógico actúa como un filtro pasa bajas.

La figura 3.6.1.1 muestra uno de los convertidores, que opera por integración, más básicos bajo el esquema de doble pendiente. En este tipo de convertidores la señal de entrada desconocida V_x se aplica al integrador analógico, a través de S_1 , por un período de tiempo fijo, entonces se aplica al integrador una señal de tensión de referencia de C (V_{ref}) de polaridad opuesta por medio de S_2 ; hasta que la salida del integrador alcance a ser cero nuevamente. S_1 se cierra para restablecer el convertidor entre cada ciclo. La magnitud de la señal de entrada está representada por el intervalo de tiempo requiriendo para la desintegración. Se utiliza un comparador rápido para sensar la salida del integrador. Por lo tanto el convertidor de doble pendiente es en realidad un convertidor de tensión a tiempo.

Puesto que los osciladores de cristal son muy estables la mayor fuente de incertidumbre no es la base de tiempo sino la referencia de tensión de C . La incertidumbre de la referencia de tensión de C está directamente relacionada con la incertidumbre de la salida del convertidor analógico a digital. Otra fuente de incertidumbre es la estabilidad del cero u offset del integrador. Las propiedades de absorción dieléctrica del capacitor de integración y los retardos analógicos en todo el sistema pueden producir errores en el tiempo.

- b) **Convertidores A-D por Aproximación Sucesiva.** Este tipo de convertidor es bastante común también. Una variación en la aproximación sucesiva proporciona alta velocidad y precisión. En combinación con filtros analógicos y digitales este convertidor puede tener

características de rechazo de ruido comparable con el convertidor por integración. Este tipo de comparador se muestra en la figura 3.6.12

Una señal de entrada de tensión de c.c. desconocida V_x se compara con la salida del convertidor digital a analógico. Esta salida es puesta para que sea igual a 10 veces la diferencia entre la entrada desconocida y el valor del dígito más significativo. Por ejemplo si la entrada desconocida es de 9.83 V, la salida del amplificador debería ser de 8.3 V. Cuando S_1 se cierra la salida del comparador digital a analógico o la tensión restante (8.3V en este ejemplo) se almacena en el capacitor C_1 . Después que S_1 se abre para desconectar V_x del amplificador y S_2 se cierra la tensión restante se aplica nuevamente a la entrada. En este punto del ciclo se repite generando una nueva tensión restante (3.0V para este ejemplo) y se almacena en otro capacitor de almacenamiento C_2 . Esto continua hasta que la señal a ser medida está digitalizada a una resolución designada dentro del convertidor. Los interruptores S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 se operan apropiadamente en estos ciclos.

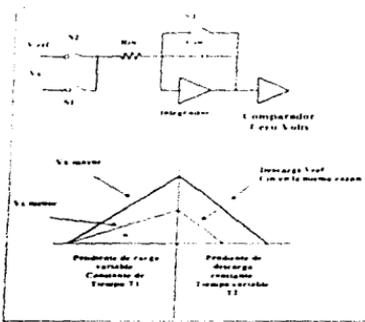


Figura 3.6.12 Convertidor básico de doble pendiente

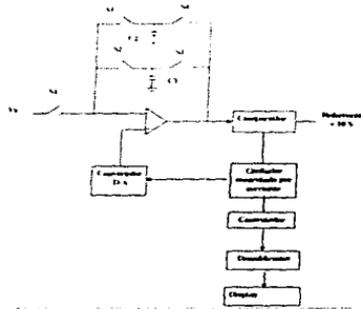


Figura 3.6.12 Convertidor de aproximación sucesiva

Las fuentes de incertidumbre de calibración en este tipo de convertidores son: la referencia de tensión de c.c. del convertidor digital a analógico, la linealidad del convertidor digital a analógico, el offset y la ganancia del amplificador.

3.6.2 INSTRUMENTOS ANALÓGICOS DE MEDICIÓN

Los instrumentos de medición analógicos pueden dividirse en dos clases, electromecánicos y electrónicos; los primeros son de amplio uso en la industria, debido a su robustez pero su incertidumbre no es muy buena principalmente por la inexactitud en el movimiento de la aguja indicadora en el galvanómetro, los segundos son de uso en laboratorio y vienen provistos con características que mejoran la incertidumbre básica del instrumento. Los medidores analógicos se ven afectados por dos elementos principales: no-linealidad y corrientes o tensiones espúreas.

Capítulo 3. Conceptos Generales de Metrología

El movimiento de la aguja indicadora en un galvanómetro típico no es completamente lineal a lo largo de su recorrido y eso provoca un error en la lectura, así mismo los resistores en la entrada tienen corrientes y principalmente para el caso de los amperímetros electrónicos introducen corrientes parásitas que generan un error dependiente de la escala empleada

Las especificaciones de un instrumento de este tipo, generalmente se expresan en una de las tres siguientes formas

- porcentaje de su valor a plena escala
- porcentaje de la lectura
- combinación de inciso 1) y 2)

El inciso 1) es el mas comun cuando se expresa la incertidumbre por el fabricante, el inciso 2) se emplea para escalas logaritmicas y el tercero se usa en algunas mediciones analógicas de tipo electrónico

En la figura 3 6 2 1 se muestra el esquema completo de un voltímetro analógico comercial para las escalas de 0 a 2.5, 10, 50, 250 y 1000 V. El instrumento consiste de un galvanómetro y los resistores que limitan la corriente que pasa por él

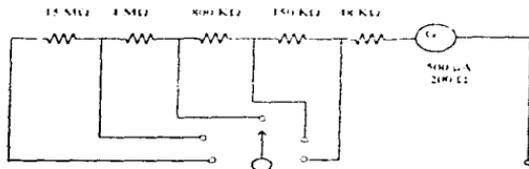


Figura 3 6 2 1 Diagrama de un típico voltímetro analógico comercial (Simpson 260)



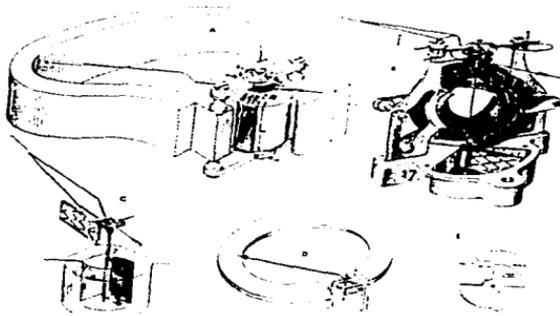
Figura 3 6 2 6 Multímetro Analógico marca Simpson

El galvanómetro es el elemento central a partir del cual se fabrica un voltímetro o amperímetro analógico, sus características fijan el valor de los elementos restantes que incrementan la capacidad de medición del galvanómetro cuyo intervalo de medición en corriente es limitado.

Por tal razón primero se expone, el principio de operación del galvanómetro d'Arsonval y sus diferentes variantes en el mecanismo de movimiento de la aguja indicadora.

Existen 5 tipos básicos de dispositivos que se "mueven" o responden con un desplazamiento cuando se les aplica una tensión o corrientes eléctricas, estos son:

- a) De bobina-móvil y magneto permanente también conocido como d'Arsonval
- b) Electrodinámicos o dinamómetro
- c) De hierro móvil
- d) De magneto móvil
- e) Electrostáticos



3 6 2 2 Dispositivos indicadores de tensión y/o corrientes eléctricas

La figura 3 6 2 2 muestra los mecanismos de cada tipo y la tabla 3 6 2 1 resume algunos datos de cada uno de ellos. De la tabla siguiente el galvanómetro d'Arsonval o de magneto-permanente y bobina-móvil es el más común de los instrumentos indicadores empleados por económico y la alta sensibilidad que se logra con su mecanismo, el cual consiste de una bobina móvil localizada dentro de un campo magnético continuo proporcionado por un magneto permanente, externo o concéntrico dependiendo del tipo de diseño. La figura 3 6 2 3 muestra con más detalle las partes que componen un galvanómetro con magneto externo, y la figura 3 6 2 4 uno con magneto concéntrico.

El Galvanómetro d'Arsonval con magneto extremo esta constituido por

- A) Escala.
- B) Magneto externo.
- C) Tope de la aguja.
- D) Núcleo magnético

- E) Aguja.
- F) Bobina.
- G) Pivote y tensor.



Figura 3 6 2 3 Galvanómetro d'Arsonval con magneto extremo

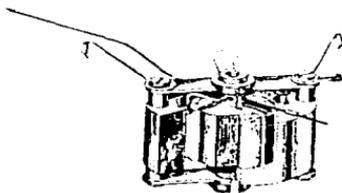


Figura 3 6 2 4 Galvanómetro d'Arsonval con magneto concéntrico

En general estos arreglos funcionan cuando circula una corriente continua en la bobina y se crea un campo magnético fijo del magneto produciendo un torque que hace girar el mecanismo de la aguja. El campo es uniforme, el movimiento de la bobina se controla por resortes lineales, dicho movimiento mantienen una correspondencia lineal con la intensidad de corriente que circula por la bobina. El torque está expresado.

$$T = \frac{B \cdot A \cdot I \cdot N}{10}$$

donde T es el torque en dina-cm, B es la densidad de flujo magnético permanentes gauss, A es el área efectiva de la bobina en cm^2 , I es la intensidad de corriente que circula en la bobina de A y N es el numero de vueltas de la bobina.

La bobina móvil se soporta en ambos extremos por cojinetes insertos en una pieza con núcleo metálico, la bobina y los resortes de oposición se muestran en la figura 3 6 2 5 siguiente.

El arreglo completo de la bobina es montado y cuidadosamente balanceado con pequeñas pesas las cuales también proveen inercia para el amortiguamiento del sistema. Los resortes se oponen al torque provocado por la corriente que circula en la bobina y se calibran para la corriente de deflexión requerida, por lo tanto los resortes determinan la Linealidad del medidor a lo largo del recorrido que sigue la aguja.

	D'Arsonval	Dinamómetro	Hierro móvil	Magneto móvil	Electrostático
PRINCIPIO	Magneto fijo y bobina móvil, la bobina se mueve en el campo fijo del magneto	Bobina fija y bobina móvil, cuando circula corriente en ambas bobinas una se mueve	Bobina fija y un aspa móvil de hierro, el aspa se mueve dentro del campo de la bobina	Bobina fija y magneto móvil, el magneto se mueve debido al campo en la bobina	Repulsión o atracción de electrodos por la presencia de carga
TIPOS	De magneto externo de magneto concéntrico, de suspensión con banda rígida	- De 1 elemento - De 2 elementos - Bobinas cruzadas individuales o dobles	De atracción (el aspa está dentro del solenoide) de repulsión (usando dos aspas de hierro) de atracción - repulsión (efectos anteriores combinados)	El campo magnético de la tierra o del magneto puede utilizarse como "campo de referencia"	N/A
APLICACIÓN	ca hasta 10 kHz con rectificador (valor medio), hasta MHz con termopilas (valor eficaz)	ca hasta 200 Hz, los de un elemento miden tensión, corriente o potencia, los de bobina cruzada miden factor de potencia, ángulo de fase, frecuencia y capacitancia	ca hasta 1 kHz	cc	Alta tensión en cc y ca, para mediciones de 10 V en adelante
RESPUESTA (ESCALA)	Lineal	Cuadrática comprimida en el extremo inferior	Cuadrática (comprimida en el extremo inferior)	Arc tan θ (lineal en el extremo inferior y comprimido en el extremo superior)	Cuadrática
OBSERVACIONES	Económico disponible con 0.1% de incertidumbre, la bobina móvil requiere (0.1 a 400) μ W, tiene la mas alta sensibilidad que cualquier otro mecanismo	No utilizan algún material ferromagnético para operar, incertidumbre de 0.1%, las bobinas requieren de (0.5 a 1) W	La bobina requiere de (0.25 a 3)W, las aspas deben ser de suficiente tamaño para provocar un torque adecuado	Primero en desarrollarse, puede trabajar independientemente del campo magnético de la tierra utilizando magnetos con polaridad invertida, no se usan para instrumentación de precisión	Incertidumbre (0.5 a 1)%



Figura 3 6 2 5 Bobina móvil y accesorios. A) Flecha, B) Aguja, C) Resorte de control frontal, D) Bobina E) Resorte de control trasero y F) Pesas de balanceo

La mayoría de los galvanómetros vienen provistos de un "cero" mecánico, usualmente accesible en la carátula el cual se puede ajustar con un desatornillador o neutralizador, este ajuste se emplea para alinear la aguja del medidor con el cero en la escala. Cierta cuidados debe tenerse cuando se ajusta el cero mecánico ya que con frecuencia no cuentan con topes de seguridad y una rotación excesiva podría dañar el mecanismo interno del medidor

3.6.3 MULTÍMETRO DIGITAL

3.6.3.1 CIRCUITO BÁSICO

Uno de los instrumentos de propósito general más versátiles, capaz de medir voltajes de cd y ca, corriente y resistencia, es el multímetro electrónico de estado sólido. Aunque los detalles del circuito varían de un instrumento a otro, un multímetro electrónico generalmente contiene los siguientes elementos, figura 3 6 3 1

- Amplificador de cd de puente-equilibrado y medidor indicador
- Atenuador de entrada o interruptor de intervalo, para limitar la magnitud del voltaje de entrada al voltaje deseado
- Sección de rectificación para convertir el voltaje de ca de entrada en voltaje de cd proporcional
- Batería interna y circuito adicional para proporcionar la capacidad para medir resistencias
- Interruptor de FUNCIÓN, para seleccionar las distintas funciones de medición del instrumento

a) CIRCUITOS DE ENTRADA

Los circuitos de entrada de los multímetros están constituidos por el atenuador de entrada y el conmutador de selección de funciones. Esta selección permite que el multímetro tensiones, intensidades o resistencias. El atenuador de entrada proporciona al multímetro su amplia gama de medidas. En ocasiones, el atenuador de entrada es automático, lo que significa que el mismo selecciona la escala más adecuada para la medida que se efectúa. El usuario debe seleccionar las funciones de tensión, intensidad o resistencia.

b) AMPLIFICADORES

La mayoría de dispositivos de medición digitales no tienen la sensibilidad que precisa un multímetro digital básico. Por lo tanto, suele ser necesaria una cierta amplificación antes de que la señal pase al convertidor analógico/digital. El amplificador proporciona también

separación de impedancias a fin de evitar que se cargue el atenuador de entrada. A veces, estos amplificadores cambian la ganancia electrónicamente. Se hace esto para simplificar el diseño del atenuador de entrada. A todos los fines prácticos, el amplificador de entrada es como el utilizado en el galvanómetro analógico.

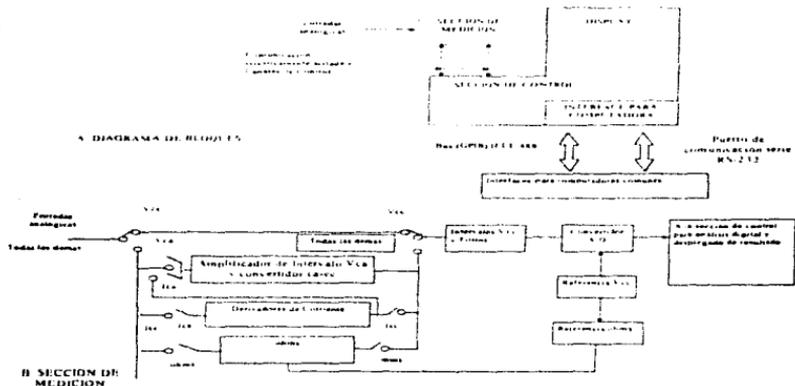


Figura 3.6.3.1 Diagrama a bloques de un Multímetro

a) RECTIFICADOR

La mayoría de dispositivos de medición digitales utilizan un rectificador operativo para convertir señales alternas en continuas. El rectificador operativo es el circuito que mejor realiza esa función sin ser un verdadero convertidor de valor eficaz; no se utiliza por ser muy caro.

El rectificador constituye un punto vulnerable de los dispositivos de medición digitales. Es difícil construir un rectificador que tenga una exactitud mayor de 0.5%. Este valor parece muy malo cuando la exactitud en continua es de 0.1%, el 0.05% o mejor. Lamentablemente, la exactitud se ve a menudo reducida cuando la señal de entrada no es una onda sinusoidal pura. Para tener realmente una exactitud del 0.5%, la onda sinusoidal debería proceder de un oscilador de audiofrecuencia muy bueno. Las redes alternas de alimentación, por ejemplo, no están suficientemente cerca de la onda sinusoidal de 50 Hz para dar una exactitud de más del 1 o 2%. Existen dos formas de rectificador operativo. La primera es el rectificador operativo diseñado para responder a las crestas y calibrado en valores eficaces. La segunda es el rectificador operativo proyectado para responder a la media y calibrado en valores eficaces. Evidentemente, estos dos circuitos rectificadores presentan

sus resultados en forma de tensiones eficaces. En cambio, la medida real tiene lugar o como indicación de la cresta o como indicación de la media

b) POLARIDAD AUTOMÁTICA

Otra característica es la selección automática de polaridad. A menudo, necesitaremos medir tanto tensiones positivas como negativas. El convertidor con polaridad automática detecta tanto las entradas positivas como las negativas. Luego conmuta el convertidor para medir la entrada correcta. La entrada puede ser positiva o negativa. Los convertidores de pendiente doble con polaridad automática utilizan dos referencias de tensión. Una se utiliza para las medidas positivas y la otra para las medidas negativas. Una vez que se determina la polaridad de la señal de entrada, se indica en la pantalla.

c) CIRCUITO DE OHMETRO

Los ohmímetros de los instrumentos digitales presentan un problema característico que no encontramos en los instrumentos analógicos. Cuando utilizábamos un galvanómetro analógico para medir resistencias, utilizábamos una escala de medida lineal especial. Es muy difícil construir una escala de medida lineal. Esto significa que debemos construir un ohmetro lineal, el cual suele construirse en la forma siguiente. En este circuito se utiliza el voltímetro de el Multímetro para indicar la tensión en la resistencia incógnita R_x . La caída de tensión en la resistencia la origina la intensidad constante I_0 de una corriente

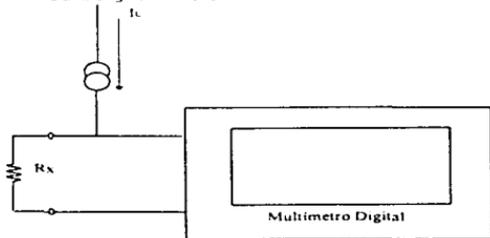


Figura 3.6.3.2 Funciones para resistencias altas y bajas

En este circuito, a la resistencia incógnita se le alimenta con una fuente de intensidad constante. En esta resistencia aparece una tensión debida a la intensidad constante de la corriente que la atraviesa. Según la ley de Ohm ($V = IR$), es simplemente el producto de la intensidad constante I de la corriente por la resistencia incógnita R . Si se reduce a la mitad la resistencia, se reducirá a la mitad la tensión en ella. Esto hace que el ohmetro sea lineal. Por ejemplo, se toma una corriente de intensidad constante 1 mA. La resistencia incógnita es de 1000 Ω ; vemos así que, en la resistencia aparece una tensión de 1V. En el instrumento digital, un volt aparece en la pantalla en forma de un 1000. Esto indicará 1000 Ω cuando el instrumento se halle en la función ohmetro.

La tensión desarrollada por el circuito de ohmetro depende de la intensidad de la corriente suministrada y de la sensibilidad máxima del multímetro. Para seleccionar diferentes escalas de ohmetro se utilizan diferentes intensidades de corriente.

3.6.3.2 CARACTERÍSTICAS DE UN MULTÍMETRO

Ya hemos dicho que un instrumento digital constituye un conjunto electrónico relativamente complejo. Esto significa que se constituye a menudo con muchas características según conveniencia del usuario. Muchas de ellas son realmente útiles. Muchas solo se encuentran en instrumentos contruidos por un fabricante determinado. A continuación consignamos algunas de ellas. Es muy probable que no podamos encontrar las diferentes características en un solo instrumento.

Numero de Dígitos: Da la exactitud y resolución del instrumento. Los instrumentos con 2 1/2 y 3 1/2 dígitos son los más comunes, mientras que los de 4 1/2 y 5 1/2 solo se encuentran en los multímetros más costosos.

Tamaño del Dígito: El tamaño del dígito va desde una altura inferior a 0.1 pulgada (2.5 mm) en los instrumentos más compactos hasta de más de media pulgada (12.5 mm) en algunos de los modelos de banco. El tamaño del dígito en los paneles digitales es muy importante si tenemos que efectuar lecturas desde una cierta distancia.

Presentación de las Lecturas: Existen muchos tipos diferentes de indicadores de las lecturas. Son muy comunes los indicadores de LED (comúnmente conocidos como display 7 segmentos) y de cristal líquido (LCD). También existen las presentaciones con fluorescentes de vacío y con descargas de gas. Cada presentación tiene una ventaja diferente que depende del tipo de luz con la que estemos trabajando. Por ejemplo, para la pantalla con cristal líquido en su mayoría no se puede ver en la oscuridad. Pero esta presentación exige menos potencia que una presentación con LED comparable.

Selección o indicación de polaridad: La polaridad en un instrumento digital puede conmutarse manualmente en los instrumentos baratos. Pero en su mayoría se utiliza la polaridad automática. Un instrumento con polaridad automática suele tener indicadores para señalar que polaridad tiene la señal que se mide. Algunos instrumentos tienen indicadores + y -, otros instrumentos solo indican las medidas negativas.

Indicadores de Extralimitación: Este indicador dice al usuario cuando está fuera de escala la medida. Se utilizan muchos indicadores de extralimitación diferentes. Puede ser un sobrecendido o un apagado de todos los dígitos, o a veces la indicación de un número muy erróneo, en ocasiones desplegará en el display una indicación de error o sobrecarga (OL).

Velocidad de Presentación: Nos dice la rapidez con la que se efectúa una medida. Usualmente, se efectúan de tres a cinco medidas por segundo. Cuando las medidas se efectúan con rapidez mayor de cinco por segundo, el ojo no puede seguir los cambios de los dígitos.

Autoselección de Escala: Un instrumento con selección automática de escala selecciona la mejor para la medida. Usualmente, el instrumento cambiara la escala a una tensión diferente en el caso de tensiones crecientes y no en el de decrecientes. Muy pocos instrumentos pueden seleccionar automáticamente las escalas correspondientes a intensidades muy elevadas.

Protección de la Entrada: La especificación de protección de la entrada indica una tensión máxima que no perjudicará al instrumento en ninguna de sus escalas. Suele aplicarse a las funciones de tensión, intensidad y resistencia.

Tensión: Indica si el instrumento funciona con tensión alterna o con continua y alterna. Usualmente, el funcionamiento con continua significa que lleva una pila interna.

Capítulo 3. Conceptos Generales de Metrología

Aislamiento de la Red. Esta especificación indica cuantos volts pueden aplicarse entre el terminal común del instrumento y la tierra de la red.

Tamaño/Peso. Estas especificaciones nos dicen lo portátil que es, en realidad, el instrumento. Esto nos lo indicaran otras características que serán importantes para los usos particulares para los cuales tenemos destinado al multímetro. Por esto lo que puede ser un buen instrumento para una aplicación determinada puede ser malo para otra.

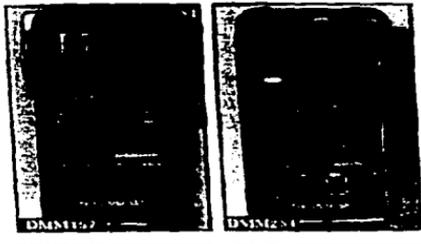


Figura 3.3.3.3. Multímetros Digitales

3.6.4 OSCILOSCOPIOS

El osciloscopio de rayos catódicos es quizá la herramienta más versátil para el desarrollo de sistemas y circuitos electrónicos, por otro lado, ha sido uno de los instrumentos más importantes en el desarrollo de la electrónica moderna. El osciloscopio de rayos catódicos es un dispositivo que permite desplegar la amplitud de señales eléctricas ya sea de voltaje, corriente, potencia, etc. Principalmente como una función del tiempo. El osciloscopio depende del movimiento de un haz de electrones, el cual se hace visible cuando choca contra una superficie de fósforo, lo que produce un punto visible. Si el haz de electrones se desvía por cualquiera de los dos ejes ortogonales, conocidos como ejes X y Y para la construcción de gráficas convencionales, el punto luminoso se puede utilizar para formar una presentación en dos dimensiones. El eje X se desvía en un valor constante, con respecto al tiempo, y el eje vertical Y se desvía en respuesta a una excitación de entrada como el voltaje, lo que es muy importante para el desarrollo de circuitos electrónicos.

Desde hace mucho tiempo se cuenta con dispositivos de registro con base de tiempo, como los registradores de pluma, el cual se mueve a lo largo de un eje mientras que ya sea el papel o la misma pluma se mueven a lo largo del otro eje. Debido a esto los movimientos del medidor solo pueden medir variaciones instantáneas de hasta pocos Hz, sin embargo, el osciloscopio tiene una velocidad de operación mucho más rápida. Mas que registrar eventos en un periodo de pocos segundos, lo cual es tarea básica en un registrador de tipo mecánico, el osciloscopio exhibe eventos que acontecen durante periodos de microsegundos o nanosegundos.

3.6.4.1 DIAGRAMA DE BLOQUE DEL OSCILOSCOPIO

La parte principal del osciloscopio es el tubo de rayos catódicos, que genera el haz de electrones, lo acelera a alta velocidad y lo desvía para crear la imagen, además, contiene la pantalla de fósforo donde el haz de electrones llega a ser visible, y es capaz de medir o desplegar una gran variedad de señales. Para completar esta tarea, se requieren varios voltajes y señales eléctricas. Posee esa versatilidad principalmente porque en realidad consiste en un grupo de subsistemas, diseñando cada uno para efectuar una parte de la tarea de medición o de despliegue. Los subsistemas que constituyen por lo general un osciloscopio son:

- Subsistema de despliegue (tubo de rayos catódicos)
- Subsistema de reflexión vertical
- Subsistema de reflexión horizontal
- Fuentes de poder
- Sondas (Puntas de prueba)
- Circuito de calibración

3.6.4.2 COMO MUESTRA EL OSCILOSCOPIO UNA SENAL

La siguiente figura es un diagrama de bloques que muestra la trayectoria de una señal medida cuando pasa a través de los diferentes subsistemas de un osciloscopio. Siguiendo esta trayectoria, se puede ver la parte que cada subsistema efectúa para hacer que la señal se despliegue.

La señal se detecta de la fuente de origen mediante una punta de prueba del osciloscopio. Esta punta detecta una señal de voltaje o bien convierte una señal de otra cantidad a un voltaje. El voltaje de la señal se transmite al osciloscopio mediante un cable (por lo general un cable coaxial) y entra al osciloscopio donde se conecta a las terminales de entrada del aparato. Con frecuencia la señal en este punto tiene una amplitud demasiado pequeña para activar al subsistema de despliegue (el tubo de rayos catódicos). Por lo que generalmente necesita amplificarse. La función del sistema de reflexión vertical es llevar a cabo dicha amplificación. Después de la amplificación adecuada, la señal de entrada se aplica a las placas de reflexión vertical del tubo de rayos catódicos. Dentro del tubo, se crea un haz de electrones mediante un cañón de los mismos. El haz de electrones se enfoca y se dirige para que choque con la pantalla fluorescente, creando un punto de luz en el lugar del impacto con la pantalla. El haz se deflexiona en forma vertical en proporción a la amplitud del voltaje aplicado a las placas de reflexión vertical del tubo. La señal amplificada de entrada también está monitoreada por el subsistema de reflexión horizontal. Este subsistema tiene la tarea de barrer horizontalmente el haz de electrones a través de la pantalla a una velocidad uniforme.

La reflexión simultánea del haz de electrones en la dirección vertical (por el subsistema de reflexión vertical) y las placas de deflexión vertical) y en la dirección horizontal (por los circuitos de base de tiempo y placas de reflexión horizontal) hace que el punto de luz producido por el haz de electrones trace una línea a través de la pantalla del tubo de rayos catódicos. Si la entrada es periódica y los circuitos de base de tiempo sincronizan correctamente el barrido horizontal con la reflexión vertical, el punto de luz recorrerá el mismo camino en la pantalla una y otra vez. Si la frecuencia de la señal periódica es bastante alta, el trazo que se repite aparecerá como una imagen permanente pintada por una línea sólida de luz en la pantalla.

Las fuentes de poder del osciloscopio convierten la corriente alterna de suministro a los voltajes y corrientes adecuados de corriente directa que se necesitan para operar los demás subsistemas del osciloscopio.

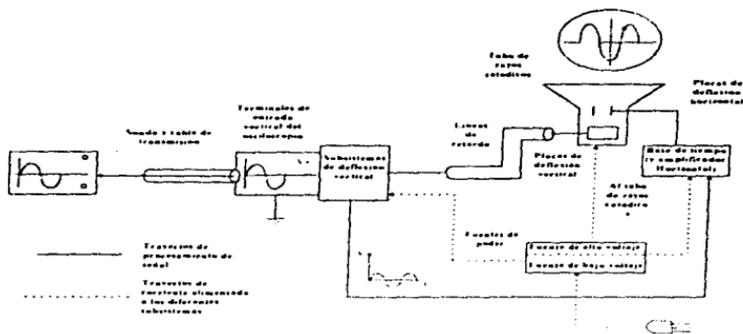


Figura 3 6 4 1 Diagrama de bloques de los subsistemas del osciloscopio

3.6.4.3 SUBSISTEMA DE DESPLIEGUE (TUBO DE RAYOS CATÓDICOS)

Como ya se dijo, el tubo de rayos catódicos es la parte principal del osciloscopio. El tubo en sí es un recipiente sellado de vidrio con un cañón de electrones y un sistema de reflexión montado dentro del tubo en un extremo y una pantalla fluorescente en el otro. Se evacúa el aire del tubo, que queda al alto vacío. Se necesita este alto vacío por que el fino haz de electrones producido dentro del tubo se dispersaría al chocar con cualquier molécula gaseosa en su camino. Al haber muchas colisiones de estas se destruiría la finura del haz.

La función del cañón es producir el haz de electrones. El cañón consiste en un cátodo termiónico (un cátodo fabricado con un material que emite electrones al calentarlo), varios electrodos de aceleración, y controles de enfoque e intensidad. Cuando se calienta al cátodo a alta temperatura, comienza a emitir electrones. Algunos de esos electrones pasan a través de un pequeño agujero en la rejilla de control de intensidad que rodea al cátodo. Si se aplica un voltaje negativo a esta rejilla, solo puede pasar un número limitado de electrones a través del agujero. La cantidad se puede controlar variando la magnitud del voltaje. La intensidad del punto de luz que se produce donde el haz de electrones choca con la pantalla fluorescente depende del número de electrones en dicho haz. Hay una relación no lineal entre intensidad y el voltaje de aceleración del haz. La luz emitida durante la excitación del recubrimiento fluorescente se llama fluorescencia. La luz que se emite después de haber suprimido el haz de electrones se llama fosforescencia. La magnitud de la corriente del haz se ajusta mediante un control del tablero que tiene la marca INTENSIDAD. Los electrones que emergen se comprimen mediante los ánodos de enfoque y de aceleración formando un haz compacto. Se emplea un esquema electrostático de enfoque en los tubos de rayos catódicos para lograr esa compresión. Los mismos campos electrostáticos dirigen también los electrones a lo largo del eje del rayo y los aceleran hacia adelante contra la pantalla fluorescente. La diferencia de potencial entre el cátodo y los ánodos de aceleración es por lo general entre 2 y 12 kV. El elemento de control que da el ajuste del voltaje en el ánodo de enfoque es un control del tablero marcado FOCO o FOCUS.

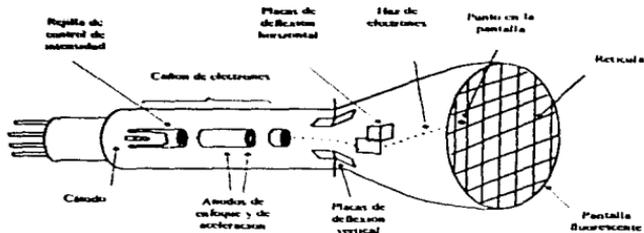


Figura 3.6.4.2 Tubo de rayos catódicos del osciloscopio

3.6.4.4 SUBSISTEMA DE REFLEXIÓN VERTICAL

Se deben de aplicar aproximadamente 10 a 20 V a las placas deflectoras del tubo de rayos catódicos para desviar al haz de electrones 1 cm. Por lo tanto, si se aplicasen directamente señales mucho más débiles al subsistema de repliegue del osciloscopio, no causaría reflexión apreciable del haz. Por otro lado, las señales de voltaje con mayor amplitud originarían desviaciones del haz de electrones que serían demasiado grandes para poder mostrarse enteramente en la pantalla. Por lo tanto el osciloscopio debe tener un subsistema que tenga la capacidad de amplificar o de atenuar las señales de entrada para que se produzca una figura correcta cuando se apliquen las señales de interés a las placas deflectoras del tubo de rayos catódicos. El sistema de reflexión vertical es el subsistema del osciloscopio que efectúa esa función.

Este sistema consiste normalmente de los elementos siguientes:

- Selector de acoplamiento de entrada
- Atenuador de entrada
- Preamplificador
- Amplificador vertical principal
- Línea de retardo

3.6.4.5 SUBSISTEMA DE REFLEXIÓN HORIZONTAL

Este subsistema se muestra en la siguiente figura y consiste del amplificador de reflexión horizontal y los circuitos de base de tiempo. Se emplea el amplificador horizontal de dos maneras. La primera es en la amplificación directa de señales externas de entrada (que se alimentan a continuación a las placas de reflexión horizontal del tubo de rayos catódicos). Como lo que muestra el osciloscopio al operar en este modo consiste en la variación de alguna señal (mostrada en la dirección Y o vertical) contra la de otra (que se muestra a lo largo del eje X u horizontal), se dice que el osciloscopio está trabajando en el modo X-Y de despliegue. El segundo uso del amplificador horizontal se utiliza para amplificar las ondas de barrido generadas por los circuitos de base de tiempo. Este tipo de operación se llama modo de Y contra t, porque se observa la variación de la señal de entrada (que aparece en la dirección Y o vertical) contra el tiempo (que se muestra a lo largo de la dirección horizontal).

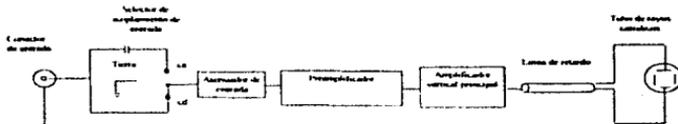


figura 3 6 4 4 Subsistema de deflexión vertical

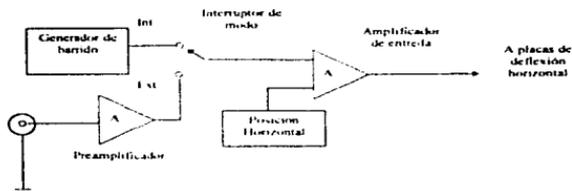


Figura 3 6 4 5 Subsistema de deflexión horizontal

3.6.4.6 CONTROLES DEL OSCILOSCOPIO

Las perillas de control y los interruptores en el tablero frontal de un osciloscopio pueden parecer un arreglo desconcertante para el usuario que no este instrumento. La confusión puede desaparecer al explicarse la función de cada control y como esta conectado a los subsistemas interiores del instrumento

Aunque la siguiente lista describe los controles de osciloscopio que se emplean con mayor frecuencia, pueden ser ligeramente distintos sus nombres en determinado modelo de aparato

- * **Potencia de alimentación (O línea)** Enciende y apaga el osciloscopio

- * **Intensidad** Controla la brillantez del trazo del osciloscopio. La perilla da una conexión a la rejilla de control del cañón de electrones en el tubo de rayos catódicos. Cuando se gira en el sentido de las manecillas del reloj, se disminuye el voltaje de repulsión de la rejilla y pueden emerger mas electrones del agujero en la rejilla del catodo para formar el haz. Un mayor numero de electrones en el haz origina un punto mas luminoso en la pantalla. Nota: Se debe tener cuidado para evitar que el haz de electrones quemé la pantalla

- * **Enfoque** El control de enfoque se conecta al ánodo del cañón de electrones que comprime el haz de electrones emergente para formar un punto fino. Cuando se ajusta este control, el trazo en la pantalla del osciloscopio se hace mas agudo y definido.



Figura 3.5.4.6.1 Osciloscopio Analógico

* **Localizador del Haz** Regresa el despliegue a la zona de visión del tubo de rayos catódicos sin importar los demás ajustes de control. Para ello reduce los voltajes de reflexión vertical y horizontal.

Observando el cuadrante en el que aparece el haz cuando se activa el localizador, se sabrá en que direcciones se deben girar los controles de posición horizontal y vertical para volver a colocar el trazo en la pantalla una vez que vuelva a operarse normalmente el osciloscopio.

• **Posición vertical** Controla el centrado vertical del trazo. Se emplea este control con el control de acoplamiento de entrada puesto en cd para localizar o ajustar el trazo a la tierra del chasis.

• **Posición horizontal** Controla el centrado de la imagen.

* **Iluminación de escala** Da la iluminación a la retícula. Las líneas grabadas de la retícula se iluminan con luz proveniente de la orilla de la pantalla para no producir reflejos que interfieran con la imagen mostrada.

* **Sensibilidad vertical** V/div o V/cm . Determina el valor necesario de voltaje que se debe aplicar a las entradas verticales para desviar el haz una división (o un cm). Este control conecta un atenuador de pases al amplificador del osciloscopio y permite controlar la sensibilidad vertical en pasos discretos. El intervalo típico es de 10 mV/div hasta 20 V/div o más.

* **V/div variable**. Generalmente un disco rojo de movimiento continuo marcado VAR. Permite una variación continua (y no en escalones) de la sensibilidad vertical. Se debe ajustar esta perilla a la posición calibrada (generalmente girando por completo en sentido horario pasando el tope donde se oye un chasquido) para igualar la sensibilidad vertical del osciloscopio al valor marcado en el interruptor Sensibilidad Vertical. Cuando se mide la amplitud de las ondas senoidales, se lleva el control hasta el mayor tiempo posible tal que los picos aparezcan como una línea. Esto facilita mucho la lectura de la amplitud.

* **Tiempo de barrido** o **tiempo/div**. Controla el tiempo que el punto toma para moverse horizontalmente a través de una división en la pantalla cuando se emplea el modo de barrido disparado. Un valor muy pequeño de Tiempo/div indica un tiempo de barrido muy corto. Los tiempos típicos de barrido varían desde 1 ms/div hasta 10 s/div.

* **Tiempo variable**. Generalmente, un disco rojo de movimiento continuo marcado. Este control de vernier permite escoger una velocidad continua pero no calibrada en tiempo/div. Algunos osciloscopios muy baratos solo tienen un control de variación continua de tiempo/división.

* **Fuente de disparo**. Selecciona la fuente de la señal de disparo. Empleando este control, se escoge el tipo de señal que se emplea para sincronizar la onda de barrido horizontal con la señal de entrada vertical. Las selecciones posibles comprenden por lo general:

Capítulo 3. Conceptos Generales de Metrología

Interna La salida del amplificador vertical se emplea para disparar el barrido. Esta opción hace que la señal de entrada controle el disparo. Este tipo es adecuado para la mayor parte de las aplicaciones tipo disparo.

Línea Esta posición selecciona el voltaje de línea de 60 Hz como señal de disparo. El disparo de línea es útil cuando hay una relación entre la frecuencia de la señal vertical de entrada y la frecuencia de la línea.

Ext Cuando se emplea esta posición, se debe aplicar una señal externa para disparar la onda de barrido. Esta señal se debe conectar a la entrada Disparo Externo. La señal de disparo externo debe tener una frecuencia compatible con la señal de entrada vertical para obtener una señal estable en la pantalla.

* **Amplificador de barrido ($\times 10$)** Este control permite disminuir el tiempo por división de una onda de barrido. Sin embargo, la reducción se logra aumentando una parte de la onda de barrido en lugar de cambiar la constante de tiempo de los circuitos internos que la generan.



Figura 3.6.4.6.2. Osciloscopio Digital

* **Pendiente de disparo** Este interruptor determina si el circuito de pulsos en la base de tiempo responderá a una señal de disparo con pendiente.

* **Nivel de disparo** Selecciona el punto de la amplitud en la señal de disparo que hace que de principio el barrido.

* **Acoplamiento** Selecciona el acoplamiento capacitivo (ca) o directo (CD) de la señal de entrada con el amplificador del osciloscopio.

* **Terminal para ajuste de la sonda (compensación de la sonda o calibrador)** Produce una onda cuadrada (generalmente de 1 o de 2 kHz y 0.5 o 1.0 V) para la compensación de la sonda.

* **Modo de disparo**

AUTO, permite un disparo normal y da una línea base en ausencia de alguna señal de disparo. Se necesita una reflexión de 0.5 divisiones para activar el disparo.

NORM, permite el disparo normal, pero el barrido se apaga en ausencia de una señal adecuada de disparo.

* **Presentación vertical** Selecciona osciloscopios de doble trazo: el tipo de presentación que se presentará en el osciloscopio.

Canal A (o 1) selecciona el canal A para presentarlo.

Canal B (o 2) selecciona el canal B para presentarlo.

Doble trazo (o canales A y B) Se muestran los dos canales.

A + B Se muestra la suma de señales de los canales A y B.

Entrada diferencial (A-B) Muestra la diferencia entre las señales de los canales.

3.6.5 REGISTRADORES

Los registradores son dispositivos que dan un registro gráfico permanente de la cantidad que se está midiendo y también llevan a cabo la medición misma. Algunos graficadores dan sus resultados en forma que necesita de la interpretación humana. Sin embargo en algunos casos la salida de un sistema de medición se puede registrar en una forma que se puede "leer" o interpretar con una máquina. Las salidas interpretables por máquina comprenden la información almacenada en cintas magnéticas, discos magnéticos, tarjetas perforadas y señales eléctricas. Si los datos se registran en cinta magnética en forma analógica, lo almacenado en la cinta se puede usar para activar varios dispositivos analógicos de indicación, como el tubo de rayos catódicos, registradores de tira de papel. Los datos registrados en forma digital en cinta magnética, cinta o tarjetas perforadas pueden activar dispositivos digitales de lectura como impresoras, computadoras digitales o unidades digitales de indicación.

Los tipos principales de registradores empleados por la industria para el registro de las variables de proceso son dispositivos galvanométricos, oscilográficos, potenciométricos y de arreglo lineal.

Estos dispositivos tienen circuitos de acondicionamiento de señal para que las señales de entrada se puedan escalar o manipular de algún modo antes de registrarse. Por ejemplo, las entradas del termopar se pueden linealizar y escalar de modo que se registre la temperatura, no la señal original de salida del termopar (cuyo valor está en mV). En los registradores autobalanceados y galvanométricos se mueve el conjunto de la pluma sobre una carta de papel que se mueve simultáneamente en dirección ortogonal mediante un motor separado. En los registradores X-Y, se mueve la pluma al mismo tiempo en dos direcciones perpendiculares sobre el papel estacionario.

Las cartas de los registradores galvanométricos y autobalanceados consisten ya sea en gráficas redondas (circulares) o de tira (rectas). Las gráficas circulares tienen círculos concéntricos trazados en ella para formar sus escalas. Además, hay arcos impresos que se extienden desde el centro de la carta hasta el borde del papel. Como se mueve la pluma del registrador, oscila a lo largo de esos arcos. Se conoce a esos arcos como arcos de tiempo. Los registradores de tira de papel tienen sus gráficas de papel en forma de rollo o de acordeón. A medida que se desarrolla la gráfica, también se mueve bajo la pluma o marcador a una velocidad uniforme. Las líneas en el papel se trazan paralelamente a la dirección del movimiento y forman las escalas de la gráfica. Las líneas que se trazan perpendicularmente a la dirección del movimiento son las líneas de tiempo. El ensamble de la pluma se mueve en dirección perpendicular al movimiento del papel. De este modo el valor de la variable medida contra el tiempo se registra en la carta cuando el papel pasa bajo la pluma. El valor instantáneo de la cantidad medida está dado por la posición de la pluma.

Hay varios dispositivos marcadores que se emplean en los registradores. El sistema de pluma o de escritura puede ser de presión directa, tinta por gravedad, tinta a presión, pluma térmica, arreglos de calentamiento térmico u óptico. La selección entre ellos depende de las especificaciones de aplicación. Para eventos rápidos, como los cambios transitorios de velocidad de una máquina de papel, lo adecuado es la pluma con tinta a presión. Cuando es necesaria la observación de un evento en tiempo real, puede ser no adecuada la pluma térmica debido a que hay un retardo de tiempo antes de visualizar el trazo por que la cabeza térmica de escritura cubre una parte significativa de la carta papel y generalmente está dentro del registrador. Las plumas de tinta son sencillas, pero necesitan de limpieza y carga constante del recipiente de tinta. Cuando se seca la tinta en el tubo de conducción, se debe cambiar por lo general el conjunto completo de la pluma.

Como consecuencia de las desventajas del conjunto de pluma y tinta, se han desarrollado varios otros tipos de marcadores. Estos métodos sin tinta son especialmente útiles en aquellos registradores que deben permanecer sin atención durante largos periodos de registro. Un tipo de dispositivo sin tinta emplea una pluma caliente sobre un papel sensible al calor. En este tipo, se pasa una corriente eléctrica a través de la punta del marcador móvil. La corriente calienta el

Capítulo 3. Conceptos Generales de Metrología

marcador y el calor hace que aparezca una línea nítida y delgada en el papel especial sensible al calor. Otros métodos de graficación sin tinta comprenden los papeles sensibles a la luz y la presión. Las mayores desventajas de los métodos sin tinta es que son por lo general más complejos que los conjuntos con tinta y también necesitan de papel más costoso. La corriente a la plumilla térmica debe ajustarse según la velocidad de la carta. Una disminución de la velocidad de la carta puede ocasionar su quemado si no se reajusta la corriente. Un aumento de la velocidad puede originar poco contraste.

3.6.5.1 REGISTRADORES DE GALVANÓMETRO.

Estos registradores emplean un conjunto de plumilla montada en el extremo de un puntero de un movimiento de D'Arsonval resistente. Al mecanismo también se le conoce como movimiento de bobina móvil e imán permanente. También, se les llama a estos registradores galvanómetros de escritura directa. Se emplean ensamblamientos mecánicos entre la bobina y la plumilla cuando se desean registros rectilíneos. Cuando se mide una cantidad con ese galvanómetro, los resortes que restringen los movimientos dan una fuerza contraria que equilibra la fuerza creada por la cantidad que se está midiendo. Lo usual es emplear cartas en brás para este tipo de registrador.



3 6 5 1 1 Graficadora de Galvanometro

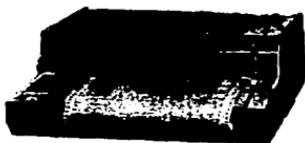
La frecuencia máxima de los registradores ordinarios de galvanómetro es aproximadamente 100 Hz (para amplitudes pequeñas de la plumilla), mientras que su sensibilidad máxima es del orden de 25 mV/pulgada. Las impedancias de entrada de esos instrumentos son típicamente de 100 k Ω o más, y las exactitudes correspondientes son de \pm 1.0 hasta 2.0 por ciento de la escala completa.

Los registradores oscilográficos son semejantes a los registradores de galvanómetro, con la excepción de que tienen subsistemas adicionales, electrónicos y mecánicos, que aumentan su sensibilidad de respuesta a la frecuencia en varios órdenes de magnitud. Un registrador típico tiene una respuesta a la frecuencia de 5 kHz.

3.6.5.2 REGISTRADORES X-Y

Estos registradores son instrumentos que tienen la capacidad especial de mostrar dos cantidades variables por separado en los ejes X y Y de coordenadas cartesianas. Esto significa que una de las variables se puede aplicar a la entrada X del registrador y otra a la entrada Y, el graficador graficará las variaciones de una con respecto a la otra. Esta particularidad existe porque el registrador X-Y puede mover una plumilla simultáneamente tanto en la dirección X como en la Y a través de un papel fijo en respuesta a señales eléctricas aplicadas a sus dos terminales de entrada. Como la mayor parte de los registradores X-Y tienen también una base de

tiempo, se pueden emplear para gráfica la variación de una variable contra el tiempo. Esto les permite llevar a cabo algunas mediciones del mismo modo que los registradores de tira de papel.



36521 Graficadora X-Y

Otra característica de los registradores X-Y es que su operación no es costosa. Debido a que la mayor parte emplea un sistema de pluma y tinta, se puede utilizar papel ordinario de bajo costo como carta. Además, son bastante fáciles de usar. Por el contrario, los registradores X-Y son más lentos de los que los registradores de tiras de papel y no pueden utilizarse para aplicaciones de monitoreo continuo.

3.6.6 ELECTRÓMETROS

Los electrómetros son voltímetros de corriente directa que tienen impedancias de entrada extremadamente altas (hasta de $10^{12} \Omega$). Estas impedancias de entrada tan altas son una propiedad necesaria de los voltímetros que se emplean para mediciones de voltaje en circuitos de muy alta impedancia. (Un voltímetro debe de tener una impedancia de entrada de al menos 100 veces la impedancia del circuito que se este midiendo para mantener los errores de carga a menos de 1 por ciento.) Una aplicación de esos voltímetros en donde su alta impedancia es necesaria, es la medición del pH (potencial hidrogeno, medida de la concentración de iones de hidrogeno) de una solución de sustancias químicas. En los medidores de pH, se deben medir voltajes de unos 50 mV entre las paredes de un tubo de vidrio. Esas paredes tienen resistencias de 500 M Ω o mayores. Por lo tanto, se necesita un voltímetro con impedancia de $5 \cdot 10^{11} \Omega$ o más para medir con exactitud esos voltajes. (La impedancia de entrada de los multímetros es de 10 M Ω por lo que es muy pequeña para nuestros propósitos.) Los electrómetros están diseñados para llevar a cabo esas y otras aplicaciones que necesitan de instrumentos de alta impedancia de entrada. También pueden funcionar como detectores de corriente y de carga eléctrica de máxima sensibilidad. Algunos electrómetros pueden detectar corrientes de 10^{-14} A o menores y medir cargas tan bajas como $5 \cdot 10^{-12}$ C. El electrómetro tiene estas características por que contiene circuitos y materiales diseñados especialmente. Hay varios tipos de dispositivos que se emplean para construir electrómetros, dependiendo de la aplicación específica del electrómetro. Estos dispositivos comprenden los MOSFETS (transistores de óxidos metálicos de efecto de campo), tubos electrómetros y capacitores vibratorios.

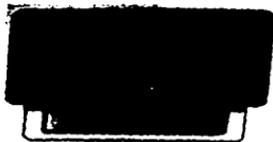
Los electrómetros no presentan problemas de corrimiento, al menos no tanto como los microvoltímetros, debido a que sus escalas más pequeñas están en el intervalo de los milivoltios. Un electrómetro típico se puede especificar con corrimiento a 2 mV/h. Sin embargo, el aislamiento para electrómetros debe ser extremadamente bueno para las fugas y la captación de cargas parásitas para que no contaminen sus mediciones.



3 6 6 1 Electrometro analógico

3.6.6.1 CARACTERÍSTICAS DE UN ELECTROMETRO DIGITAL

- **Numero de Digitos.** Da la exactitud y resolución del instrumento. Los instrumentos con 2 ½, 3 ½ y 4 ½ digitos dependiendo del modelo de los electrómetros
- **Indicadores de Extralimitación.** Este indicador dice al usuario cuando esta fuera de intervalo la medida. Despliega en el display una indicación de error o sobrecarga (OL)
- **Velocidad de Presentación.** Nos dice la rapidez con la que se efectúa una medida
- **Autoselección de Escala.** La selección puede ser automática o manual según las necesidades del usuario
- **Elección de unidades a medir.** El operador eligira las unidades ya sea de tensión, intensidad, resistencia o carga que este requiera. Estas teclas se encontraran en el panel frontal del instrumento



3 6 6 1 1 Electrómetro Digital

- **Tensión.** Indica la tensión a la cual funciona el electrómetro y su frecuencia que debe tener la línea usualmente es 105-125 V a 210 -400 V con 50-60 Hz

- **Entrada y Salida del electrómetro.** Nos indicara el tipo de conductor que se debe de utilizar usualmente es usado el cable triaxial y conductores banana
- **Verificación del cero.** Se encontrara en el panel frontal una tecla con la leyenda "CERO CHECK" la cual se tomara como referencia para verificar que el instrumento no esta midiendo nada y que no existen mediciones parasitas
- **Dimensiones.** Estas especificaciones nos dicen el portatil puede que resultar el instrumento. Esto nos señalara el tamaño y el peso que determinaran los usos particulares que se daran al electrómetro

3.6.7 FUENTES DE ALIMENTACIÓN DE CD

Para convertir la alimentación eléctrica de 115 V, 60 Hz, facilmente disponible, a la forma de corriente directa necesaria para la operación de dispositivos electrónicos, se emplea una fuente de alimentación de corriente directa. En realidad la fuente de poder no genera potencia, solo convierte la potencia de ca a un voltaje o corriente de cd. Se puede diseñar las fuentes de poder para suministrar ya sea voltaje constante (VC) o corriente constante (CC). Algunos equipos de laboratorio para propósito general, pueden sin embargo operarse tanto en el modo de corriente constante como de voltaje constante (pero un solo modo a la vez, no ambos), esas fuentes son referidas como modelos de voltaje constante/corriente constante (VC/CC). Cuando se operan las fuentes de poder para dar un voltaje constante (que es el modo que se usa casi siempre) su función es exhibir las características de una fuente de voltaje constante. Esto es, una vez que se ajusta el voltaje de la fuente de voltaje constante, el voltaje de salida seleccionado debe permanecer constante en el tiempo y en respuesta a variaciones en las demandas de corriente de salida. La figura 3 6 7 1a) muestra la característica de corriente contra voltaje que debe tener toda fuente ideal de voltaje constante. Se ve que el voltaje de salida V_{sal} permanece constante para todos los valores de corriente de salida que debe suministrar la fuente (I_{sal}). Como la figura 3 6 7 1a) indica la relación $\Delta V_{sal}/\Delta I_{sal}$ es cero, una fuente de alimentación de voltaje constante ideal debe tener una resistencia de salida de cero ohms. Las fuentes típicas de poder de voltaje constante se pueden conseguir con resistencias de salida menores que 0.01 Ω a 60 HZ.

Para la aplicación ocasional que se necesite de una fuente de corriente constante (en lugar de un voltaje constante), se debe emplear una fuente de corriente constante. Así como la fuente de voltaje constante vana su corriente de salida en respuesta al cambio de resistencia de carga, la fuente de corriente constante cambia su voltaje de salida cuando cambia la resistencia de la carga.

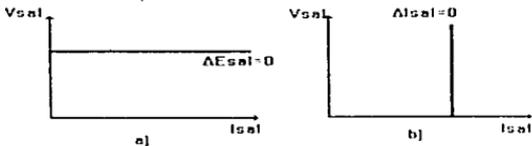


Figura 3 6 7 1 Salidas características de fuentes de alimentación ideales de voltaje (a) y corriente (b), ambos constantes

La característica I-V que muestra una fuente ideal de corriente, I_{sal} aparece constante sin importar el voltaje de salida que se necesite. Esto significa que la relación $\Delta V_{sal}/\Delta I_{sal}$ es infinitamente grande y que la resistencia de salida de una fuente de corriente constante es infinita. Las fuentes reales de

Capítulo 3. Conceptos Generales de Metrología

corriente constante tienen resistencias de salida mayores que $1 \text{ M}\Omega$. Para comprender cómo las fuente, tanto de voltaje constante como de corriente constante, pueden convertir corriente alterna a cantidades en corriente directa, analicése la figura 3 6 7 2.

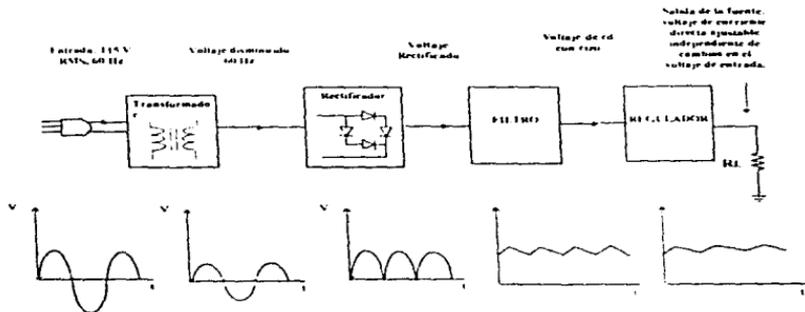


Figura 3 6 7 2 Diagrama de bloques del funcionamiento de una fuente de voltaje de corriente directa

De esta figura se ve que el voltaje de entrada de ca de 115V, primero se sube o se baja mediante un transformador. El cambio inicial de voltaje permite a la fuente de poder suministrar voltajes que pueden ser muy diferentes al de línea de 115 V. A continuación, el voltaje transformado (todavía a 60 Hz) se alimenta a un rectificador. Este rectificador convierte el voltaje de corriente alterna a un voltaje rectificado de corriente directa. (La salida del rectificador que se muestra en la figura 3 6 7 2 es una forma de onda de rectificación completa aunque también se pueden conseguir rectificadores de media onda y de pico.)

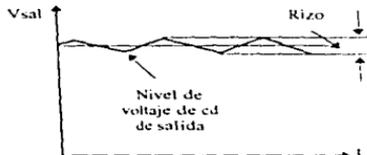


Figura 3 6 7 3 Forma de onda de corriente directa con rizo. La onda rectificada se alimenta a continuación a un filtro que suaviza la variación o rizo de la onda rectificada. Por lo tanto, la salida de un filtro es una cantidad en corriente directa con un componente

ha empleado la suficiente filtración, la magnitud del componente residual de corriente alterna es lo suficientemente pequeña como para no alterar el funcionamiento del dispositivo que toma la corriente de la fuente. La magnitud del voltaje residual de rizo en la salida de una fuente de poder se expresa en términos de su valor rms. Las fuentes comerciales típicas tienen voltajes de rizo en sus salidas que pueden ser de menos de 0.1 mV hasta aproximadamente 10 mV. El rizo de la fuente de alimentación se puede mostrar y medir con un osciloscopio.

Esta onda filtrada se puede emplear como salida de corriente directa de la fuente, pero es más útil si se agrega una modificación más. Tal como sale del filtro, el valor del voltaje de salida está determinado por el nivel de voltaje de entrada y por la construcción del transformador. No hay manera de ajustar la magnitud del nivel de salida. Además, cualquier variación en el voltaje de línea o en la corriente de la carga podría variar el nivel de salida de cd. Para instrumentos que necesitan un nivel constante de voltaje, esa variación (posiblemente mayor que la variación debida al rizo residual) podría ser demasiado grande para permitir el funcionamiento correcto. Por esas razones, se debe instalar un dispositivo de regulación para permitir ajustes del nivel de salida y mantenerlo constante, una vez que se ha seleccionado. Con ayuda del regulador, la salida de la fuente es un voltaje de dc que se puede ajustar en todo el intervalo designado.

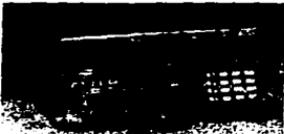


Figura 3.6.7.4 Fuentes de Alimentación

La capacidad de una fuente de alimentación para mantener constante un voltaje una vez que se ha escogido un nivel de salida se llama la capacidad de regulación. Esta cantidad se expresa en porcentaje de cambio de la salida por cada uno por ciento de cambio porcentual máximo en voltaje de salida para un cambio particular en el voltaje de entrada (generalmente 105 V a 125 V). Los valores típicos de capacidad de regulación en las diferentes fuentes de alimentación permiten un cambio de aproximadamente 0.05 por ciento en la salida para una variación de 20 V (105 V a 125 V) en la entrada.

3.6.7.1 SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN Y LIMITACIÓN DE CORRIENTE DE LAS FUENTES DE ALIMENTACIÓN.

Cuando se usa una fuente de alimentación de voltaje constante, las necesidades de corriente de la carga pueden variar. Bajo las circunstancias más extremas, como un cortocircuito en la carga, una corriente alta entregada por la fuente podría dañar seriamente tanto la carga como la misma fuente. Como protección para tal caso se incluyen limitadores electrónicos de corriente en los circuitos reguladores. Estos limitan la corriente máxima que puede pasar por la salida, sin importar el voltaje de salida que se requiera de la fuente. Al hacer esto, se asegura que la fuente de poder está siendo manejada de manera segura (en el sentido que se está evitando que se queme). Algunos modelos de fuentes de poder tienen un control limitador de corriente variable que permite que el operador seleccione la corriente máxima en cualquier valor dentro del intervalo.

3.6.7.2 ESPECIFICACIONES DE FUENTES DE PODER DE CORRIENTE DIRECTA

- 1 **Salida de corriente directa.** Describe el intervalo de corrientes o voltajes de corrientes directas disponibles en una fuente de poder en particular
- 2 **Entrada de Corriente Alterna.** Describe las características del voltaje de corriente alterna que se necesitan para operar la fuente de poder. Generalmente la entrada necesaria de ca es de $115\text{ V} \pm 10$ por ciento, de 50 a 63 Hz. Sin embargo, algunas fuentes se construyen para funcionar también con otros voltajes y frecuencias.
- 3 **Regulación de Carga.** El cambio en el voltaje de salida de cd que resulta de un cambio en la resistencia de carga, desde cero (cortocircuito) hasta el valor en el que se presenta el voltaje máximo especificado para la salida de la fuente. Los valores típicos son 0.001 al 1 por ciento.
- 4 **Regulación de línea.** El cambio en el voltaje de corriente directa de salida de la fuente que resulta de un cambio en el voltaje de entrada de la línea, desde su valor mínimo hasta su valor máximo (generalmente el cambio máximo permitido es de 105 V hasta 125 V). Típicamente, de 0.001 a 1 por ciento.
- 5 **Rizo y Ruido.** Describe el valor rms del componente de ca que permanece sin filtrar y superpuesto a la señal de salida de cd. Típicamente 50 mV a 1mV.
- 6 **Impedancia de salida.** Para una fuente de voltaje constante, la impedancia de salida debe ser muy pequeña (tiende a cero). Para una fuente de corriente constante, la impedancia de salida debe ser muy grande (tiende a infinito).
- 7 **Especificación de Temperatura.** El intervalo de temperaturas en el que se puede trabajar la fuente, conservando sus características.

3.6.8 RESISTENCIAS DECADALES

Debido a su exactitud, su larga estabilidad térmica, su bajo y uniforme coeficiente de temperatura y una relativa inmunidad a las condiciones ambientales como la humedad, las resistencias devanadas son las de tipo más convenientes para su uso en laboratorios de Metrología, de audio y radiofrecuencias bajas, sobre todo para cd.



Figura 3.6.8.1 Década de Resistencia, marca General Radio

Se diseñan resistencias para diferentes usos en ca, aunque se intentan sean solo usadas en cd, para obtener una reactancia baja y una resistencia constante a varias frecuencias. La capacitancia residual y la inductancia puede convertirse en un factor cada vez más importante dependiendo de lo relevante de la frecuencia, haciendo así que cambie el valor de la resistencia. Para frecuencias donde la resistencia y las reactancias residuales asociadas se comportan como parámetros tolerados, el circuito equivalente de un resistor es el representado en la figura 3.6.8.2. Donde L es equivalente a la inductancia en serie con la resistencia y C es equivalente a la capacitancia.

Los resistores separados de valores altos son devanados del tipo montaje superficial para un óptimo desempeño en ca, excepto las usadas en las décadas de resistencias

Un tipo de resistencia variable que se puede encontrar en los laboratorios son las décadas de resistencia. Su nombre se debe al hecho de que cada interruptor está conectado a un grupo de resistencias cuyos valores difieren de la resistencia conectada al interruptor adyacente por un factor de diez (una década). Cada interruptor se puede colocar en una de diez posiciones (marcadas de 0 a 9) y en cada posición conectará un conjunto de resistencias en serie como la figura 3 6 8 3. Estos interruptores están todos conectados entre sí de tal forma que podemos obtener un valor de resistencia deseado simplemente llevando los interruptores a sus respectivas posiciones

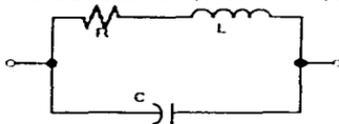
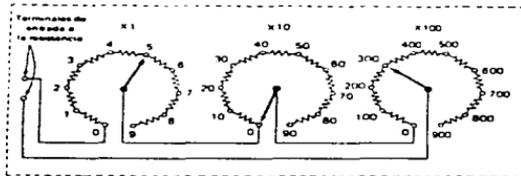


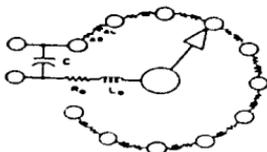
Figura 3 6 8 2 Diagrama equivalente de una resistencia decimal operada en c a

En las décadas de resistencia, las impedancias residuales en los switches, en la instalación eléctrica y gabinete es agregada a la de las resistencias mismas. Para las décadas multiplicadoras, las series de inductancias son aditivas. El efecto de la reactancia residual depende grandemente sobre la manera en que están conectados los resistores en el circuito. Por ejemplo la capacitancia frecuentemente es compensada para cuando a los resistores se le conecta en paralelo un capacitor. Para valores de resistencia altos, en las frecuencias límite, producen un error mas grande las resistencias conectadas en paralelo que las conectadas en serie.



3 6 8 3. Conexión de una década de resistencias ideal.

Para la Décadas de Resistencia marca General Radio los elementos de las resistencias son diseñados para minimizar la inductancia en valores de resistencia bajos y la minimización de la capacitancia para valores altos de resistencias. Todas las unidades por arriba de 200 ohms son utilizadas con el devanado Ayrton-Perry o bifilar. Para muchas unidades de bajo valor, la inductancia residual de este tipo de devanado es alrededor del 1 % de la correspondiente a un devanado simple. Los elementos de resistencia a partir de 500 ohms a 100 kohms son devanados unifilares, provistos con una baja inductancia y capacitancia pero para resistores separados como lo muestra la siguiente figura 3 6 8 4



3 6 8 4 Diagrama de una década de resistencia General Radio

3.7 TIPOS DE ERRORES

En las ciencias y en la ingeniería, la recolección de información significa realizar mediciones. Una vez que las mediciones han sido realizadas, ellas deben ser organizadas, evaluadas e interpretadas. Ninguna medición se puede realizar con una exactitud perfecta, pero es importante descubrir cuál es la exactitud real y cómo se generan los diferentes errores en las mediciones. Un estudio de los errores es el primer paso al buscar modos para reducirlos con objeto de establecer la exactitud de los resultados finales.

Las mediciones no son la única fuente de error, trate de escribir π o $1/3$ como un decimal exacto. No importa cuántas cifras decimales empleemos, siempre habrá un error en la representación decimal usada y esto se llama error de redondeo.

3.7.1 DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN.

- **Error Sistemático:** Un error sistemático es uno que invariablemente tiene la misma magnitud y el mismo signo bajo las mismas condiciones. Los errores sistemáticos son atribuibles a condiciones conocidas y varían de acuerdo a estas condiciones. Tales errores pueden ser evaluados y por consiguiente aplicados con signo invertido como correcciones a las cantidades medidas. Hay tres tipos de errores sistemáticos: Los naturales, los instrumentales y los personales.
- **Errores Naturales:** Los errores naturales son originados como su nombre lo indica de fenómenos naturales, ciertamente son los efectos de ciertas influencias que impide que el observador pueda correctamente "leer" directamente la cantidad, como en algunos casos cuando hay refracción de los rayos solares, cuando hay expansión térmica de materiales o cuando hay influencia de presión atmosférica o humedad.
- **Errores Instrumentales:** Los errores instrumentales son originados por las imperfecciones en la construcción o ajuste de los instrumentos cuando son empleados para realizar mediciones. Los errores de graduación en las escalas, la óptica imperfecta en los telescopios son algunos ejemplos de estos errores.
- **Errores Personales:** Los errores personales dependen de las limitaciones físicas y de los hábitos del observador, quien tiende a tener un retraso auditivo u observar ligeramente por la derecha cuando realiza una observación, son ejemplos de como estos errores modifican la medición.

- **Detectando errores sistemáticos:** Cuando se realiza una medición, es importante prevenir los errores sistemáticos que afectan la exactitud del resultado final. La posibilidad que un error sistemático particular exista solo puede ser detectado después de un cuidadoso análisis de los métodos empleados. Una vez que los errores sistemáticos son conocidos, las correcciones no son difíciles de realizar, sin embargo la detección depende de las precauciones del observador y del conocimiento que los diferentes tipos de error tenga, así como de los factores personales que pueden influenciar sus procedimientos.
- **Errores aleatorios:** Los errores aleatorios o accidentales usualmente son pequeños y tienen la misma tendencia a ser mutuamente compensados. Su presencia es indicada cuando en una serie de mediciones hay discrepancias. Los errores aleatorios pueden ser de signo positivo o negativo, la posibilidad que sea de un signo o del otro es la misma.

3.7.2 EXACTITUD Y REPETIBILIDAD

Los términos de exactitud y precisión, son términos que a menudo se utilizan indistintamente, pero esto causa confusión, ya que el significado de cada uno es completamente diferente. De acuerdo al vocabulario de Metrología no se debe de usar la palabra "precisión", y en su lugar se debe de utilizar el vocablo "repetibilidad". Por definición "exactitud" es la desviación del valor medido al valor de un patrón de referencia tomado como verdadero y "repetibilidad" es la diferencia de una medición a otra, o al promedio de una serie de valores cuando la medición es reproducida.

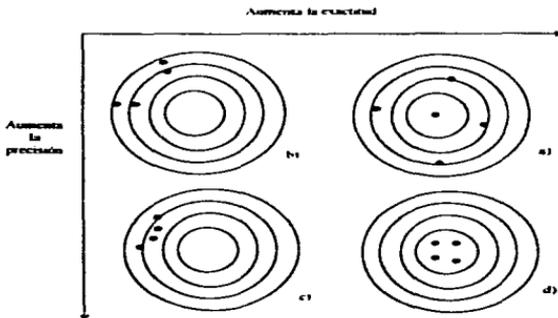


Figura 3.7.2.1 Ejemplos de exactitud y repetibilidad.

Consideremos los dibujos del tiro al blanco mostrados en la figura. 3.7.2.1. En esta figura, el blanco (d) nos dice que los disparos son exactos y repetibles, pues hay varios disparos que dieron en el centro y además ellos están agrupados; en el blanco (c), nos dice que los disparos son repetibles pero no exactos, puesto que se encuentran muy agrupados, pero ninguno dio en el centro; el blanco (a) nos dice que los disparos son exactos pero no repetibles, porque alguno al

menos dio en el centro, pero la separación entre ellos es muy grande, y por último, en el blanco (b) tenemos unos disparos que no son repetibles ni exactos, porque se encuentran muy dispersos y ninguno dio en el centro.

La repetibilidad, entonces, es un indicador del grado de cuidado puesto en la operación, esto es, la atención, la cautela y el empeño que se ponga en la realización de un método de medición.

3.7.3 ERRORES Y CORRECCIONES

La palabra error ha sido nombrada en varias ocasiones pero no hemos dado una buena definición.

Error es la diferencia algebraica entre el valor indicado, el valor nominal o lectura desconocida y el valor verdadero, valor actual o lectura patrón.

En representación matemática tenemos que:

$$E = I_x - I_v$$

Donde: E = Error
I_x = Valor indicado, nominal o lectura desconocida
I_v = Valor verdadero, actual o lectura patrón

El error es determinado por la fórmula es expresado en unidades definidas tales como el volt, ohm o ampere, y es mejor conocido como error absoluto.

Otra forma de representar el error, que por lo general es la forma más conocida o empleada, es la del error relativo el cual es representado en forma de porcentaje o partes por millón, y que es matemáticamente representado como sigue:

$$E = \frac{I_x - I_v}{I_v} \cdot 100$$

Donde E = Error relativo
I_x = Valor indicado, nominal o lectura desconocida
I_v = Valor verdadero, actual o lectura patrón

Una vez que ha sido definido, el puede ser empleado para transferir la exactitud o la incertidumbre al dispositivo o medición, empleando ahora en lugar del error la corrección, la cual es definida como:

$$I_v = I_x + C$$

de echo, esta fórmula proviene de emplear la fórmula de error absoluto.

3.7.4 CURVAS DE DENSIDAD - FRECUENCIA

Ya que el histograma es una gráfica de la frecuencia de ocurrencia, para cada valor o grupo de valores, nos da una representación de densidad-frecuencia. Las líneas continuas que conectan los valores medios de la parte superior del rectángulo forman la curva densidad-frecuencia, como la mostrada en la figura 3.7.4.1

Todos los tipos de sucesos aleatorios siguen la misma ley de distribución o forma, como cuando empleamos un lápiz y lo tiramos sobre un suelo varias ocasiones. Si repetimos el experimento, es muy probable, que los puntos caigan bajo la misma curva. El área bajo la curva es

finita y representa en su totalidad, la probabilidad de que el disparo del lápiz carga en ella, esta área representa la unidad

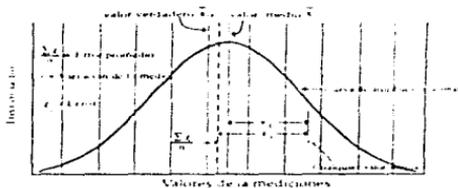


Figura 3.7.4.1 Curva densidad-frecuencia

También, el número de caídas del lápiz que puede probablemente ocurrir entre esos límites, es la parte proporcional del área total de la curva que está entre esos límites

3.7.5 CURVA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL

La curva de distribución normal, tiene una curva en forma de campana. Esta curva, es la curva de densidad-frecuencia de una distribución normal y es conocida como curva de Gauss o curva probabilista normal

Cuando una gráfica caida de lápices o variaciones en mediciones, la curva tiende a tener la forma de campana, y las relaciones de las observaciones individuales al valor medio tiende a mostrar ciertas características estables. Cuando realiza múltiples mediciones de una cantidad, las variaciones del valor promedio tiene las siguientes características:

1. Variaciones, pequeñas del valor medio o blanco, ocurren más frecuentemente, que variaciones grandes.
2. Variaciones positivas y negativas del mismo tamaño son iguales en número, por lo que la curva es simétrica alrededor del eje "y".
3. Variaciones grandes, raramente ocurren.

Matemáticamente la curva de probabilidad normal es expresada como

$$y = (h / \sqrt{\pi}) e^{-x^2}$$

3.7.6 CONFIANZA QUE PROPORCIONA LA DISTRIBUCIÓN NORMAL

Cuando tenemos un número de mediciones (nuestra muestra), y la curva de densidad-frecuencia tiene una forma como la proporcionada por una curva de densidad-frecuencia normal (de la población), entonces, podemos suponer que nuestra muestra puede ser propicia para aplicarle un tratamiento estadístico, esto es, que podemos aplicarle las reglas de la probabilidad normal. Podemos decir, el valor medio de nuestra muestra es el mejor valor disponible, que nuestras variaciones con respecto a ese valor medio, nos da nuestra incertidumbre, así como otras cosas útiles, que son características de un grupo infinito de mediciones.

Por que no podemos realizar un número infinito de mediciones, cada vez que necesitamos medir un valor, no solo realizamos unos cuantos. Examinamos la distribución de unos cuantos resultados (nuestra muestra) para ver, si hay similitud con la curva de distribución (normal) de la población total. Podemos hacer esto, simplemente graficando su histograma y la curva para conocer la forma de nuestra muestra.

3.7.7 TEORÍA PROBABILÍSTICA DE ERRORES

3.7.7.1 ERROR CUADRÁTICO MEDIO.

Para cuando nos preguntamos, Como vamos a estimar la incertidumbre de una medición? es decir, su repetibilidad y por consiguiente su exactitud. Podemos usar como una medida de la repetibilidad el error cuadrático medio (la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de los errores) el cual es definido como

$$\left[\frac{e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + \dots + e_n^2}{n} \right]^{1/2} = \left[\frac{\sum e_i^2}{n} \right]^{1/2}$$

Este es el error cuadrático medio de cualquier simple observación del conjunto

3.7.7.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

Ya que no podemos conocer los valores de los errores X_1, X_2, X_3, \dots nosotros empleamos valores que si conocemos, los residuales V_1, V_2, V_3, \dots

Previamente habíamos visto que

$$V_i = X_i - \bar{X}$$

V_i = Cualquier residual

X_i = Error correspondiente

$\sum \frac{V_i}{n}$ = Error medio

Si trabajamos esta relación dentro de la ecuación de la curva de probabilidad normal, aunque esto, es posible establecer que el error cuadrático medio (Que involucra a los errores) y la desviación estándar (Que involucra a los residuales) no son iguales. Mientras que el error cuadrático medio de cualquier observación de un conjunto es $\sqrt{\frac{\sum e_i^2}{n}}$ la desviación estándar para cualquier simple medición está definida como:

$$\left[\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_n^2}{n - 1} \right]^{1/2} = \left[\sum \frac{v_i^2}{n - 1} \right]^{1/2} = \sigma_1$$

A pesar de la ligera diferencia, el término error cuadrático medio es frecuentemente designado como es, en lugar del término más apropiado "Variancia cuadrática media", "Desviación cuadrática media" o simplemente desviación estándar (de cualquier simple medición de un conjunto). Algunas veces decimos que es describe a la siguiente medición del conjunto que se está realizando (o cualquiera de las que se han realizado). La expresión describe una medición individual hecha bajo las mismas circunstancias, atribuyendo al valor individual la calidad que se deriva del grupo. Cuando se usa la forma X_i algunas veces el valor de n es declarado como

$[\sum v^2/n]^{1/2}$ en lugar de $[\sum v^2/n - 1]^{1/2}$. La diferencia de estas dos formas, es menos importante, tanto como "n" se incrementa. Esto también explica, porque hablar del error cuadrático medio y desviación estándar son sinónimos y equivalentes.

3.7.7.3 DESVIACION ESTÁNDAR DE LA POBLACIÓN:

La desviación estándar de la población está relacionada con la desviación estándar de la muestra, de la siguiente manera:

$$\sigma_s (\text{muestra}) = D.S. (\text{población}) / n$$

Donde "n" es el número de valores de la muestra.

Aunque la D.S. de la población no es muy empleada, nos es útil para describir las potencialidades de un instrumento o procedimiento, en algunas situaciones en que requerimos estimar el comportamiento de la población considerando solo los datos de la muestra que conocemos.

3.7.7.4 ERROR ESTÁNDAR:

Frecuentemente queremos conocer algo sobre la incertidumbre de la media aritmética. Puede ser razonado que la incertidumbre de la media aritmética de una serie de mediciones es mucho menor que la de cualquier simple medición. En efecto, ha sido determinado que el "error cuadrático medio" de la media aritmética de un conjunto, es propiamente, el error cuadrático medio de cualquier simple medición, dividida por la raíz cuadrada del número de mediciones. No podemos hablar de esto, como la desviación estándar, pero si lo podemos llamar "el error estándar" (de la media), esto numéricamente, puede ser declarado como:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_s}{\sqrt{n}} = \left\{ \frac{\sum v^2}{n(n-1)} \right\}^{1/2} = \left\{ \frac{\sum v^2}{n(n)} \right\}^{1/2} = \left\{ \frac{\sum v^2}{n} \right\}^{1/2}$$

donde

σ_m - error estándar

σ_s - Desviación Estándar

El valor de σ_s puede ser conocido como el error sigma, el error cuadrático medio o la desviación estándar.

El error estándar σ_m , es algunas veces llamado el error sigma de la media. Por lo que se debe ser cauteloso en el empleo de ambos términos.

3.7.7.5 SIGNIFICADO DEL ERROR ESTÁNDAR:

Supongámonos que un conjunto de mediciones ha sido realizado, la media (\bar{x}) de los varios valores ha sido calculado, y es el mejor valor que describe la muestra. La desviación estándar (σ_s) de la muestra fue también encontrada, la cual describe la dispersión y la distribución de los valores en la muestra. Esto es verdadero, porque presuponemos que la muestra fue cuidadosamente seleccionada, como una muestra representativa y se espera que tenga distribución normal. Entonces σ_s describe donde los valores individuales están dentro de la muestra y describe la "normalidad" de su dispersión.

Pero para describir el valor medio (\bar{x}) empleamos el error estándar (σ_m), pero depende del valor de "n" porque grandes valores tienden a disminuir este error de la media. Tanto como "n" se

Capítulo 3. Conceptos Generales de Metrología

acerque al infinito, \bar{x}_m se acerca a cero, y la media de la muestra debe acercarse a la media de la población de las mediciones.

Entonces el error estándar es un indicativo de la cercanía de la media de la muestra con la media de la población y por consiguiente con el valor verdadero. Esta medida de cuantificar nuestra cercanía al valor correcto es la base con la que empleamos un τ , τ menor que un infinito de mediciones, de hecho relativamente, de unos cuantos. Esto, a su vez, es la llave para las mediciones estadísticas.

3.7.7.6 USOS DEL ERROR ESTÁNDAR.

Supóngase que varias muestras o conjuntos de mediciones son realizadas, cada una muestra apropiadamente la población bajo estudio. Entonces, la media de esas varias muestras, forman una distribución cuya desviación estándar es llamada el error estándar (de los conjuntos). Se puede razonar que la media de dos conjuntos, será mejor que la media de cada muestra, de igual forma la media de las medias de varios conjuntos, puede esperarse que se acerca más a la media de la población.

Entonces los valores medios de cada uno de esos juegos, pueden constituir un conjunto normalmente distribuido de valores medios, el cual a su vez tendrá una desviación estándar y un error estándar. La figura 3 7 7 6 1 ilustra estos conceptos.

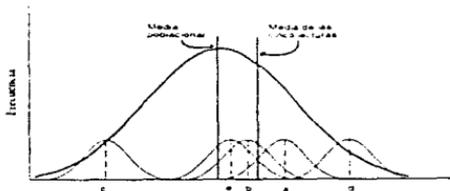


Figura 3 7 7 6 1 Usos del error estándar

3.7.7.7 SIGNIFICADO DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR Y EL ERROR ESTÁNDAR.

La desviación estándar (σ) nos dice que cualquier medición individual (que puede ser la siguiente medición) de nuestra muestra o conjunto, tiene una probabilidad del 68.3% de caer dentro de $\pm \sigma$, 95.5% de probabilidad de que este dentro de $\pm 2\sigma$, y así sucesivamente. Esto se hace, después de que hemos establecido que no hay errores sistemáticos y que la muestra está uniformemente distribuida.

El error estándar (σ_m) nos dice que el conjunto en sí mismo, tiene una repetibilidad como conjunto, para un \bar{x}_m pequeño, significa que la muestra está estrechamente agrupada y así sucesivamente. Pero también significa que otra muestra similar de la misma población tendrá un 68.3% de probabilidad de caer dentro de $\pm \sigma_m$ de la muestra presente.

Esta situación nos lleva a creer que la \bar{x}_m de cualquier muestra (incluyendo la muestra) tiene la probabilidad del 68.3% de caer dentro del $\pm \sigma_m$ de la media de las medias de todos los

conjuntos, y también de la media de la población completa de esas mediciones. Esto nos da la certeza (dentro de los límites de confianza establecido) de estar a una cierta distancia conocida del valor verdadero.

Nuestro cálculo de error estándar, nos permite tener directamente una certeza de nuestro trabajo de mediciones y podemos decir que: el resultado de nuestras mediciones ya sea de un solo conjunto, aun de una muestra pequeña, que estamos 68.3% seguros, 95.5% seguros, de que nuestra media cae entre $\pm ns$, $\pm 2ns$ o $\pm 3ns$ del valor verdadero de la cantidad.

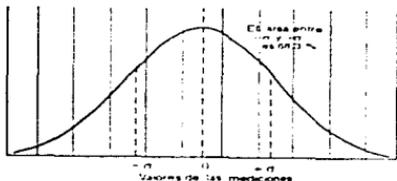


Figura 3.7.7.1 Error sigma ($\pm ns$)

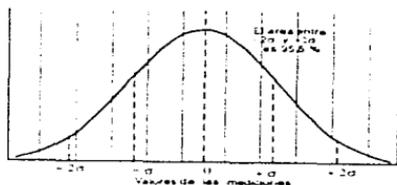


Figura 3.7.7.2 Error de dos sigmas ($\pm 2ns$)

Esto es materialmente todo de nuestro estudio de teoría de errores, y esto hace que las mediciones estadísticas sean una gran herramienta para el metrologo.

La siguiente tabla resume lo expuesto y se incluyen algunos otros.

Nombre del error	Símbolo	Valor	% Certeza	Probabilidad de un error mayor
Probable	E_p	0.6745ns	50	1 de 2
Desviación estándar	ns	1.0 ns	68.3	1 de 3
90 %	E_{90}	1.6449ns	90	1 de 10
2 sigma o 95.5% de error	$2ns$	$2ns$ o $3E_p$	95.5	1 de 20
3 sigma o 99.7% de error	$3ns$	$3ns$	99.7	1 de 370
Máximo	E_{max}	$3.29 ns$	99.9	1 de 100

¹ Nota: los valores de esta tabla son válidos solo si el tamaño de la muestra es de 20 o mayor. Deben ser empleados con cuidado si la muestra es menor.

3.8 INTERPRETACIÓN DE ESPECIFICACIONES

Las especificaciones de instrumentos de medición o generación, son una fuente de información que permite el análisis de incertidumbre, como se verá en el 3.9 de aquí la importancia de dar una interpretación correcta a los valores que se marcan en el manual de instrucciones proporcionados por el fabricante

Para una lectura o indicación de un instrumento, se le permite asignar un intervalo de tolerancia donde el fabricante asegura que el valor verdadero de la magnitud bajo medición está contenido dentro de ese intervalo, en caso de que salga de esta tolerancia se dice que el instrumento está fuera de especificaciones por lo que se tendrá que recurrir al mantenimiento o ajuste de el instrumento

Para dejar mas claro lo anterior presentamos a continuación varios ejemplos de instrumentos donde sus especificaciones están dadas en porcentaje a plena escala, porcentaje de la lectura, porcentaje del intervalo y partes por millón del intervalo

EJEMPLO 1:

DATOS DEL INSTRUMENTO

- Multímetro Analógico
- Exactitud : 2% a Plena Escala (PE)
- Intervalo 2.5 V
- Lectura 1.25 V
- Partiendo de la fórmula

$$E_i = \frac{\text{Intervalo} \cdot \text{Exactitud}}{100}$$

Donde E_i = Especificaciones del intervalo
 E = Especificaciones en porcentaje

De la lectura a plena escala tenemos $E_i = \frac{2.5 \cdot 2}{100} = 0.05$

Entonces nos quedaria para nuestra lectura

$$E_i = 1.25 \pm 0.05 \text{ V}$$

Pero debemos tomar en cuenta que estas especificaciones expresadas en porcentaje a plena escala varia a lo largo de cada punto de la escala, puesto que el $\pm 0.05 \text{ V}$ será el mismo para todos los puntos del intervalo. Es por esto que es recomendable presentar sus especificaciones en porcentaje de la lectura, por ejemplo

$$E_s = \frac{0.05 \cdot 100}{1.25} = 4\%$$

Por lo tanto representaríamos las especificaciones como

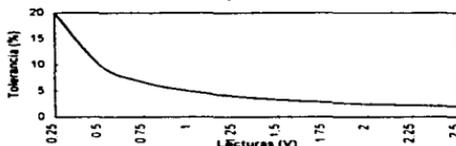
$$E_i = 1.25 \pm 4\%$$

Para ver mas claramente este comportamiento tomaremos varios lecturas del mismo intervalo, sacando sus especificaciones en porcentaje y la tabla siguiente nos mostrará su comportamiento :

Lecturas en (V)	Tolerancia en %
0.25	20.00
0.50	10.00
0.75	6.67

1.00	5.00
1.25	4.00
1.50	3.33
1.75	2.86
2.00	2.50
2.25	2.22
2.50	2.00

Comportamiento del Multímetro Analógico Simpson 270



Para ser más claros mencionaremos que la tolerancia de todo el intervalo será el mismo en magnitud, pero no en porcentaje de la lectura, en la anterior gráfica se muestra el comportamiento de las especificaciones de un multímetro analógico Simpson 270. Con lo cual podemos ver que mientras se realicen lecturas pequeñas dentro de un intervalo la tolerancia será mayor y conforme se aumenta el valor de las lecturas la tolerancia disminuye. Así el comportamiento de la tolerancia con respecto a las lecturas a lo largo de un intervalo de un instrumento analógico es de manera inversamente proporcional.

EJEMPLO 2

DATOS DEL INSTRUMENTO

Multímetro : Digital

Marca : Fluke.

Modelo : 87

Exactitud : \pm (0,7 % de Lectura + 2 Dígitos) solo para 50 a 60 Hz.

Intervalo : 40 Vca.

Resolución : 4 1/2 Dígitos = 0,01 Vca.

Lectura a plena escala: 40,00 Vca.

Lectura: 19,73 Vca.

Frecuencia : 60 Hz.

Partiendo de la fórmula:

$$E_t = \frac{\text{Lectura} \cdot \text{Exactitud}}{100}$$

Donde E_1 = Especificaciones de la lectura

E_2 = Especificación de la resolución

E_t = Especificaciones totales

De la lectura tenemos:

$$E_t = \frac{19,73 \cdot 0,7}{100} = 0,13811 \text{ V}$$

Para los dígitos tendremos

$$E_2 = \text{Número de dígitos} \cdot \text{Resolución}$$

$$E_2 = 2 \cdot 0.01 = 0.02 \text{ V}$$

Para obtener las especificaciones totales tenemos

$$E_T = E_1 + E_2$$

$$E_T = 0.13811 + 0.02 = 0.15811 \text{ V}$$

1) Entonces declaramos las especificaciones de la siguiente forma

$$E_T = 19.73 \pm 0.1581 \text{ V}$$

Para cuando tenemos instrumentos digitales que también involucren una cierta exactitud del intervalo y no solo de la lectura, las especificaciones se interpretarán de la siguiente manera

EJEMPLO 3.

DATOS DEL INSTRUMENTO

Electrómetro Digital

Marca Keithley

Modelo 616

Exactitud \pm (0,5 % de Lectura + 0.1 % del Intervalo)

Intervalo 10 mA

Resolución 3 1/2 dígitos = 0,01

Lectura 3.57 mA

Partiendo de la fórmula

$$E_L = \frac{\text{Lectura} \cdot \text{Exactitud}}{100}$$

De la lectura tenemos

$$E_L = \frac{3.57 \cdot 0.5}{100} = 0.01785 \text{ mA}$$

Del intervalo será

$$E_I = \frac{\text{Intervalo} \cdot \text{Exactitud}}{100}$$

Del intervalo tenemos

$$E_I = \frac{10 \cdot 0.1}{100} = 0.01 \text{ mA}$$

De la suma de nuestras especificaciones totales tenemos

$$E_T = E_L + E_I$$

$$E_T = 0.01785 + 0.01 = 0.02785 \text{ mA}$$

Entonces nuestras especificaciones serían:

$$E_T = 3.57 \pm 0.03 \text{ V}$$

Donde: E_L = Especificaciones de la lectura

E_I = Especificaciones del intervalo

E_T = Especificaciones totales

EJEMPLO 4 :

Tomemos ahora un Calibrador Universal modelo 5700A para lo cual se asume que proporciona a la salida lecturas constantes

DATOS DEL INSTRUMENTO

Calibrador Universal Digital

Modelo 5700A

Exactitud \pm (6.5 ppm de la salida + 0.75 μV)

Intervalo : 200 mV

Resolución : 10 nV

Lectura : 200 mV

Es importante definir a cuanto equivale una ppm (partes por millón) y expresarla en % (porcentaje) para que resulten mas comodos los cálculos.

Si 10 000 ppm son iguales a 1 % entonces 6.5 ppm serán igual a 0.00065 %.
Entonces ya podremos comenzar a realizar nuestros cálculos :

Partiendo de la fórmula

$$E_s = \frac{\text{Salida} \cdot \text{Exactitud}}{100}$$

De la Salida tenemos

$$E_s = \frac{(200 \cdot 0.00065)}{100} + 0.75 \mu V = 0.00205 mV$$

Las especificaciones en porcentaje serán

$$E_n = \frac{(\text{Especificaciones}(mV) \cdot 100)}{\text{Lectura}}$$

$$E_n = \frac{(0.00205 \cdot 100)}{200} = 0.001025\%$$

Las especificaciones las podemos presentar como

$$E_t = 200 mV \pm 0.001025\%$$

E_s = Especificaciones de la salida

E_n = Especificaciones en porcentaje

E_t = Especificaciones totales

Veamos ahora otro ejemplo para otro intervalo del calibrador universal:

EJEMPLO 5

DATOS DEL INSTRUMENTO

Calibrador Universal digital

Modelo: 5700A

Exactitud : \pm (3.5 ppm de la salida + 6 μV).

Intervalo : 22 V

Resolución : = 10 μV

Lectura : 18 V.

Capítulo 3. Conceptos Generales de Metrología

Como ya se tiene claro el concepto de las partes por millón, tenemos
Partiendo de la fórmula

$$E_s = \frac{\text{Salida} \cdot \text{Exactitud}}{100}$$

De la salida tenemos $E_s = \frac{(18 \cdot 0.00035)}{100} + 6 \mu\text{A} = 0.000069\mu$

Las especificaciones en porcentaje serán

$$E_s = \frac{(\text{Especificaciones } [V] \cdot 100)}{\text{Lectura}}$$

Especificaciones totales $E_s = \frac{(0.000069 \cdot 100)}{18} = 0.000383\%$

Las especificaciones las podemos presentar como

$$E_s = 18 \text{ V} \pm 0.000383\%$$

3.9 CALCULO DE INCERTIDUMBRES

En el proceso de medición además de tomar en cuenta los errores, es también importante el conocer el grado de incertidumbre con la cual se está desarrollando una medición, para lo cual daremos algunas definiciones y posteriormente entraremos al cálculo de incertidumbres. Debemos tener muy en cuenta el distinto significado que tienen los errores y las incertidumbres. Aunque ya dimos la definición de error daremos a continuación una que se apega a la comparación requerida.

Error de Medición. Es el resultado de la sustracción del valor medido al valor convencional que se supone es verdadero. El error no es la incertidumbre en la medición. Si este error o desviación es conocido, pero se sabe que se encuentra dentro de cierto intervalo, esta última información se utiliza para la evaluación de la incertidumbre. En estos errores suelen clasificarse según su comportamiento en errores aleatorios o en errores sistemáticos, pudiendo clasificarse estos últimos en dos categorías, la débil y la estricta según su origen y posibilidad de aleatorización.

Incertidumbre en la medición. Es la duda, que tiene la persona que mide, acerca de la calidad y reproducibilidad de los valores que informa. Prácticamente, se cuantifica mediante un procedimiento convencional aceptado, validado y se informa como un parámetro asociado al valor del resultado. Se utilizan algunos conceptos estadísticos para su cuantificación. La evaluación debe de tomar en cuenta la variabilidad a corto plazo, normalmente mediante la desviación estándar de todos los factores de influencia y las magnitudes independientes, y la información disponible acerca del proceso de medición. La incertidumbre es una duda acerca de un resultado relacionado con la utilización del mismo. No pueden existir incertidumbres aleatorias o sistemáticas (como en el caso de los errores) ya que el concepto no pertenece ni a la medición, ni al dominio matemático, sino a su proceso de obtención y a su utilización práctica.

Corrección. Valor agregado algebraicamente al valor del resultado sin corregir para compensar por una desviación o error sistemático conocido o calculable. Para todas las mediciones, se supone que se realizan todas las correcciones deterministas sea por razones de escala, variables de influencia, sea por razones de no linealidad u otros. Cuando la información es incompleta, la

corrección puede ser incompleta. Los residuos de corrección forman parte de los componentes de la incertidumbre compuesta. A falta de información, se le puede asociar, mediante un proceso convencional y convenido, una incertidumbre. La evaluación de incertidumbre se realiza para el valor del mesurando después de aplicar todas las correcciones.

Incertidumbre Tipo A. Es aquella cuya incertidumbre se evalúa mediante el análisis estadístico de una serie de observaciones. Se obtiene mediante repeticiones del proceso de medición.

Incertidumbre Tipo B. Es aquella cuya incertidumbre se evalúa por otro medio que no sea el análisis estadístico de una serie de evaluaciones. Utilizando otras fuentes de información, como datos de los instrumentos que participan en la medición.

Incertidumbre estándar. Incertidumbre relacionada con el valor de un mesurando o variable de influencia expresado como desviación estándar.

Incertidumbre estándar compuesta. La incertidumbre estándar relacionada con el resultado de una medición cuando el valor numérico del mesurando se obtiene mediante la medición de otras magnitudes. Todas las incertidumbres en las variables se estiman mediante el mismo proceso de cuantificación, utilizando una unidad conceptual única de dispersión o falta de nitidez. La desviación estándar. Luego, se componen por un proceso de concatenación definido, tomando en cuenta todas las incertidumbres en las variables. A cualquier valor numérico, aunque sea de lectura directa, se le puede y debe asociar incertidumbres de dos fuentes de vaguedad o carencia de información; la primera puede ser de origen estadístico por la repetibilidad que puede lograrse en unas cuantas condiciones determinadas, y la segunda, relacionada con la incertidumbre de la calibración del instrumento, es decir en la realización específica de la disseminación de la Unidad Física, tal como se logra en el instrumento particular utilizado.

Incertidumbre expandida. Es el producto de la incertidumbre estándar compuesta por el factor de cobertura. Se utiliza el resultado como parámetro que define el medio intervalo dentro del cual se espera que se encuentre el valor convencional con un cierto nivel de confianza, aunque este último no este cuantificado y/o enunciado.

Estado de control estadístico. Se dice que un proceso está en control estadístico cuando las variaciones observadas de los valores del mesurando son debidas a eventos incontrolables aleatorios que presentan parámetros independientes del tiempo.

3.9.1 PRELIMINARES.

La evaluación de la incertidumbre que puede asociarse a los valores obtenidos mediante un proceso de medición, debe efectuarse, exclusivamente si, cumplen una serie de requisitos que se enuncian a continuación:

Personal. La personas que realizan el análisis de incertidumbre deben tener un buen conocimiento del proceso de medición, de sus limitaciones, así como de la naturaleza de las magnitudes que deben medirse. Además, deben conocer el propósito de la medición y del uso último que se le da.

Proceso. La instalación, los recursos, el tipo de equipos, los aditamentos y las condiciones ambientales deben estar definidas, así como sus posibles variaciones. El proceso debe estar definido, describible y en control estadístico.

Capítulo 3. Conceptos Generales de Metrología

Instrumentos y equipos. Los tipos de instrumentos y de los equipos deben ser estipulados. El comportamiento de los mismos, a largo plazo, así como bajo la acción de las variables de influencia, deben de ser conocidos o por lo menos enmarcados dentro de ciertos valores.

3.9.2 MÉTODO DE EVALUACIÓN

Pueden presentarse varios casos según las necesidades definidas por la utilización de los valores de las mediciones. En los casos que se necesita realizar una evaluación de incertidumbre con la máxima exactitud como sea posible por las razones que corresponden, como por ejemplo la necesidad de informar de la incertidumbre mínima o bien de evaluar la capacidad de un proceso de medición:

• Cuantificación de las incertidumbres de las variables

Según la información que se disponga, la evaluación de la importancia de las incertidumbres estándares asociadas a cada magnitud independientes y de las variables de influencia puede ser del tipo A o del tipo B.

Para las variables de las cuales puede estimarse una parte de la incertidumbre asociada al mesurando mediante la evaluación tipo A, se reconocen dos situaciones diferentes:

- Cuando se quiere informar de la incertidumbre que tiene un valor determinado único, se utiliza la media como valor central convencional y la desviación estándar muestral de la serie de datos obtenidos por repeticiones de medición. En todos los casos, se registra los grados de libertad de la muestra.
- Cuando la determinación del mesurando se logra mediante la medición de las magnitudes independientes, y realizando una regresión estadística, se utiliza la desviación estándar de los valores medios tal como se calcula con los residuos de regresión. En todos los casos, se registra los grados de libertad de la muestra.

Por razones de costo y tiempo no es posible evaluar todas las magnitudes de las incertidumbres mediante la evaluación del tipo A. Sin embargo, es muy común que se disponga de un acervo bastante completo del comportamiento del proceso de medición. Se utilizara esta información que resulta tan válida como la que se obtiene mediante las repeticiones de medición. A las incertidumbres que se quieren evaluar, se les deben asociar una distribución determinada que puede ser normal, rectangular u otra como se estima que sea más representativo de la realidad.

3.9.3 FUENTES DE INCERTIDUMBRE

Las posibles fuentes de incertidumbre que pueden contemplarse, se enlistan a continuación:

- Variedad aleatoria de proceso de medición con cambios rápidos y que se reflejan, normalmente, en la dispersión de los valores del mesurando en las repeticiones de medición. En este caso la incertidumbre se evalúa como tipo A. Se toma la desviación estándar muestral como medida de su importancia. La variabilidad aleatoria con cambios lentos se pueden estimar mediante los registros de medición de patrones, de verificación, materiales de referencia y otros. Como se utilizan datos históricos para la cuantificación, la evaluación de la importancia de la incertidumbre es del tipo B.
 - Incertidumbre asociada con los valores de los patrones y materiales de referencia y los valores proporcionados, por los instrumentos. La fuente de información común son los informes de
-

confirmación metroológica, los estudios de estabilidad y deriva de los valores realizados por los fabricantes de los patrones. Estas son siempre de tipo f3

- c) **Variables de influencia** como son, por ejemplo, la temperatura ambiental, la humedad ambiental, la presión atmosférica, las fluctuaciones de la alimentación eléctrica u otras, las vibraciones, los ruidos acústicos, el polvo en el ambiente, la radiaciones electromagnéticas y otros factores pueden afectar los resultados
- d) **Las inestabilidades debidas**, a derivas en equipos patrones. Cuando estas son bien determinadas y existen evidencia de su constancia, se pueden efectuar correcciones para reducir la vaguedad de los valores obtenidos
- e) **Incertidumbre por el muestreo** que se realiza sobre una población. La cuantificación de esta incertidumbre depende de la distribución que presenta el lote donde se escoga la muestra de tamaño n
- f) **Incertidumbre relacionada con la reducción de datos**. Estas se relacionan normalmente, con la lectura de gráficas para obtener factores de corrección, con los errores de redondeo con la falta de exactitud de los números utilizados en computadoras
- g) **Incertidumbre debida al modelado**. Es frecuente que se efectuen suposiciones para establecer el modelo. Se suprimen terminos cuando se estima que tiene una influencia muy pequeña en el resultado final. Los errores que pueden presentarse por estas causas siempre son sistemáticos
- h) **Incertidumbre relacionada con la intrusión**, es decir las perturbaciones del mensurando por la presencia del sensor y la colocación, es decir la posible no representatividad de los valores del mensurando en relación con el propósito de la medición
- i) **Incertidumbre producida por la resolución limitada de los instrumentos**. Se aplica tanto a los equipos de presentación digital como a los instrumentos analógicos
- j) **Incertidumbre asociada a los problemas de fricción en partes mecánicas o materiales y de histeresis en materiales**. Suelen presentar una distribución bimodal

No se incluyen los errores y las equivocaciones que pueden generarse por cálculos, mal registro de valores, una mala lectura y otros que no sean parte del proceso de medición. No significa que no tienen importancia, pero se supone que existe un sistema de control que detecta este tipo de errores, y los elimina antes que se transmitan los resultados a los usuarios

3.9.4 LEY DE PROPAGACIÓN DE INCERTIDUMBRES.

El mensurando Y , o sea la magnitud sujeta a medición, en algunos casos no se mide en forma directa, sino que se determina en función de otras magnitudes X_1, X_2, \dots, X_n a través de

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

La función f es un modelo del sistema de medición y debe contener todas las magnitudes que puedan contribuir de manera significativa a la incertidumbre del resultado de la medición

Dado que no es posible conocer exactamente los valores verdaderos de las magnitudes X_1, X_2, \dots, X_n , en la práctica se emplea

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

donde y es la estimación de Y en función de las x_i que son la correspondiente estimación de X_i . Estas estimaciones tienen asociadas incertidumbres, lo cual redundará en una incertidumbre en y , de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i) u(x_j) r(x_i, x_j) \quad (2)$$

Donde $u(y)$ se define como la incertidumbre estándar combinada del resultado de la medición y $u(x_i)$ es la incertidumbre estándar de x_i , y $r(x_i, x_j)$ es el coeficiente de correlación entre x_i y x_j .

3.9.5 CLASIFICACIÓN DE COMPONENTES DE INCERTIDUMBRE ESTÁNDAR.

La incertidumbre del resultado de una medición, por lo general, consiste de varios componentes los cuales, se agrupan en dos categorías de acuerdo al método utilizado para estimar sus valores numéricos

TIPO A Aquellas cuya incertidumbre estándar se evalúa por medio de análisis estadístico de una serie de observaciones.

TIPO B Aquellas cuya incertidumbre estándar se evalúa por medios diferentes que un análisis estadístico de una serie de observaciones.

Está clasificación se basa en la forma de como se han obtenido las incertidumbres.

3.9.5.1 Evaluación de Incertidumbre Tipo A.

Sea X una magnitud medida, la cual se estima a partir de n observaciones independientes q_i . La mejor estimación \bar{x} de X es la media de las n observaciones q_i , definida como

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i \quad (3)$$

La varianza estimada de las n observaciones independientes q_i , se define como

$$s^2(q_i) = \frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{n-1} \quad (4)$$

y la desviación estándar estimada $s(q_i)$ para cualesquiera de la "n" observaciones individuales es:

$$s(q_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{n-1}} \quad (5)$$

la incertidumbre tipo A, que es la desviación estándar estimada de la media \bar{x} es igual a

$$U_A = s(q) \cdot \frac{\sqrt{q}}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

Con frecuencia se piensa que la incertidumbre tipo A por haber sido determinada por métodos estadísticos, se conoce mejor que las tipo B. Sin embargo, no es así, ya que cualquier incertidumbre basada en una muestra finita de "n" mediciones tiene en sí misma una incertidumbre estadística implícita. Así que se debe tener presente que las estimaciones tipo A pueden ser poco confiables si el número de mediciones es pequeño.

La incertidumbre sobre la desviación estándar es:

$$u_{s(q)} = \frac{\sigma \left[\frac{s(q)}{\sigma} \right]}{\frac{s(q)}{\sigma}} = \left[\frac{2(n-1)}{n-2} \right]^{1/2} \approx (2v)^{1/2} \quad (7)$$

en donde v son los grados de libertad

En la tabla se muestran las incertidumbres en la desviación estándar estimada en función del número de datos disponibles utilizando la ecuación anterior:

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

En caso que se disponga de menos de 10 mediciones y además no se cuenta con alguna estimación basada en la experiencia o datos previos, entonces el resultado de la ecuación (5) debe multiplicarse por el factor "t" de la siguiente tabla que están basados en la distribución "t" de student, y aplican un factor de cobertura k = 2.

Numero de Observaciones	t
2	7.0
3	2.3
4	1.7
5	1.4
6	1.3
7	1.3
8	1.2
9	1.2

Obteniendo finalmente la incertidumbre tipo A como

$$U_A = \frac{S(q)}{\sqrt{n}} \cdot t \quad (8)$$

Si $n = 10$ entonces $t = 1$

3.9.5.2 Evaluación de la incertidumbre tipo B.

Una evaluación de incertidumbre estándar tipo B se basa en el conocimiento que tenga el metrologo del proceso de medición y toda la información disponible sobre el mismo camino y los instrumentos empleados en él. Debe estimar la desviación estándar de la variable X bajo evaluación, utilizando para ello toda la información de que disponga tal como

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

Muchas veces, el trabajo consiste en convertir una incertidumbre expresada de diferentes maneras (múltiplos de desviaciones estándar, intervalos de confianza, límites de prior caso, etc.) en incertidumbre estándar que corresponda a una desviación estándar de la variable bajo evaluación. A continuación se citan algunos ejemplos

- a) Si la incertidumbre está expresada como un múltiplo de la desviación estándar

$$\text{Incertidumbre Expresada} = U_x = h s$$

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

$$U_{\text{est}} = \frac{U_x}{h} \quad (9)$$

b) Si la incertidumbre se expresa con un cierto nivel de confianza entonces, aménos que se especifique otra cosa, se supondrá una distribución normal de la variable bajo evaluación y la conversión será

$$U_{\text{est}} = \frac{U_x}{k} \quad (10)$$

Nivel de confianza	factor k
50 %	0.67
68.3 %	1
90 %	1.64
95 %	1.96
95.45 %	2
99 %	2.58
99.73 %	3

c) Algunas veces se especifica que la variable bajo evaluación se encuentra dentro de un intervalo de valores máximos ($a+, a-$). En tales casos se supone una distribución rectangular, es decir, una distribución en que la probabilidad de que se encuentre el valor verdadero de la magnitud, y su incertidumbre estándar es

$$U_{95} = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (11)$$

d) Si se tuvieran datos de que los valores de la magnitud en cuestión alrededor del valor medio son más probables que los valores que se encuentran cerca de los límites que acotan el intervalo especificado, entonces la suposición de una distribución triangular puede considerarse una mejor elección, y para determinar su incertidumbre estándar se emplea la fórmula

$$U_{95} = \frac{a}{\sqrt{6}} \quad (12)$$

La incertidumbre tipo B (U_B) se calcula de una parte de la fórmula (2), en donde a las derivadas parciales se les denomina "pesos" o "coeficientes de sensibilidad" los cuales se calculan a partir del modelo que establece la relación entre el mensurando y las variables de las que depende ecuación (1)

3.9.6 DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE COMBINADA

La incertidumbre combinada u_c se calcula a partir de la fórmula (2), y se define como la raíz cuadrada de la incertidumbre A al cuadrado más la incertidumbre B al cuadrado

3.9.6.1 Cálculo de la incertidumbre expandida

Para incrementar el nivel de confianza del intervalo dentro del cual se estima se encuentra el valor verdadero del mensurando, se multiplica la incertidumbre combinada por un factor llamado factor de cobertura k , a este resultado se le denomina incertidumbre expandida U

Se ha observado que cuando u_c se calcula por tres o más componentes su distribución tiende a ser "normal" aunque las distribuciones individuales no los sean, así que factores de cobertura que $k=2$ y $k=3$ equivalen a niveles de confianza de 95.45% y 99.73% respectivamente. Los principales institutos internacionales de Metrología, han seleccionado $k=2$

$$U = k u_c \quad (13)$$

3.9.7 PROCEDIMIENTO GENERAL PARA DETERMINAR LAS INCERTIDUMBRES

1. Defina el proceso de medición a través de un modelo matemático que exprese la relación entre el mensurando y las magnitudes de las que depende (ec. 1)
2. Identifique y aplique todas las correcciones conocidas al modelo
3. Enliste fuentes de incertidumbre asociadas¹
 - a) La toma de mediciones
 - b) los valores resultantes de calibraciones anteriores
 - c) las correcciones
 - d) Las condiciones ambientales
4. Calcúlese el mejor valor del mensurando en cuestión a partir de las mediciones efectuadas (ec. 3).

¹ Véase además el punto 3.9.3 Método de Evaluación para más información.

Capítulo 3. Conceptos Generales de Metrología

- Determine la incertidumbre tipo A calculando la desviación estándar experimental de la media en base a las mediciones. Calcule la incertidumbre por muestreo (Ec. 6.6.8 y 7 respectivamente)
- Determine la incertidumbre tipo B identificando la asignación de su distribución adecuada y calcule las desviaciones estándar respectivas en base a la distribución propuesta. (Ec. 9.10, 11, 12)
- Obtenga la incertidumbre combinada (u_c) del mensurando
- Determine la incertidumbre expandida (U), multiplicando la incertidumbre combinada por el factor de cobertura $k = 2$, Ec. (13)
- Reporte el valor medido del mensurando como
$$Y = y \pm U$$

EJEMPLO:

Se calibra un multimetro digital Fluke 87 en el intervalo de 40 V de tensión alterna con un calibrador multifunción Fluke 5101B con certificado vigente. Los datos reportados por los fabricantes de los instrumentos son

DATOS

U_{1A} = Incertidumbre expresada del multimetro Fluke 87
 \pm (0.7% de la lectura + 2 dígitos), con resolución de 0.01 en el intervalo de 40 Vca, (+18 a +28) °C

U_{1B} = Incertidumbre expresada del Calibrador Universal Fluke 5101B (tensión ca)
 \pm (0.035 % de la salida + 0.005 % de intervalo + 50 μ V) para todas los intervalos, (+20 a +30) °C

T_a = Temperatura ambiente del laboratorio 23 °C

U_{12a} = Máxima variación de la temperatura ambiente del laboratorio durante las mediciones = ± 2 °C

SOLUCIÓN:

a) Definición del mensurando:

$$I' = P + E \quad (14)$$

Donde:

I' es la lectura del multimetro

P es la tensión exacta de salida del calibrador (sin incertidumbre)

E es la corrección aditiva por el "efecto sistemático" introducido por la incertidumbre especificada por el fabricante del calibrador

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

b) Cálculo de la incertidumbre tipo A.

Se tomaron 5 mediciones del calibrador para cada punto de prueba, los cálculos están realizados en base a las fórmulas (3), (5) y (8)

No medición k	Punto de calibración (V)	U_1 (mV)	U_2 (mV)	U_3 (mV)	U_4 (mV)
1	4 00	04 01	2	4	----
2	4 00	04 02	12	144	----
3	4 00	04 01	2	4	----
4	4 00	04 00	-8	64	----
5	4 00	04 00	-8	64	----
\bar{U}^2_{01}	----	04.008	----	----	5.23
1	20 00	20 00	-4	16	----
2	20 00	20 01	6	36	----
3	20 00	20 00	-4	16	----
4	20 00	20 00	-4	16	----
5	20 00	20 01	6	36	----
\bar{U}^2_{201}	----	20.004	----	----	3.42
1	35 00	35 00	6	36	----
2	35 00	34 97	-24	576	----
3	35 00	34 98	-14	196	----
4	35 00	35 02	26	676	----
5	35 00	35 00	6	36	----
\bar{U}^2_{351}	----	34.994	----	----	12.20

c) Cálculo de la incertidumbre tipo B

La incertidumbre específica del calibrador debe calcularse para cada una de las tensiones de prueba seleccionadas.

Para 4 V:

$$U_{rel} - a = \pm (0.35\% \text{ de la salida} + 0.005\% \text{ del intervalo} + 50 \mu\text{V})$$

$$= \pm [(0.35\% \cdot 4) + (0.005 \cdot 20) + (50 \mu\text{V})] = \pm 2.45 \text{ mV}$$

Para 20 V:

$$U_{rel} - a = \pm (0.35\% \text{ de la salida} + 0.005\% \text{ del intervalo} + 50 \mu\text{V})$$

$$= \pm [(0.35\% \cdot 20) + (0.005 \cdot 20) + (50 \mu\text{V})] = \pm 8.05 \text{ mV}$$

Para 35 V:

$$U_{rel} - a = \pm (0.35\% \text{ de la salida} + 0.005\% \text{ del intervalo} + 50 \mu\text{V})$$

$$= \pm [(0.35\% \cdot 35) + (0.005 \cdot 200) + (50 \mu\text{V})] = \pm 11.45 \text{ mV}$$

Como no se tiene información adicional de E , y en el manual del instrumento se especifica como una incertidumbre de intervalo simétrico de valores máximos, entonces consideramos este intervalo como una distribución probabilística de tipo uniforme, entonces las incertidumbres tipo B para cada punto de prueba serían:

Para 4 V:

$$U_{m, 4} = \frac{U_{i, 4}}{\sqrt{3}} = \frac{2.45}{\sqrt{3}} = 1.41 \text{ mV}$$

Para 20 V:

$$U_{m, 20} = \frac{U_{i, 20}}{\sqrt{3}} = \frac{8.05}{\sqrt{3}} = 4.64 \text{ mV}$$

Para 35 V:

$$U_{m, 35} = \frac{U_{i, 35}}{\sqrt{3}} = \frac{11.45}{\sqrt{3}} = 6.61 \text{ mV}$$

Calculamos la incertidumbre B total:

De la ecuación (14) se deduce que los coeficiente de sensibilidad son:

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

Por lo tanto, nos quedamos:

Para 4 V:

$$U_{B, 4} = \sqrt{(1.41)^2 (1)^2} = 1.41$$

Para 20 V:

$$U_{B, 20} = \sqrt{(4.64)^2 (1)^2} = 4.64$$

Para 35 V:

$$U_{B, 35} = \sqrt{(6.61)^2 (1)^2} = 6.61$$

d) Cálculo de la incertidumbre combinada

Se calcula la $u_c^2(V)$ aplicando la ecuación (2) a la ecuación (14), en este caso se consideran independientes las variables que intervienen en el modelo y el término de covarianza es cero, así que:

$$u_c^2(V) = \left[\frac{s(V_0)}{\sqrt{n}} \right]^2 + \left[\frac{\partial V}{\partial E} \right]^2 U_m^2$$

Que es igual a:

$$u_c^2(V) = U_s^2 + U_m^2$$

Obteniendo así

Para 4 V:

$$u_1(V_{04}) = \sqrt{(5.23)^2 + (1.41)^2} = 5.35 \text{ mV}$$

Para 20 V:

$$u_1(V_{20}) = \sqrt{(3.42)^2 + (4.64)^2} = 5.76 \text{ mV}$$

Para 35 V:

$$u_1(V_{35}) = \sqrt{(12.20)^2 + (16.73)^2} = 13.87 \text{ mV}$$

e) Cálculo de la incertidumbre expandida

$$U_{04} = 2u_1(V_{04}) = 2(5.35) = 10.82 \approx 11 \text{ mV}$$

$$U_{20} = 2u_1(V_{20}) = 2(5.76) = 11.52 \approx 12 \text{ mV}$$

$$U_{35} = 2u_1(V_{35}) = 2(13.87) = 27.74 \approx 28 \text{ mV}$$

f) Cálculo de la incertidumbre estándar del multimetro bajo calibración

Como se menciona en el punto 3.8 (Interpretación de Especificaciones), y como ya se vio en este punto las especificaciones también son una forma de incertidumbre. Ahora realizaremos las del multimetro bajo calibración y las compararemos con las del Calibrador.

Para 4 V:

$$U_{04} - u = \pm 10.7\% \text{ de la lectura} + 2 \text{ dígitos} \text{ con resolución de } 0.01 \\ = \pm [(0.07\% \cdot 4) + (2 \cdot 0.01)] = \pm 48 \text{ mV}$$

$$U_{04} - u = \frac{48}{\sqrt{3}} = 27.71 \text{ mV} \approx 28 \text{ mV}$$

Para 20 V:

$$U_{20} - u = \pm [(0.7\% \cdot 20) + (2 \cdot 0.01)] = \pm 160 \text{ mV}$$

$$U_{20} - u = \frac{160}{\sqrt{3}} = 92 \text{ mV}$$

Para 35 V:

$$U_{35} - u = \pm [(0.7\% \cdot 35) + (2 \cdot 0.01)] = \pm 265 \text{ mV}$$

$$U_{35} - u = \frac{265}{\sqrt{3}} = 153 \text{ mV}$$

Capítulo 3. Conceptos Generales de Metrología

Los resultados de la calibración se muestran en la siguiente tabla, son confiables al 95%, con una incertidumbre combinada $u(V)$ reportada en la tabla y $k=2$

Punto de Calibración [V]	V_N [V]	$\pm U_i$ [mV]	V [V]	$\pm U$ [mV]	$u(V)$ [mV]	Cumplimiento de especificaciones $V_N \cdot U_i \leq V \pm U \leq V_N + U_i$
4.00	4.00	28	4.008	11	5.41	SI
20.00	20.00	92	20.004	12	5.7	SI
35.00	35.00	153	34.994	28	13.8	SI

2017 04 10 10:51 AM
 2017 04 10 10:51 AM

4. NORMATIVAS INTERNACIONALES

4.1 INTRODUCCIÓN A LAS NORMATIVAS

A la par a las tendencias de globalización de los mercados, se esta imponiendo un convencimiento generalizado de que el desarrollo económico de los países, se basa en la producción de bienes y/o servicios, que, en teoría, mediante transacciones comerciales equitativas pueden intercambiarse, transportarse y distribuirse para satisfacer las necesidades de las sociedades, creando además bienestar y riqueza

La creciente globalización de la economía, manejada adecuadamente, puede concluir a un mejor aprovechamiento de las ventajas comparativas de cada país, beneficiándose de las capacidades productivas de las naciones y de las regiones, así como de las facilidades que pueden derivarse de la gran velocidad de las comunicaciones y transportes, por lo que actualmente esta obligando a desarrollar nuevas estrategias de comercialización buscando penetrar en el mayor número de mercados posibles

Esto esta ocasionando que los países desarrollados estén imponiendo modelos de intercambio comercial, en los que se estipulan cada vez con mayor frecuencia "conceptos" que se relacionan con el aseguramiento de la calidad, incluyéndolos en sus normas, procesos y procedimientos, reglamentos técnicos y hasta en sus legislaciones, esto, con la intención manifiesta de que la producción de bienes y servicios, se efectuen procurando su óptima calidad

Aquí hay que hacer notar que, las técnicas, y por lo tanto la normalización para el aseguramiento de la calidad se aplican para el desarrollo de la producción de bienes y servicios. La normalización es la actividad que consiste en la elaboración, difusión y aplicación de las normas. Por tal razón, la actividad de elaboración de normas solo es una parte de esta disciplina y los beneficios de ella solo se obtienen en los países en los que se aplican integralmente, es decir, además de elaborarlos se usan en la vida real. La Normalización técnica fue considerada, hasta hace algunos años, el efecto de la industrialización y el desarrollo, hasta se dice que es la causa o elemento motor en que la industria y el desarrollo económico se apoyan y que la ha llevado a ser una actividad primordial en la evolución económica de todo el país. Es una disciplina que se basa en los resultados, adquiridos por la ciencia, la técnica y la experiencia, y es el resultado de un balance técnico económico del momento. La Normalización considerada una disciplina reservada a los técnicos ha sufrido una evolución. De una herramienta típicamente técnica ha pasado a ser, para las empresas y para los países, un instrumento económico y en ocasiones un instrumento de intervención económica. Desde el punto de vista de sus objetivos, la Normalización es la actividad que fija las bases para el presente y para el futuro, con el propósito de realizar un orden para el beneficio y con el concurso de todos los intereses. Normalizar significa ordenar, y en consecuencia, sus resultados, las normas son herramientas de organización y dirección

Especialmente en los países en desarrollo se tiene un desconocimiento generalizado de la interpretación de la mayoría de estos conceptos, de la factibilidad de su implantación y por lo tanto, de las posibilidades que se tienen para buscar la armonización con la forma en que se aplican en los países desarrollados especialmente cuando se tienen que utilizarse en forma conjunta.

Es un hecho que en la medida en que se consoliden los bloques comerciales regionales y se incremente la globalización del mercado, las ofertas de bienes y/o servicios que tendrán mayores

posibilidades de éxito, serán las que reciban el reconocimiento de su calidad. De aquí que la normalización y certificación de la calidad de los productos, tanto como la certificación de los sistemas de administración de la calidad, están siendo utilizados cada vez con mayor frecuencia por las empresas de los países desarrollados como un argumento esencial de comercialización que "proporciona a los consumidores una importante opción de selección, adicional a la que representa el precio", especialmente cuando las transacciones comerciales se hacen a distancia.

Lo anterior y básicamente por desconocimiento, esta haciendo que los empresarios de los países en desarrollo, tengan los "conceptos de aseguramiento de calidad" como una barrera al comercio no arancelaria. Adicionalmente y para "poder demostrar" que las actividades de producción y uso cubren los "concepto cuyo propósito es el aseguramiento de la calidad", se esta requiriendo evolucionar las estructuras de Metrología, hay que recordar que **la Metrología es fundamental para lograr mediciones exactas en las cadenas productivas o de uso**, y proporciona los cimientos sin los cuales, las actividades científicas, industriales y comerciales fallaran. El establecimiento de sistemas metrologógicos son la base de las normas y de los sistemas para la evaluación y certificación de la calidad. La Normalización y por lo tanto las normas proporcionan los elementos que permiten mejorar la eficiencia en la producción y el intercambio de bienes y servicios procurando la mejor satisfacción de las necesidades de los usuarios, considerando las posibilidades reales de producción. La evaluación del cumplimiento con normas y de certificación, con que se cuenta en cada país tiene el propósito de dar tanto a los consumidores como a los vendedores confianza que el desempeño o comportamiento de bienes o servicios es en base a la comprobación del cumplimiento en las propias normas. Los sistemas de aseguramiento de calidad (ISO-9000), el control estadístico de procesos y la mejora continua, son los instrumentos para lograr una consistencia en la calidad de productos y proveedores.



Figura 4.1.1 Ventajas de las normativas.

Es importante remarcar que para sentar bases del desarrollo sustentable y del reconocimiento de la calidad entre países, como entre cualquier consumidor y proveedor, se requiere de la armonización de los sistemas de medición, de normalización, de juicios de calidad, de procedimientos de prueba, de "certificación" y hasta de legislaciones.

4.2 NORMATIVAS ISO-9000

La ISO (Organización Internacional de Normalización) es una Federación Mundial que agrupa Organismos Nacionales de Normalización que comprenden 90 miembros a razón de uno por país.

El ámbito de las ISO's cubren todos los dominios de la normalización a excepción de normas concernientes a la tecnología Eléctrica y Electrónica que son misión de la CEI, la Comisión Electrotécnica Internacional. La ISO y la CEI forma un sistema especializado para la normalización mundial, además de ser sistemas no-gubernamentales de colaboración industrial y tecnológica voluntaria para la mejora en un plano mundial.



Figura 4 2 1 Normativas ISO-900

Los trabajos son efectuados por 176 comités técnicos de 630 subcomités, descentralizadamente, los cuales son organizados por las secretarías técnicas de 34 países. La secretaria central en GÉNOVA coordina las actividades, aprueba los procedimientos y admistrira los votos para la aprobación de la publicación de las normas internacionales. Alrededor de 20,000 ingenieros, científicos y administradores elaboran las Normas Internacionales y son nominados por los miembros de ISO para participar en reuniones de comité y representar los puntos de vista e intereses de la industria, los gobiernos, del trabajador y de los consumidores individuales en la elaboración de las normas. Alrededor de 450 organizaciones internacionales son enlace con los comités técnicos de ISO, y también se incluyen las instituciones especializadas de la ONU. La ISO coordina el intercambio de información de las normas internacionales, nacionales y las reglamentaciones técnicas con otros documentos de tipo normativo.

Existe una gran variedad de normativas para diferentes áreas de la industria como por ejemplo las normas ISO sobre calidad de los aceros, de pruebas de resistencia en maquinas tejedoras textiles, para el almacenamiento de frutas cítricas de cinturones de seguridad para automóviles y por supuesto normas para el aseguramiento de la calidad y funcionamiento de productos diversos.

No obstante que siempre han existido normativas, estas no eran lo suficientemente consistentes para su uso en el mercado internacional. Además el uso de la terminología de estas normas con la practica comercial e industrial resultaba inconsistente y confusa. Con la publicación de las series ISO-9000 en 1987, acompañado de la terminología (ISO-8402) provoco la armonización a nivel internacional. Estas series han sido adoptadas por muchas naciones y representaciones regionales y suplantado a las normativas nacionales e internacionales anteriores abarcando conceptos de la administración de la calidad, junto con modelos para los requerimientos de aseguramiento de la calidad.

La industria en México ha mostrado su interés en los últimos años en las normas de aseguramiento de calidad, es decir, las series ISO-9000 las cuales, a pesar de ser unas normas voluntarias, se han constituido una en una barrera comercial NO arancelaria que le cierra las puertas del mercado internacional a las industrias mexicanas, en este caso específico, que muestran interés de exportar productos pero que se encuentran con un requisito oculto, el cual es simplemente estar certificado por la ISO-9000. Estas Normativas dan la seguridad al comprador y/o proveedor que los productos y/o servicios mantienen una optima calidad.

Estas normativas tienen un alcance que va desde el diseño, la producción y el servicio, dependiendo del interés de las empresas en certificarse. Además abarcan desde los objetivos planteados, el sistema de calidad requerido con todo lo que implica este. Como se vera mas adelante, es en el

Capítulo 4. Normativas internacionales

punto 11 de la normativa donde este documento encuentra su tema a tratar, puesto que trata del control de equipo de inspección, medición y prueba. Para esto citare un requerimiento clave el cual dice

"Todo equipo de inspección, medición y prueba que pueda afectar la calidad del producto, debe ser calibrado a intervalos prescritos contra equipo certificado con validez referida a patrones nacionales o internacionales reconocidos"

Vemos aquí la relación y la importancia de los laboratorios de Metrología acreditados con la industria en general que adopto o aspira adoptar alguna normativa de la Serie ISO-9000. Como esta tesis es fundamentada en un laboratorio de Metrología, los aspectos que involucran los instrumentos de medición son de su competencia, además de mostrar su relevancia dentro del sistema de calidad. Pero esto no solo queda en un punto de la normativa ISO-9000, se va mas allá, al grado de tener una normativa para los aspectos que involucran instrumentos de medición. La norma ISO-10 012 "Aseguramiento de la Calidad para Equipo de Medición" en su primera parte "Sistema de Confirmación Metrologica para Equipo de Medición", muestra todos los aspectos y requisitos que deben cubrir los laboratorios de calibración. Esta norma además de ser estudiada en esta tesis en el capítulo 5, se realiza una comparación con las normas ISO-GUIDE 25 y la BS1-5761 a manera de comparación por ser la ISO-10 012 la mas completa.

Veremos ahora las normas internacionales ISO en este caso especifico la ISO-9001, la cual muestra los requerimientos que alguna empresa deberá de cumplir para que se certifique su calidad. Se mencionara a continuación los puntos que conforman esta norma y se dará mas énfasis los que estén mas íntimamente ligados a los servicios de calibración que proporciona un Laboratorio de Metrología acreditado.

4.3 NORMA INTERNACIONAL ISO-9001 "SISTEMAS DE CALIDAD-MODELO PARA EL ASEGURAMIENTO EN DISEÑO, DESARROLLO, PRODUCCIÓN, INSTALACIÓN Y SERVICIO.

4.3.1 OBJETIVO

- Esta norma especifica los requisitos del sistema de calidad, que deben utilizarse cuando se necesite demostrar la capacidad de un proveedor (laboratorio) para diseñar y suministrar productos conformes.

Los requisitos especificados en esta norma están orientados principalmente para lograr la satisfacción del cliente, previniendo la no conformidad en todas las etapas desde el diseño hasta el servicio.

Esta norma se aplica cuando

- a) Se requiere que el diseño y los requisitos del producto estén establecidos principalmente en función de su desempeño, o que necesiten establecer, y
- b) La confianza en la conformidad del producto puede lograrse por una demostración adecuada de la capacidad del proveedor en el diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio.

4.3.1.1 NORMAS DE REFERENCIA

Esta norma contiene conceptos basados en la norma NOM-Z-55 "Metrología Vocabulario de Términos Fundamentales y Generales" y de la ISO-8402 "Administración de la Calidad y Aseguramiento de la Calidad-Vocabulario".

4.3.1.2 DEFINICIONES.

Se encuentran en el glosario las definiciones más comunes a las cuales se agregaran las siguientes para el buen entendimiento de la norma

- **PRODUCTO.** El resultado de actividades y procesos. El producto puede incluir servicio, un producto puede ser tangible o intangible
- **OFERTA.** La propuesta que hace un proveedor en respuesta a una invitación, para satisfacer una adjudicación de contrato para suministrar un producto
- **CONTRATO.** Los requisitos acordados entre un proveedor y un cliente transmitidos por cualquier medio

4.3.2 REQUISITOS DEL SISTEMA DE CALIDAD

- RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN.

- Política de Calidad. La dirección ejecutiva del proveedor debe definir y documentar su política de calidad. El proveedor debe asegurarse de que esta política sea entendida, implantada y mantenida en todos los niveles de la organización

1. ORGANIZACIÓN

- *Responsabilidad y autoridad. Deberán estar definidas y documentadas la responsabilidad, autoridad del personal que administra y verifica el trabajo que afecta la calidad, sobre todo para personal que necesite libertad organizacional y autoridad para*

a) *Iniciar acciones para prevenir la ocurrencia de no conformidades, identificar y registrar cualquier problema, relacionado al producto, proceso, y sistema de calidad. Iniciar, recomendar o proporcionar soluciones, verificar la implantación de soluciones, controlar el procesado posterior, entrega o instalación del producto no conforme, hasta que la deficiencia o condición insatisfactoria se haya corregido*

- *Representante de la Dirección. La dirección del proveedor con responsabilidad ejecutiva, debe designar a un miembro de su administración quien, independientemente de otras responsabilidades, debe tener autoridad definida para*

a) *Asegurar que el sistema de calidad se establezca, implante y mantenga de acuerdo con esta norma. Informar a la dirección del proveedor acerca del desempeño del sistema de calidad para su revisión y como base para mejorar el sistema de calidad*

2. SISTEMA DE CALIDAD

El proveedor debe establecer, documentar y mantener un sistema de calidad como medio que asegure que el producto es conforme con los requisitos especificados. El proveedor debe preparar una manual de calidad congruente con los requisitos de esta norma. El manual de calidad debe incluir o hacer referencia a los procedimientos del sistema de calidad y describir la estructura de la documentación usada en el sistema de calidad

- *Procedimientos del Sistema de Calidad. El proveedor deberá Preparar procedimientos documentados de acuerdo a los requisitos de esta norma y su política de calidad. Implantar en forma efectiva el sistema de calidad y sus procedimientos documentados*

- *Planeación de la calidad. El proveedor debe definir y documentar como se deben cumplir los requisitos para la calidad. La planeación de la calidad debe ser consistente con todos los otros*

Capítulo 4. Normativas internacionales

requisitos del sistema de calidad. El proveedor debe considerar las siguientes actividades, conforme sea aplicable, para cumplir los requisitos especificados para productos, proyectos o contratos

- a) Preparación de los planes de calidad.*
- b) La identificación y adquisición de cualquier control, proceso equipo (incluyendo equipos de inspección y prueba), dispositivos, recursos y las habilidades que sean necesarias para lograr la calidad requerida*
- c) Actualización del control de la calidad, de las técnicas de inspección y prueba incluyendo el desarrollo de instrumentación nueva*

3. REVISIÓN DEL CONTRATO.

El proveedor debe establecer y mantener procedimientos documentados para la revisión del contrato y para la coordinación de estas actividades. Donde se deberán de contemplar los siguientes puntos:

- a) Revisión*
- b) Modificaciones al contrato*
- c) Registros de las revisiones del contrato*

4. CONTROL DEL DISEÑO

El proveedor debe establecer y mantener procedimientos documentados para controlar y verificar el diseño del producto, con el fin de asegurar que se cumplan los requisitos especificados. Tomando en cuenta los siguientes puntos:

- a) Planeación del diseño y desarrollo*
- b) Interrelaciones organizacionales y técnica*
- c) Datos de Entrada*
- d) Resultados*
- e) Revisión*
- f) Verificación*
- g) Validación*
- h) Cambios*

Todos estos que puedan cambiar el diseño original

5. CONTROL DE DOCUMENTOS Y DATOS

El proveedor debe establecer y mantener procedimientos documentados para controlar todos los documentos y datos que se relacionan con los requisitos de esta norma, incluyendo en el alcance aplicable, los documentos de origen externo tales como normas y dibujos del cliente. Para esto deberá tomar en cuenta los siguientes puntos:

- a) Aprobación y Emisión*
- b) Cambios de documentos y datos*

6. ADQUISICIONES

El proveedor debe establecer y mantener procedimientos documentados para asegurar que el producto adquirido este conforme a los requisitos especificados, por lo que tendrá la necesidad de seguir los siguientes pasos

- a) Evaluación de las subcontratistas*
- b) Datos para adquisiciones*
- c) Verificación de los productos comprados.*

7. CONTROL DE PRODUCTOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

El proveedor debe establecer y mantener procedimientos documentados para el control de verificación, almacenamiento y mantenimiento de los productos proporcionados por el cliente para incorporarlos dentro de los suministros o para otras actividades relacionadas. Cualquier producto que se pierda, dañe o sea inadecuado para su uso, se debe registrar y reportar al cliente. La verificación por el proveedor no absuelve al cliente de la responsabilidad de proveer producto aceptable.

8. IDENTIFICACIÓN Y RASTREABILIDAD DEL PRODUCTO

Donde sea aplicable, el proveedor debe establecer y mantener procedimientos documentados para identificar el producto por medios adecuados para su recepción y durante todas las etapas de producción, entrega e instalación. Donde y en la extensión que la rastreabilidad sea un requisito especificado, el proveedor debe establecer y mantener procedimientos documentados para una identificación única de productos individuales o lotes.

9. CONTROL DE PROCESO

El proveedor debe identificar y planear los procesos de producción, instalación y servicio que directamente afectan la calidad y debe asegurar que estos procesos se llevan a cabo bajo condiciones controladas. Las condiciones controladas deben incluir

- a) *Procedimientos documentados para definir la manera de producir, instalar y dar servicio*
- b) *Uso de equipo de producción e instalación adecuado*
- c) *Supervisión y control de los parámetros del proceso y características del producto*
- d) *Cumplimiento con las normas y códigos de referencia, planes de calidad o procedimientos documentados*
- e) *Aprobación de los procesos y el equipo*
- f) *Mantenimiento adecuado del equipo para asegurar continuamente la capacidad del proceso.*
- h) *Deben de mantenerse en forma adecuada registros de la calificación de los procesos, de los equipos y del personal asociado*

10. INSPECCIÓN Y PRUEBA

El proveedor debe establecer y mantener procedimientos documentados para las actividades de inspección y prueba para verificar que se cumplan los requisitos especificados. La inspección y prueba requeridas y los registros establecidos deben estar detallados en el plan de calidad y/o en los procedimientos documentados. Para esto el proveedor pondrá especial atención en los siguientes puntos:

- a) *Inspección y pruebas de recibo*
- b) *Inspección y pruebas en proceso*
- c) *Inspección y pruebas finales*
- d) *Registros de inspección y prueba*

11. CONTROL DE EQUIPO DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y PRUEBA.

El proveedor debe establecer y mantener procedimientos documentados para controlar, calibrar y mantener los equipos de inspección, medición y prueba, incluyendo el software de las pruebas utilizado, para demostrar la conformidad del producto con los requisitos especificados. El equipo de inspección, medición y prueba se debe utilizar de tal manera que se asegure que la incertidumbre de la medición es conocida y es consistente con la capacidad de medición requerida. Por esto es importante que de énfasis en el desarrollo de

NOTA: Los puntos que se mencionan a continuación son los que están íntimamente ligados a los Laboratorios de Metrología por los que se pondrá más atención a su definición y de alguna manera se explicará el por que de la ventaja de un Laboratorio acreditado

1) Procedimientos de control.

El proveedor debe

- a) *Determinar las mediciones que deben realizarse, la exactitud requerida y seleccionar el equipo apropiado para inspección, medición y prueba que sea capaz de la exactitud, la repetibilidad y reproducibilidad necesarias*
- b) *Identificar todo el equipo de inspección, medición y prueba que puedan afectar la calidad del producto, calibrarlos y ajustarlos en intervalos prescritos, o antes de su utilización, contra equipo certificado que tenga validez referida a patrones nacionales o internacionales reconocidos.*

Capítulo 4. Normativas Internacionales

Es aquí donde los Laboratorios de Metrología acreditados juegan un papel muy importante puesto que al obtener el acreditamiento se da al cliente (en este caso al proveedor) que las calibraciones que se realicen a su equipo de medición y prueba estará bajo una trazabilidad que el mismo Laboratorio esta siguiendo al calibrar sus patrones de trabajo contra los patrones nacionales.

c) Definir el proceso usado para la calibración del equipo de inspección, medición y prueba incluyendo los detalles del tipo de equipo, identificación única, localización, frecuencia y métodos de verificación, criterios de aceptación y la acción que se debe tomar cuando los resultados no sean satisfactorios

Los Laboratorios de Metrología acreditados cumplen con estos requisitos puesto que para realizar una calibración deben de seguir un procedimiento documentado y aprobado tanto internamente, como en las evaluaciones que se le realizaron para obtener el acreditamiento. Además que el certificado de calibración que otorga al realizar una calibración incluye el informe de resultados, condiciones ambientales en que se desarrollaron las calibraciones, incertidumbre asociada, identificación de los patrones y otros puntos se detallan en la norma ISO-10012 y en las directrices que mencionan los requisitos de contenido para los certificados de calibración

d) Identificar el equipo de inspección, medición y prueba con una marca apropiada, o un registro de identificación aprobado que muestre el estado de calibración. Esto lo contempla un Laboratorio de Metrología en las etiquetas de calibración que deberán estar en un lugar visible, incluyendo fecha de calibración y fecha de vencimiento, así como quien realizó la calibración y número de serie del instrumento en algunas ocasiones se añaden algunas otras cosas mas

e) Conservar los registros de la calibración de los equipos de inspección, medición y prueba. Estos serán los que el Laboratorio acreditado proporcione al usuario del servicio de calibración

f) Asegurar que las condiciones ambientales son adecuadas para las calibraciones, inspecciones, mediciones y pruebas que se realizan. Es por esto que el informe de calibración indicara la temperatura a la que se realizaron las calibraciones. Y es deber del proveedor que también lleve un registro de la temperatura a la cual los instrumentos que fueron calibrados por un Laboratorio acreditado están siendo operados

g) Salvaguardar los equipos de inspección y medición, y las instalaciones incluyendo el hardware y software de prueba contra ajustes que invaliden la calibración hecha. Esta recomendación debe ser cumplida tanto por los Laboratorios de Metrología acreditados, como por los proveedores y usuarios del servicio de calibración

12. ESTADO DE INSPECCIÓN Y PRUEBA.

El estado de inspección y prueba de producto debe identificarse utilizando medios adecuados, que indiquen la conformidad o no conformidad del producto con respecto a la inspección y prueba realizadas. La identificación del estado de inspección y prueba se debe mantener, a través de la producción, instalación y servicio del producto, tal como se establece en el plan de calidad y/o procedimientos documentados

13. CONTROL DE PRODUCTO NO CONFORME

El proveedor debe establecer y mantener procedimientos documentados para asegurar que se prevenga el uso o instalación no intencionada de los productos no conformes con los requisitos especificados. El control debe incluir la identificación, la documentación, la evaluación, la segregación (cuando sea practico) y disposición del producto no conforme, así como la notificación a las funciones responsables, por lo cual se tomaran cuenta lo siguiente:

a) Revisión y disposición de productos no conformes: Los productos no conformes deben revisarse de acuerdo con procedimientos documentados.

14. ACCIÓN PREVENTIVA Y CORRECTIVA

El proveedor debe establecer y mantener procedimientos documentados para implantar acciones correctivas y preventivas. Cualquiera acción correctiva o preventiva adoptada para eliminar las causas de no conformidades reales o potenciales debe ser apropiada a la magnitud de los problemas y correspondiente a los riesgos encontrados.

El proveedor debe implantar y registrar cualquier cambio en los procedimientos documentados como resultados de acciones correctivas y preventivas.

15. MANEJO ALMACENAMIENTO EMPAQUE, CONSERVACIÓN Y ENTREGA.

El proveedor debe suministrar métodos de manejo que eviten el daño o deterioro del producto. Además debe utilizar áreas o locales de almacenamiento para prevenir que los productos o instrumentos se dañen o deterioren, así como en su empaque o embalaje para su óptima entrega.

16. CONTROL DE REGISTROS DE CALIDAD

El proveedor debe mantener procedimientos para identificar, compilar, codificar, acceder, archivar, almacenar, conservar y disponer de los registros de calidad. Todos los registros de calidad deben ser legibles, almacenados y conservados en forma tal que se puedan recuperarse fácilmente.

17. AUDITORIAS DE CALIDAD INTERNAS

El proveedor debe establecer y mantener procedimientos para planear y llevar a cabo auditorías de calidad internas para determinar si las actividades de la calidad y los resultados relativos a esta se cumplen con lo planeado. Las auditorías de calidad internas deben ser programadas con base al estado y la importancia de la actividad a ser auditada.

18. CAPACITACIÓN

El proveedor debe establecer procedimientos para identificar las necesidades de capacitación y capacitar las necesidades de capacitación y capacitar a todo el personal que ejecuta actividades que afectan la calidad. Deben mantenerse registros apropiados relativos a la capacitación.

19. SERVICIO

Cuando el servicio sea un requisito especificado, el proveedor debe establecer procedimientos para realizar este servicio y para verificar e informar que dicho servicio cumple con tales requisitos.

20. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS

El proveedor debe identificar la necesidad de técnicas estadísticas requeridas para el establecimiento, control y verificación de la capacidad del proceso y de las características del producto, y a su vez establecer procedimientos documentados.

Estos 20 puntos son a grandes rasgos los requerimientos para que alguna empresa se certifique ante la ISO, el punto 11 es el que compete a este trabajo por lo que se dio más énfasis. Es importante recordar que los sistemas de calidad se forjan en principios metrologicos y las propias normativas.

5. NORMATIVAS INTERNACIONALES PARA ASEGURAMIENTO DE MEDICIONES E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Para todas las empresas que están acreditados o piensan acreditarse ante la ISO para cubrir algunos de los puntos que se mencionaron en el capítulo 4, para esto se apoyan en otros prestadores de servicios como lo son los laboratorios de pruebas, y por supuesto los laboratorios de calibración, los cuales deben de cubrir los requisitos para ser acreditados y puedan así ofrecer sus servicios. Las normativas de aseguramiento de mediciones presentan los requisitos que los laboratorios deben cumplir, pero además como se vea en el capítulo 6 existen requerimientos nacionales para que un laboratorio pueda acreditarse. Mencionaremos a continuación la descripción de tres normativas internacionales de aseguramiento de instrumentos de medición. Tomaremos la norma ISO-10012, por ser la más completa, como una muestra comparativa con respecto a las otras dos, las BSI-5781 y la ISO-GUIA 25, esta última era la que anteriormente se utilizaba, pero reiteramos que la ISO-10012 presenta más puntos y por lo consiguiente es más específica que las otras dos normativas en cuestión. Es importante que se reconozca la importancia de las normativas internacionales que tienen que ver con el aseguramiento de mediciones, puesto que, mientras la industria está sujeta a el cumplimiento de los puntos que se presentan en la serie de normas ISO-9000 así los laboratorios están igualmente sujetos al cumplimiento de las normas que aseguren la confiabilidad de las pruebas y/o calibraciones con una exactitud y una trazabilidad conocida.

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA NORMA ISO-10012

"SISTEMA DE CONFIRMACIÓN METROLOGÍA PARA EQUIPOS DE MEDICIÓN"

En esta norma se refiere como el "proveedor" al fabricante, instalador u Organismo de servicio y en nuestro caso será referido a un laboratorio de metrología.

El "comprador" se referirá a la autoridad usuario de un producto o servicio y en nuestro caso será un usuario de el servicio de calibración. Pero además se tocarán esos puntos que aunque no están ligados con el servicio de calibración, son también importantes para implementación de esta norma para otros intereses.

La confirmación metrológica normalmente incluye, calibración, cualquier ajuste o reparación necesaria y la subsecuente recalibración, así como cualquier operación de sellado y etiquetado. Por brevedad de hará referencia a este término únicamente como "confirmación".

Estar norma puede ser referida:

- Por un usuario, al especificar el producto o servicio que requiere.
- Por un laboratorio, al especificar el producto o servicio que ofrece.
- Por intereses del usuario o por órganos legislativos o reguladores.
- En evaluaciones y auditorías a laboratorios.

5.1.1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

1. Da los requisitos de aseguramiento de calidad para que los laboratorios aseguren que las mediciones son echas con la exactitud requerida

2. Nos da las características principales del sistema de confirmación a ser utilizado en el equipo de medición del laboratorio y el usuario

3. Es aplicable al equipo de medición utilizado para demostrar la conformidad con las especificaciones

5.1.2. REFERENCIAS

Las referencias que se tomaron para la realización de esta norma se dan a continuación, de estas se tomaron algunos conceptos aun y cuando no se den exactamente como se nombran originalmente, y estará sujeta a los cambios que puedan dar ya que cada norma que se tome como referencia está sujeta a revisión. Para esto los comités técnicos nacionales de normalización se encargaran de actualizar las normas vigentes

- ISO-8402 "Administración de la calidad y aseguramiento de la calidad"
- ISO-9001 "Sistemas de Calidad-Modelo para el aseguramiento de la calidad en diseño/ desarrollo, producción, instalación y servicio"
- ISO-9002 "Sistemas de Calidad-Modelo para el aseguramiento de la calidad en producción, instalación y servicio"
- ISO-9003 "Sistemas de Calidad-Modelo para el aseguramiento de la calidad en instalación y servicio"
- ISO-9004 "Sistemas de Calidad - Gestión de la calidad y elementos de un sistema de calidad Directrices generales"
- ISO-IEC Guide 30 "Términos y definiciones utilizados con respecto a materiales de referencia"
- NMX-CC-13 "Criterios generales para la operación de los laboratorios de prueba"
- NDM-Z-55 "Metrología - Vocabulario de términos fundamentales y generales"

5.1.3. REQUISITOS

1. Generalidades.

El laboratorio documentara los métodos utilizados para la implantación de esta puesto que forma parte integral del sistema de calidad (el laboratorio). El laboratorio debe poner a disposición del comprador la evidencia objetiva de que se alcanza la exactitud requerida.

2. Equipo de Medición.

El equipo de medición en este caso, los patrones de trabajo del laboratorio deben tener las características metrologicas requeridas para el uso propuesto (por ejemplo exactitud, estabilidad, amplitud de medición especificada y resolución).

El equipo y la documentación serán mantenidos para considerar cualquier corrección, condiciones de uso (Incluyendo condiciones ambientales), etc., necesarias para el desempeño requerido.

3. Sistema de Confirmación.

El laboratorio debe establecer un sistema documentado eficaz para la administración, confirmación y utilización de los equipos de medición, incluyendo los patrones utilizados para demostrar conformidad con los requisitos especificados. El sistema debe asegurar que los equipos de medición se desempeñan como se requiere. Debe tomar en cuenta todos los datos relevantes incluyendo aquellos que provengan de cualquier sistema de control estadístico.

Cuando alguna o todas las confirmaciones del laboratorio sean suplidas o complementadas por servicios externos, digamos como ejemplo el mantenimiento correctivo, el laboratorio se debe asegurar que estos servicios cumplan los requisitos.

El propósito de un sistema de confirmación es asegurar que el riesgo de que el equipo de medición produzca resultados con errores inaceptables se mantenga dentro de los límites aceptables. El error atribuido a la calibración debe ser lo mas pequeño posible.

4. Auditoría y Revisión Periódica del Sistema de Confirmación.

El laboratorio debe realizar o disponer lo necesario para llevar a cabo auditorías de calidad periódicas o sistemáticas al sistema de confirmación, para asegurar que continua implantando efectivamente y conforme a requisitos de ISO-10012

Se deberán realizar modificaciones necesarias al sistema basado en los resultados de las auditorías de calidad y otros factores relevantes. Deben estar documentados los planes y procedimientos para las auditorías de calidad

5. Planeación.

El laboratorio debe revisar cualquier requisito relevante del cliente del servicio antes de iniciar el trabajo sobre sus equipos, y debe asegurarse que su equipo de medición en este caso los patrones de trabajo necesarios para el cumplimiento del servicio este disponible y sea de la exactitud, estabilidad, amplitud de medición especificada y resolución apropiada para la aplicación a la cual se pretende

6. Incertidumbre de la Medición.

Cuando se realicen mediciones y al declarar y usar estos resultados, el laboratorio debe tomar en cuenta toda la incertidumbres significativas identificadas en proceso de medición, incluso las que se atribuyen a los patrones de trabajo y equipos de medición, además de las debidas al personal y ambiente

Es recomendable utilizar técnicas estadísticas para vigilar y controlar continuamente la incertidumbre de las mediciones

7. Procedimientos.

El laboratorio debe establecer y utilizar procedimientos documentados para todas las confirmaciones que ejecute. Se debe asegurar que todos los procedimientos son adecuados para el propósito y deberán contener la información eficiente para asegurar su adecuada implantación y consistencia de una aplicación a otra, y con esto asegurar la validez de las mediciones. Los procedimientos deben estar disponibles, para el personal involucrado en la ejecución de las confirmaciones

8. Registros.

El laboratorio mantendrá registros de la marca, modelo, tipo y número de serie de equipo de medición y patrones. Estos deben demostrar la capacidad de medición de cada elemento del equipo de medición. Los certificados de calibración deben estar disponibles y la información acerca de su funcionamiento

Se deberán registrar los resultados de las calibraciones con suficiente detalle, así su trazabilidad de las mediciones puedan demostrarse

La información registrada debe incluir

- a) La descripción e identificación única del equipo.*
- b) La identificación del procedimiento de confirmación.*
- c) Los resultados de calibración obtenidos después y, cuando sea pertinente, antes de cualquier ajuste o reparación.*
- d) El intervalo de confirmación asignado.*
- e) La identificación del procedimiento de confirmación.*
- f) El máximo error tolerado.*
- g) La fuente de calibración utilizada para obtener la trazabilidad.*

h) Las condiciones ambientales pertinentes.

i) Informe de las incertidumbres involucradas en la calibración del equipo y sus efectos acumulados.

j) Detalles sobre servicio de mantenimiento como ajuste, reparaciones fuera el caso haber sido realizadas.

k) Cualquier limitación de uso.

l) La identificación del personal que ejecuto la confirmación

m) La identificación del personal responsable del aseguramiento de la veracidad de la información registrada.

n) La identificación única (como número de serie) de los certificados de calibración

El laboratorio mantendrá procedimientos documentados, claros, sobre la retención (incluyendo la duración) de los registros. Los registros deben conservarse hasta que no exista probabilidad de que sean requeridos como referencia

9. Equipo de Medición no conforme

Cualquier elemento del equipo de medición

- que haya sufrido daño,

- que haya sido sobrecargado o mal utilizado,

- que muestre cualquier mal funcionamiento,

- que haya excedido su lapso de confirmación establecido.

debe ser removido del servicio segregación, y etiquetarse o marcarse de inmediato y no debe de regresar a servicio hasta que sea nuevamente confirmado

Si los resultados de la calibración previa a algun ajuste o reparación indican un nego de errores significativos en cualquiera de las mediciones realizadas con el equipo antes de la calibración, al laboratorio debe tomar acción correctiva necesana

10. Etiquetado de Confirmación.

Todo el equipo de medición y patrones deberán estar etiquetados e identificados en forma segura y durable, para indicar su estado de confirmación. También se deberá indicar cualquier limitación de confirmación o utilización. Cuando el etiquetado no sea practico apropiado se deberá establecer y documentar procedimientos

Las etiquetas de confirmación deben indicar las fechas de la ultima y de la próxima confirmación. La etiqueta deberá contener la identificación del responsable técnico autorizado

11. Lapsos de confirmación.

Los patrones de trabajo y equipos de medición de los cuantos deben ser calibrados a intervalos periódicos, que se establecerán en base a su estabilidad, propósito y utilización. Estos intervalos deben ser tales que la confirmación se efectúe antes de que exista cambio en la exactitud del equipo. En caso que los resultados de las confirmaciones posteriores nos lo demuestren se puede acortar el intervalo de confirmación siguiente

El laboratorio debe tener criterios objetivos y específicos para fundamentar la elección del intervalo de confirmación. Cuando se determinen si los cambios en los intervalos de confirmación son adecuados, el laboratorio habrá considerado todos los todos datos pertinentes, incluso los que son de control estadístico del proceso operado por el laboratorio

12. Sellos de Integridad.

El acceso a dispositivos de ajuste del equipo de medición, cuyo posicionamiento afecte su desempeño, deberá ser controlado mediante sellado o resguardado de alguna manera para evitar

Capítulo 5. Normativas Internacionales para Aseguramiento de Mediciones

que el personal no autorizado de la confirmación lo desajuste. Estos sellos deberán de ser notorios para percibirse inmediatamente de su desajuste.

El sistema de confirmación del laboratorio deberá tener instrucciones documentadas para la utilización de los sellos y su utilización en caso de su ruptura indebida.

13. Utilización de Productos y Servicios Externos.

El laboratorio debe asegurar que los productos y servicios de fuentes externas son del nivel de calidad que se requieren cuando esos productos y servicios afecten de manera importante la confiabilidad de las mediciones que efectuara el laboratorio.

14. Almacenamiento y Manejo.

El laboratorio debe establecer y mantener un sistema para recibir, manejar, transportar, almacenar y despachar el equipo de medición del cliente, a fin de prevenir el abuso, mal trato, daño y cambio de sus características metrológicas y funcionales. Se deben tomar medidas para prevenir confusiones entre equipos similares. Esto se debe documentar. Esto también es factible si el laboratorio y los clientes contratan alguna empresa especialista en envíos de tal delicadeza y cuidado.

15. Trazabilidad.

Todo el equipo debe ser calibrado utilizando patrones trazables a patrones nacionales internacionales y que sean consistentes con las recomendaciones de la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM). En los casos en donde dichos patrones nacionales o internacionales no existan (como para dureza) la trazabilidad debe ser establecida por otros patrones de medición que sean internacionalmente aceptados en el campo que se trate. Todo patrón debe ser respaldado por certificados reportes u hojas de datos para el equipo, que atestiguen la fuente, fecha, incertidumbre y las condiciones bajo las cuales se obtuvieron los resultados. Cada uno de estos documentos debe ser firmado por la persona que atestigua la veracidad del resultado.

El laboratorio debe mantener evidencias documentadas de que cada calibración se haya realizado en la cadena de trazabilidad.

16. Efecto acumulativo de las incertidumbres.

El efecto acumulativo de las incertidumbres en cada paso sucesivo cada paso sucesivo de una cadena de confirmaciones debe ser tomado en cuenta cada patrón y elemento del equipo que es confirmado. Deben tomarse acciones cuando la totalidad de las incertidumbres compromete la habilidad para hacer mediciones dentro del máximo error tolerado. Los detalles de los componentes significativos del total de las incertidumbres deben registrarse. También debe registrarse el método de combinación de esos componentes. Esto significa que la cadena de calibraciones de los patrones del laboratorio ha sido utilizando otro patrón de medición con una incertidumbre menor hasta llegar a un patrón internacional.

17. Condiciones Ambientales.

Los patrones y equipos de medición deben ser calibrados, ajustados y utilizados en un ambiente controlado para asegurar hasta donde sea necesario la validez de los resultados de las mediciones. Deben considerarse la temperatura, velocidad de cambio de la temperatura, humedad, iluminación, vibración, control de polvo, interferencia electromagnética y otros factores que afecten los resultados de la medición. Los registros deben tener los resultados originales como los datos corregidos. En general el fabricante de un patrón o de un instrumento de medición, normalmente proporciona especificaciones de manejo, cargas máximas y condiciones ambientales para el uso correcto del equipo y por lo tanto se deberá procurar apogarse a los lineamientos que el fabricante recomienda, ahora es permitido reducir las condiciones de uso, pero no es recomendable extenderlas.

18. Personal.

El laboratorio debe asegurar que todas las confirmaciones serán realizadas por personal con calificación, capacitación, experiencia, aptitud y supervisión apropiadas

5.2 COMPARACIÓN CON OTRAS NORMAS INTERNACIONALES

Ahora se mencionaran otra normas internacionales las cuales serán comparadas contra la ISO-10012 haciendo énfasis en los enunciados mas significativos y la comparación de los todos sus puntos en una tabla

5.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA NORMA BSI-5781

"SISTEMAS DE CALIBRACIÓN Y MEDICIONES. PARTE 1 Y 2"

INTRODUCCIÓN.

El establecimiento de una reputación de los productos de calidad y servicio dependen de la habilidad de demostrar conformidad con los requerimientos especificados. El control del proceso de producción y el aseguramiento de calidad del producto implican invariablemente mediciones de gran cuidado. La integridad de este tipo de trabajo de medición es fundamental en la selección y uso correcto de equipo de medición conveniente y de sistemas de control y calibración

Esta norma es usada para seguir los siguientes propósitos

- a) *Es básica para la evaluación de la capacidad de los encargadas de proporcionar servicios de calibración, a cualquiera de los potenciales compradores o de ambas partes, en orden es proveer de seguridad al interesado (partes interesadas)*
- b) *Donde involucra un contrato, la especificación de los requerimientos de calibración apropiados en particular material y servicio*
- c) *En otros documentos donde se haga referencia al Sistema de Calibración y que sea apropiado*

Estos son los objetivos para la cual esta norma fue creada y los puntos mas relevantes se muestran en la tabla 1, esto en la primera parte. En la segunda parte nos dan consejos la adecuada implementación de cada punto. Es importante remarcar la semejanza de esta norma con la ISO-10012 y que solo se varían en algunos conceptos, pero que no afectan la idea general. Ahora veremos la norma ISO-25¹

5.2.1.1 PUNTOS NO-COINCIDENTES CON LA ISO-10012

* **Revisiones periódicas y Auditorías.** Se toma diferente el concepto de las revisiones periódicas que pueden ser por parte del mismo laboratorio o parte de ella encargada de estas revisiones. Esto por si fuera el caso que hubieran existido cambios en los procedimientos o en equipos patrón por los que se tenga que realizar las debidas correcciones para que no existieran ambigüedades. En cambio se llama de auditoría por parte de alguna autoridad o entidad ya sea de la misma empresa o externa para adquirir alguna acreditación o que se les reconozca su competencia. Esta sería la diferencia principal

¹ Los puntos 1.2.6 de la normativa BSI-5746 mantiene relación parcial con la ISO-10012.

5.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA NORMA ISO-25 "REQUERIMIENTOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN Y PRUEBA."

Desde que la ISO/IEC fue revisada en 1982 su uso en sistemas de calidad en laboratorios se fue incrementando. Muchos países han adoptado la Guía ISO/IEC 25 como básica para establecer sistemas de calidad para reconocer su competencia en el caso de la acreditación. En esta Guía la atención es presentada para los laboratorios de calibración y prueba e informa de otros requerimientos para la competencia de un laboratorio. El uso de esta guía facilita la cooperación entre laboratorios y otros intercambios de información y experiencia y la armonización de los procedimientos.

OBJETIVO

1. Esta Guía dispone de los requerimientos generales de acuerdo con lo cual el laboratorio demostrara en sus operaciones, siendo así reconocida su competencia para realizar calibraciones específicas o pruebas.
2. Los requerimientos de información adicional la cual se tiene que divulgar para la evaluación de la competencia o para determinar el cumplimiento de otros criterios más específicos de la organización o autoridad que otorgue el reconocimiento (o aprobación) dependen sobre todo del carácter específico de la tarea o actividades del laboratorio.
3. Esta Guía es para ser usada en los laboratorios de Calibración y Prueba en el desarrollo e implementación de los sistemas de calidad, es también usado para la acreditación, certificación y otros concernientes a la competencia de los laboratorios.

5.2.2.1 PUNTOS NO-COINCIDENTES CON LA ISO-10012

- Organización y administración. Este punto nos habla de la identificación plena y concisa del laboratorio en forma legal, así como su personal técnico y administrativo. Personal de orden gerencial, organigrama de la organización marcando donde se encuentra ubicado el laboratorio.
- Informes de Calibración.² Aquí la diferencia es que en la Norma ISO-10012 se toman los registros como toma de datos e informes de calibración. En cambio en la ISO/IEC 25 se toma como si fuera separado el término registro solo toma en cuenta como y en donde se tomarán los datos. En informes de calibración nos mencionan los requisitos que deberán tener los informes de calibración mencionándose algunos a continuación.
Los resultados deberán ser claros, exactos y objetivos, mencionando el método y procedimiento que se utilizó.
Deberá incluir título, dirección, nombre del cliente, condiciones de calibración, resultados de las mediciones, incertidumbre asociada, persona que realizó las operaciones, etc.
- Resolución de Reclamaciones. Esta parte pudiera ser un poco parecida al punto de Equipo no conforme de la norma ISO-10012 pero en la Norma ISO/IEC además de abarcar esto se toma en cuenta alguna queja o reclamación del cliente de alguna parte de los servicios de calibración y no el echo de que un instrumento no sea apto para la calibración por falla o simplemente por sus características. Para esto el laboratorio debe de tener alguna política y un procedimiento a seguir en estos casos.

² En el caso del Cálculo de Incertidumbres que contempla la ISO-10012, la ISO-GUIDE 25 la contempla en el punto de Informe de Calibración.

RELACION DE LAS NORMAS INTERNACIONALES CON LA ISO-10012		
Norma ISO-10012	Norma BS15781	Norma ISO-IEC 25
1 Generalidades		Organización y Administración
2 Equipo de medición		2 Equipos patrón o de medición
3 Sistema de Confirmación	3 Sistema de calibración	
4 Auditorías y revisión periódica	4 Revisión Periódica del Sistema	4 Auditorías y revisiones del Sistema de Calidad
5 Planeación	5 Planificación	
6 Incertidumbre de la Medición	6 Limitaciones de Medición	
7 Procedimientos documentados	7 Procedimientos documentados	7 Procedimientos documentados
8 Registros	8 Registros	8 Registros
9 Equipo de Medición no conforme	9 Invalidación de calibración	
10 Etiquetado	10 Etiquetas de Calibración	* Informes de calibración
11 Lapsos de Confirmación	11 Intervalos de calibración	13 Contratos externos
12 Sellados de Integridad	12 Sello de integridad	13 Sub contratos de calibración
13 Servicio externos	13 Contratos externos	* Resolución de reclamaciones
14 Almacenamiento y manejo	14 Almacenamiento y manejo	14 Manejo de instrumento
15 Trazabilidad	15 Trazabilidad	15 Trazabilidad
16 Efecto acumulativo de Incertidumbres	16 Errores de efecto acumulativo	
17 Condiciones ambientales	17 Condiciones ambientales	17 Condiciones Ambientales
18 Personal	18 Entrenamiento personal	18 Personal

6. REQUISITOS PARA EL ACREDITAMIENTO DE UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN (REGULACIÓN NACIONAL)

En los siguientes documentos veremos los requisitos que los Laboratorios de Metrología deben cumplir para que puedan aspirar a obtener el acreditamiento y a su vez entrar al Sistema Nacional de Calibración. Pero para esto deberán cumplir con ciertos requisitos y apearse a la regulación que los siguientes documentos nos marcan. El primer documento se vera casi en su totalidad pues a nuestra forma de ver resulta muy importante, en cambio para los siguientes dos documentos se realizara un estudio de ella en forma critica puesto que son casi lo mismo por estos se tratara de forma critica

**6.1 DESCRICIÓN DEL DOCUMENTO SNC-01-1994
"CONDICIONES PARA EL ACREDITAMIENTO DE LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN"**

1. ALCANCE

Este documento aplica para todos los Laboratorios que proporcionan servicios de calibración al publico y deseen contar con el reconocimiento oficial que otorga la Secretaria de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), a través de la Dirección General de Normas (DGN)

2. PROCESO DE ACREDITAMIENTO

El acreditamiento de un Laboratorio estará basado en los siguientes criterios generales

- Aceptación de documentos que acompañan la solicitud
- Reporte de la visita a las instalaciones por parte de el Comité de evaluación.
- Dictamen técnico llevado a cabo por el **CENAM** para determinar la capacidad de medición y calibración del Laboratorio

Para esto deberá de cumplir con los siguientes requisitos.

- a) **Solicitud.**
 - a.1 Documentación. Esta corresponde al Documento SNC-03-1994 y una respuesta detallada al cuestionario que se encuentra adjunto en este
 - a.2. Alcance del acreditamiento. Cuando este otorgado el acreditamiento este solo será valido para las áreas e intervalos de medición especificados.

- b) **Revisión de la Solicitud.**
 - b.1) La Solicitud y la documentación anexa será revisada por la Dirección General del Normas y se formara el Comité de evaluación.
 - b.2)Ya aprobada la solicitud, la DGN solicita al Laboratorio se ponga en contacto con el CENAM para la evaluación técnica
 - b.) La DGN garantizara la confidenciabilidad hasta que el acreditamiento sea otorgado

- c) **Integración del Comité de Evaluación.**

La DGN designara o establecerá los mecanismos para designar a los evaluadores que participaran en la visita del Laboratorio. Estos serán elegidos de entre los representantes de los Laboratorios ya acreditados

- d) **Confidenciabilidad del Grupo de evaluadores.**

La DGN requerirá que los evaluadores que hayan sido designados firmen un contrato en el cual se establezca un compromiso de cumplimiento de las reglas incluso de las relacionadas con la confiabilidad

e) Visita de Evaluación o Reevaluación.

La DGN y el Laboratorio solicitante de común acuerdo fijarán la fecha de visita, esto será notificado al grupo de evaluadores

f) Evaluación y aprobación.

Después de su visita el grupo evaluador enviará un reporte con sus observaciones. En base a este reporte y el que respecta a la competencia técnica emitido por el CENAM, la DGN decidirá si otorga o no el acreditamiento

g) Post-evaluación.

El Laboratorio será avisado por escrito de los resultados de su evaluación o re-evaluación, tendrá 30 días después de recibir esta para presentar las acciones correctivas que implementará para resolver las deficiencias o comentarios. Estas deberán ser llevadas a cabo un plazo no mayor de 180 días después de que emitió su respuesta al reporte

h) Acreditamiento.

Notificación. La DGN notificará formalmente al Laboratorio si el acreditamiento ha sido o no otorgado o revalidado

Extensión del intervalo de Mediciones. El Laboratorio ya acreditado puede solicitar una extensión del intervalo de mediciones o una revisión de la exactitud de sus incertidumbres, respecto a lo establecido en sus certificados de acreditamiento

Cumplimiento continuo de los Requerimientos. El Laboratorio acreditado tiene la obligación de continuar cumpliendo con los requisitos y condiciones que avalaron su acreditamiento

3. TERMINACIÓN O RETIRO DEL ACREDITAMIENTO.

La terminación puede ser voluntaria del Laboratorio antes de que termine su acreditamiento o retirado por la DGN

1. Terminación.

Un Laboratorio puede renunciar voluntariamente a su acreditamiento, con al correspondiente notificación por escrito de a la DGN

2. Suspensión.

Esta podrá ser cuando se detecte que el Laboratorio no está cumpliendo con los términos de su acreditamiento. Esto será notificado por escrito requiriéndosele las acciones correctivas pertinentes, si el Laboratorio no iniciara las acciones correctivas en un plazo no mayor de 30 días, la DGN notificará por escrito la suspensión e su acreditamiento hasta el cumplimiento satisfactorio. Si después de 30 días no completa las acciones correctivas podría quedar sujeto a un retiro parcial o suspensión del acreditamiento.

3. Retiro de Acreditamiento.

El Laboratorio podrá apelar después de 30 días hábiles después de recibida la notificación de suspensión. Si no hubiera apelación o las acciones correctivas no fueran realizadas, la DGN retirará el acreditamiento. El retiro del acreditamiento no excluye la posibilidad de que el Laboratorio pueda volver a llenar una solicitud en una fecha posterior.

4. LINEAMIENTOS PARA LA PUBLICIDAD DE LOS LABORATORIOS ACREDITADOS.

1. La DGN hará publicidad a los Laboratorios acreditados de la siguiente manera

Capítulo 6. Regulación Nacional

- a) Por medio de un certificado oficial de acreditamiento, el cual puede ser exhibido públicamente
 - b) Inclusión del Laboratorio al "Directorio de Laboratorios de Calibración Acreditados al SNC" el cual se actualiza trimestralmente
2. Los Laboratorios podrán hacerse publicidad ellos mismos
- a) Usando el logotipo del SNC en sus informes de calibración, solo para las áreas e intervalos de medición acreditados.
 - b) Mención del SNC en su folletería promocional

6.1.1 COMENTARIOS:

Este documento nos muestra las condiciones principales que un Laboratorio de Metrología debe de contemplar para solicitar el acreditamiento o para su renovación. Nos muestra a grandes rasgos cual es el proceso de acreditamiento desde la solicitud del Laboratorio, así como los pasos que sigue la DGN para la conformación de el grupo evaluador. Pero no se indica si existe un padrón de evaluadores, solo se habla que serán de los demás laboratorios acreditados, pero hay que recalcar que podrían existir diferencias en experiencia, áreas de especialización, actualización de conocimientos y otros factores que pueden ser importantes en la selección del grupo evaluador.

Es aquí donde se redundaba mucho puesto que no se habla de un proceso de selección de los evaluadores, si esta será por experiencia o por la magnitud de su Laboratorio, o por tener características metrologías mayores (de exactitud e incertidumbre). Nos hablan también de cuando ya a sido otorgado el acreditamiento el Laboratorio tiene el compromiso de seguir cumpliendo con los requisitos que lo hicieron obtener el acreditamiento, pero además de cooperar con la DGN en los comités esto enriquece los conocimientos del personal que fue acreditado técnicamente y que será responsable del Laboratorio. Respecto a los tiempos de respuesta y satisfacción de deficiencias vemos que existen muchas lagunas de tiempo que pueden resultar en un largo y tedioso proceso de acreditamiento, además de que no mencionan que tanto contacto seguirá teniendo el Laboratorio con el grupo evaluador, hasta que este obtenga el acreditamiento. Es importante tomar en cuenta que el dentro de el grupo evaluador no deben existir intereses comerciales, así como nexos para que el papel del evaluador sea llevado a cabo efectivamente. En caso de que existiera se obtara por cambiar este evaluador por otro que no tenga tales nexos.

6.2 DESCRIPCIÓN DEL DOCUMENTO SNC-02-1994

"REQUISITOS GENERALES PARA EL ACREDITAMIENTO DE UN LABORATORIO DE CALIBRACION"

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION.

- a) Este documento establece los requisitos generales, de acuerdo con los cuales un Laboratorio puede demostrar que opera, si desea ser reconocido o acreditado como competente para llevar a cabo calibraciones con reconocimiento oficial
- b) La DGN puede especificar los requisitos adicionales y la información que debe presentar el Laboratorio para evaluar la capacidad o determinar la conformidad con otro criterio, dependiendo del carácter específico de la tarea del Laboratorio
- c) Este documento puede ser utilizado por un Laboratorio de calibración en el desarrollo o implementación de su sistema de calidad o ser utilizada por la DGN al evaluar la capacidad técnica y administrativa del Laboratorio

2. REFERENCIAS

Para la correcta interpretación de este documento se pueden consultar las siguientes normas y documentos complementarios:

Documento SNC-01-1994. Condiciones para el acreditamiento de Laboratorios de calibración
NMX-CC-2. Sistemas de calidad Gestión de calidad. Guía para la selección y el uso de normas de aseguramiento de calidad.

NMX-CC-7. Sistemas de calidad Auditorías de calidad.

NMX-Z-55. Metrología. Vocabulario de términos fundamentales y generales.

3. ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN

1. El Laboratorio deberá ser legalmente identificable.

2. El Laboratorio debe:

- a) Tener personal administrativo y recursos necesarios para cumplir con sus obligaciones
- b) El personal debe estar libre de presión comercial, financiera que afeste la calidad
- c) Mostrar evidencia de autoridad y relación del personal que ejecuta o supervisa el trabajo
- d) Mantener supervisión de métodos y procedimientos de calibración
- e) Contar con una persona que sea responsable de las operaciones técnicas
- f) Nombrar suplentes en caso de ausencia del responsable técnico
- g) Cuando sea posible, realizar pruebas de intercomparación con otros Laboratorios

4. SISTEMAS DE CALIDAD, AUDITORIAS E INSPECCIÓN.

1. El Laboratorio debe establecer y mantener un Sistema de calidad apropiado al tipo intervalo y volumen de actividades de medición y calibración. El Laboratorio debe documentar sus políticas y objetivos. El manual de calidad debe mantenerse actualizado.

2. El manual de calidad y documentación relacionada debe contener:

- a) Declaración de su política de calidad, objetivos, responsabilidades y recursos de la dirección
- b) Organización y estructura organizativa del Laboratorio
- c) Relación entre Administración, operación técnica, servicios de apoyo y sistema de calidad
- d) Procedimientos para control y mantenimiento de documentación
- e) Descripción del trabajo del personal y su interrelación con otras áreas
- f) Identificación de firmas aprobadas por el Laboratorio
- g) alcance de las áreas a ser acreditadas
- h) Referencia a los procedimientos de calibración utilizados
- i) Mención de los principales instrumentos de y patrones de medición
- j) Procedimientos para manejar quejas
- k) Procedimiento para garantizar protección a la confiabilidad y derechos de propiedad del cliente
- l) Procedimientos para auditorías

3. El Laboratorio debe prepararse para auditorías de sus actividades. Tales auditorías serán llevadas a cabo por personal entrenado y calificado.

4. El sistema de calidad debe ser revisado por la administración al menos una vez al año. Los fallos de las auditorías y acciones correctivas se deben documentar.

6. PERSONAL

- 1. El Laboratorio debe tener personal suficiente y capacitado**
- 2. El Laboratorio debe tener al personal actualizado**
- 3. El Laboratorio debe registros de capacitación, entrenamiento y experiencia**
- 4. El Laboratorio debe tener procedimientos para capacitar a personal de nuevo ingreso**

7. DISTRIBUCIÓN Y MEDIO AMBIENTE

- 1 Deberá tener adecuada distribución de áreas, fuentes de tensión, alumbrado, calefacción y ventilación
- 2 El Laboratorio debe contar con instrumentación para el monitoreo, control y registro de las condiciones ambientales, tales como partículas suspendidas, interferencias electromagnéticas, humedad, regulación de tensión, temperatura, ruido y vibraciones
- 3 Debe definir, controlar y restringir el acceso y uso de áreas que afecten la calidad de las mediciones
- 4 Medidas adecuadas de mantenimiento y limpieza

8. INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE REFERENCIA

- 1 El Laboratorio deberá contar con todos los instrumentos y accesorios para la correcta realización de las mediciones
- 2 Patrones e instrumentos de Medición deben ser mantenidos apropiadamente. Los procedimientos de mantenimiento deben ser documentados
- 3 Los patrones e instrumentos de medición deberán ser etiquetados, marcados, identificados, y que indiquen su condición de calibración
- 4 Se deberán mantener los registros de cada instrumento, estos deben incluir
 - a) Nombre del instrumento
 - b) Nombre del fabricante, Modelo, Número de serie u otra identificación
 - c) Fecha de recibido y entregado al responsable
 - d) Condiciones de cuando se recibió
 - e) Copia de instrucciones del fabricante

9. TRAZABILIDAD DE LAS MEDICIONES Y CALIBRACIONES.

- 1 Todos los instrumentos que tengan un efecto en la exactitud de las calibraciones, deben ser calibrados antes de ser puestos en servicio. El Laboratorio debe tener un programa establecido para la calibración
- 2 El Laboratorio debe asegurar que sus mediciones realizadas son trazables a patrones de medición nacionales
- 3 Los patrones de referencia propiedad del Laboratorio deben ser exclusivamente ser utilizados para calibraciones

10. MÉTODOS DE CALIBRACIÓN

- El Laboratorio debe tener documentos para uso y operación de instrumentos y patrones de medición estos deberán estar actualizados
- 2 Seleccionar métodos que hallan sido publicados en normas nacionales o internacionales
 - 3 La transferencia de cálculos y datos deberán estar sujetos a Supervisión
 - 4 Deberán existir procedimientos documentados para la adquisición, recepción y almacenamiento de instrumentos usados en operaciones técnicas

11. MANEJO DE LOS INSTRUMENTOS Y PATRONES A SER CALIBRADOS.

- 1 Deberá existir un procedimiento documentado para la identificación única de patrones y así evitar alguna confusión en su acreditamiento
- 2 Se deberán registrar cuando se reciban los instrumentos se deben registrar las condiciones de calibración incluído cualquier anomalía a las condiciones establecidas por el procedimiento de calibración
- 3 Deberá existir procedimientos documentados e instalaciones apropiadas para evitar el daño o deterioro a instrumentos y patrones de medición. Es importante monitorear las condiciones específicas a las cuales se deben trabajar los patrones

12. REGISTROS

El Laboratorio debe mantener un sistema de registro para satisfacer sus propias necesidades de información y cumplir con los requisitos de este documento. Los registros para cada calibración deberán contener información que permita su eventual repetición y se deberán almacenar en forma segura.

13. INFORMES DE CALIBRACIÓN.

1. Los resultados deben ser reportados, exacta, clara y objetivamente, sin ambigüedades y de acuerdo a los procedimientos de calibración. Los resultados serán normalmente reportados en un documento denominado "Informe de Calibración" en cual se cuidará que contenga toda la información necesaria.

2. El informe deberá contener:

- a) Un título "Informe de Calibración"
- b) Nombre y domicilio del Laboratorio
- c) Identificación única del Informe, número de página y total de páginas
- d) Nombre y dirección del cliente
- e) Descripción e identificación única del instrumento o patrón calibrado
- f) Fecha de ejecución de calibración
- g) Mediciones y resultados derivados
- h) Identificación de procedimiento utilizado
- i) Incertidumbre asociada
- j) Advertencia de que el informe de calibración no puede ser reproducido, excepto en forma completa, sin la aprobación por escrito del Laboratorio.

14. SUBCONTRATACIÓN DE SERVICIOS DE CALIBRACIÓN

- 1. El subcontratado deberá ser competente y capaz para desarrollar las actividades y cumplir con el mismo criterio de capacidad que el Laboratorio que lo contrata, esto debe ser comprobado.
- 2. El Laboratorio debe registrar y conservar detalles de la investigación de la capacidad de sus subcontratados.

15. SERVICIO DE APOYO Y SUMINISTRO

- 1. Cuando se obtengan servicios y suministros del exterior, el Laboratorio se debe asegurar solo aquellos que sean de la calidad adecuada.
- 2. El Laboratorio debe mantener registros documentados de los proveedores de los servicios de apoyo o suministro requiriendo para las calibraciones.

16. QUEJAS

1. El Laboratorio debe tener documentadas políticas y procedimientos para la solución de quejas recibidas de los clientes o de otras partes del mismo Laboratorio. Debe, además, mantener un registro de las quejas y de las acciones tomadas para resolverlas.

6.3 DESCRIPCIÓN DEL DOCUMENTO SNC-03-1994

"SOLICITUD DE ACREDITAMIENTO PARA LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN"

1. INTRODUCCIÓN

Para obtener el acreditamiento ante el Sistema Nacional de Calibración (SNC), administrado por la Dirección General de Normas (DGN) de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), los Laboratorios de calibración tienen que cumplir con los requisitos generales marcados en el documento SNC-02-1994 "requisitos para el Acreditamiento de un Laboratorio de Calibración", el cual está basado en el documento internacional ISO/IEC Guía 25 "Requisitos Generales para la competencia de Laboratorios de calibración y pruebas". Los Laboratorios tienen que demostrar su competencia para desarrollar mediciones específicas en el área en que deseen ser acreditados.

NOTA Es importante recalcar la ambigüedad de los dos documentos anteriores el SNC-02-1994 y el SNC-03-1994 que realmente son iguales. Vamos ahora a enunciar las similitudes.

Mientras que en el documento SNC-02-1994 como lo dice su nombre representa los "requisitos" que un Laboratorio debe cumplir, es decir, que la tomara como una guía a seguir para satisfacer con todos los requisitos que este documento especifica. En cambio el documento SNC-03-1994 que también como lo dice su nombre es la "solicitud" que un laboratorio hace para obtener el acreditamiento. En este documento todos los puntos que conforman el documento SNC-02-1994 están incluidos en este documento pero ahora es en forma de cuestionario. Así el laboratorio después de guiarse con el documento 2, llega el momento de llenar la solicitud y preguntarse si deberá cubrir con todos los requisitos. Es por esto que son iguales estos documentos.

Es aquí donde nos preguntamos que tan atinado es el tener estos dos documentos, es decir, si no sería más factible el solo tener un documento que enmarque todos los requerimientos que un Laboratorio debe cumplir. Es muy obvio lo redundante de las preguntas, puesto que esto puede resultar demasiado tedioso para el Laboratorio que solicita el acreditamiento.

Es importante también mencionar que el documento SNC-03-1994 intenta cuestionar los puntos más finos y claves, en algunas ocasiones lo logra, pero en otras ocasiones no logra su objetivo. Un ejemplo claro de cuando logra su objetivo se puede observar en el punto 1 ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN en el cual nos preguntan el tipo de instalación sea móvil, permanente o temporal lo cual resultaría muy importante para su evaluación, además pregunta la cantidad de personal tanto administrativo, profesional y técnico.

Pero en otras ocasiones no logra este objetivo y solo es redundante y repetitivo sin lograr a ser objetivo y prueba de ello se ve en el punto 4 DISTRIBUCIÓN Y REQUERIMIENTOS AMBIENTALES en cuanto a la descripción de las instalaciones del Laboratorio donde nos preguntan si existe sistema de iluminación, control de temperatura y humedad, para lo cual en el cuestionario solo existen tres respuestas: "S" igual a SI, "N" igual a NO y "N/A" igual a NO APLICA. Pero no indica que sería una adecuada iluminación, que tipo de control de temperatura y humedad sería el adecuado para el área a la que se pretende acreditar el Laboratorio, o en cuanto a equipo de emergencia solo pregunta si existe botiquín de primeros auxilios, Equipo de protección personal como batas, guantes y sistemas de protección contra incendios como alarma, detectores de humo, extinguidores de fuego. Aquí solo se pregunta el número y última revisión, pero sería conveniente que especificara el tipo de extinguidor adecuado para cada Laboratorio de las diferentes áreas por los distintos materiales con los que se tiene contacto. En cuanto a los guantes de igual forma no especifica cuales serán los adecuados, puesto que uno que protege contra descargas eléctricas no servirán para los que manejan materiales de referencia y viceversa. En cuanto a botiquín de primeros auxilios debería de poner énfasis en cuales serían los medicamentos adecuados para cada área. Sea para un Laboratorio de pruebas que manejen sustancias químicas o corrosivas, o en un Laboratorio del área eléctrica, etc.

Estos solo son algunos ejemplos de lo redundante de los dos documentos no sin antes reconocer que el documento 3 también tiene cosas muy interesantes, y preguntas que no se ven en el documento 2. NO intentamos crear un nuevo modelo a la solicitud de acreditamiento solo son comentarios que no ponen en duda su eficacia, puesto que este trabajo intenta mejorar el proceso de acreditamiento de los Laboratorios interesados. Con el mejoramiento de estos documentos ya sea de solo hacer un solo documento, o hacer el documento 3 más específico ayudaría a los Laboratorios puesto que existirían menos deficiencias cuando el Grupo evaluador nombrado por la DGN los visite, ya que las deficiencias no serían tan graves con un documento más específico sin restarle responsabilidad de investigación al Laboratorio con lo cual resultaría en un proceso de acreditamiento más rápido y eficiente, más adelante hablaremos de la unificación de los criterios de los evaluadores.

7. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ACREDITAMIENTO DE LABORATORIOS.

En este capítulo se expondrá la forma anterior y actual de acreditamiento de los laboratorios de Metrología, pudieran encontrarse en esta explicación alguna relación con las normas que anteriormente hemos estado exponiendo.

7.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ANTERIOR DE ACREDITAMIENTO.

El anterior sistema que había implantado la DGN pretendía conservar el procedimiento de evaluación del sistema de calidad de los laboratorios en los que se refiere a aspectos tales como organización, personal, manual de procedimientos, instalaciones, archivos, seguridad y supervisión, a través de los comités técnicos como hasta ahora se sigue realizando, e incluía la certificación de la capacidad técnica que otorgaba el CENAM. Esta certificación se hacía por medio de Servicio de Certificación de Laboratorios de Calibración (SECLAC).

Se describirá en dos puntos el procedimiento que debía seguir un laboratorio que deseaba ser acreditado y una descripción de los mecanismos que establecía el SECLAC para otorgar su certificación.

1. PROCESO DE ACREDITAMIENTO

El acreditamiento de un laboratorio estaba basado en los siguientes criterios generales:

- a) Aceptación de la DGN de los documentos que acompañaban a la solicitud.
- b) Análisis de los reportes de la visita que el Comité de Evaluación practicaba a las instalaciones del laboratorio.
- c) Dictamen técnico llevado a cabo por Centro Nacional de Metrología, a través de su Servicio de Certificación de Laboratorios de Calibración (SECLAC) para determinar la capacidad de medición y calibración del laboratorio.
- d) Los laboratorios que obtuvieran este certificado, debían mantener su validez.

1.1 SOLICITUD

1.1.1 Documentación

El laboratorio debía de enviar la siguiente documentación a la DGN, para iniciar el proceso de acreditamiento:

- a) Solicitud requisitada.
- b) Respuesta detallada al cuestionario encontrada en el documento SNC-03-1994 anteriormente mencionada, y
- c) El manual de calidad del laboratorio (organización y procedimientos).

1.2 REVISIÓN DE LA SOLICITUD

La solicitud y la documentación anexa a ella eran revisadas por la DGN y cualquier información adicional indispensable era requerida al laboratorio. Cuando la documentación estaba completa, se informaba al comité de evaluación y se programaba la visita al laboratorio. Cuando se trataba de un laboratorio ya acreditado, se revisaba cualquier información nueva adicional, antes de la re-evaluación.

Capítulo 7. Sistemas de Acreditamiento

Una vez aprobada la solicitud y la documentación presentada por el laboratorio, la DGN solicitaba al laboratorio ponerse en contacto con el CENAM para proceder con la evaluación técnica que proporcionaba por medio del SECLAC. La DGN remitía una copia de toda la documentación al CENAM.

La DGN garantizaba la confiabilidad de la información contenida en la solicitud o en cualquier otro documento, así como de la información que se obtuviera durante la evaluación. La identificación del laboratorio solicitante era mantenida en forma confidencial hasta que el acreditamiento fuera otorgado.

1.4 INTEGRACIÓN DEL COMITÉ DE EVALUACIÓN

La DGN designaba, o establecía mecanismos para designar, a los evaluadores que participaban en la visita a las instalaciones del laboratorio. Esta designación recaía en los representantes de los laboratorios acreditados; personal del CENAM o especialistas en el área de medición que aceptarían participar, aun cuando no tuvieran relación con el SNC.

1.4 CONFIDENCIABILIDAD POR PARTE DE LOS EVALUADORES.

La DGN requería que los evaluadores firmaran un contrato el cual establecía su compromiso para cumplir con las reglas definidas, incluyendo aquellas relacionadas con la confiabilidad de la información, la independencia de sus criterios de evaluación respecto a cualquier tipo de interés comercial y cualquier asociación previa del laboratorio con el evaluador.

1.5 VISITA DE EVALUACIÓN O REEVALUACIÓN

La DGN y el laboratorio solicitante acordaban mutuamente la fecha de la visita. Respecto al grupo de evaluadores designados, la DGN notificaba sus nombres con suficiente anticipación al laboratorio para que este aprobara dichas designaciones.

1.6 EVALUACIÓN Y APROBACIÓN.

Una vez que se habían contemplado todas las acciones requeridas, el grupo de evaluadores designados por la DGN, enviaba un reporte con las observaciones que se habían derivado de la visita. En base a este y el dictamen técnico que daba el CENAM, la DGN decidía aprobar, o no, el acreditamiento del laboratorio.

1.7 POST-EVALUACIÓN

El laboratorio era notificado por escrito acerca de los resultados de la evaluación o re-evaluación, por lo que sus comentarios y soluciones las debía de emitir en un plazo no mayor de 30 días después de recibir dicho reporte. En caso de rebasar este periodo de tiempo, el laboratorio debía de llenar una solicitud nuevamente.

1.8 ACREDITAMIENTO.

El laboratorio debía esperar resultados y seguir los siguientes pasos:

- A) Notificación
- B) Extensión del intervalo de mediciones (Opcional)
- C) Cumplimiento continuo de los requerimientos

1.9 TERMINACIÓN Y RETIRO DEL ACREDITAMIENTO

El acreditamiento podía ser terminado por el laboratorio, antes del fin del periodo de vigencia o retro por la DGN. Teniendo tres opciones:

- a) Terminación
- b) Suspensión
- c) Retiro del acreditamiento
- d) Nueva solicitud del acreditamiento

2. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO DE CERTIFICACIÓN DE LABORATORIOS (SECLAC)

El Servicio de Certificación de Laboratorio de Calibración tenía como objetivo la certificación de la capacidad técnica de los laboratorios, con el fin de establecer confianza en sus resultados de medición, los valores de las incertidumbres que les son asociadas y su trazabilidad a los patrones nacionales.

Este sistema estaba dirigido a todos los laboratorios de calibración que deseaban obtener esta certificación, la certificación SECLAC era la base técnica sobre la cual se otorgaba el acreditamiento de los laboratorios del Sistema Nacional de Calibración.

2.1 PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN

La verificación de las capacidades de medición de los laboratorios, evaluados por el SECLAC se realizaban usando patrones de referencia o de transferencia y de aparatos de medición. El proceso de verificación de mediciones empleando patrones de referencia se llama "Verificación de Mediciones por Trazabilidad" mientras que la verificación a través de patrones o dispositivos de control se llama "Verificación de Mediciones por Aparatos". Cada magnitud para la cual se declaraba la capacidad de medición se verificaba usando este proceso.

2.2 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE MEDICIONES DEL LABORATORIO.

SECLAC llevaba a cabo la evaluación de la capacidad de medición usando los patrones de referencia o de transferencia pertenecientes al laboratorio que estaba siendo evaluado. Los laboratorios debían tener sus patrones de referencia o transferencia calibrados por un laboratorio de mayor jerarquía, normalmente el CENAM, con el objeto de satisfacer el criterio de trazabilidad del programa SECLAC. La frecuencia de estas calibraciones se establecía por el laboratorio evaluado y sujeto a una revisión por el programa SECLAC, con posibles ajustes subsiguientes. El programa SECLAC tenía siempre la opción de determinar posibles cambios en la frecuencia de evaluación, si los resultados así lo ameritaban.

Era necesario que los laboratorios proporcionaran al programa SECLAC los valores de sus patrones de referencia o transferencia antes de ser calibrados y después de ser regresados al laboratorio, con el fin de cuantificar su variación en el tiempo. Estos patrones debían calibrarse por el CENAM, o por algún otro Laboratorio Nacional de Metrología reconocido por el SECLAC o bien algún laboratorio reconocido por el SNC con trazabilidad al CENAM. Era posible aceptar servicios de calibración de otros países, siempre y cuando el CENAM haya firmado con estos convenios de reconocimiento mutuo.

El valor o los valores reportados por el laboratorio en evaluación podían obtenerse usando varios métodos:

- * El laboratorio podía medir el patrón mediante estudios de intercomparación interna, de variabilidad u otros e informar su valor con una declaración de incertidumbre. Este es el método que debiera ser usado por todos los laboratorios que brinden un servicio tipo 1.

Capítulo 7. Sistemas de Acreditamiento

* El valor informado podía ser una proyección basada, en resultados previos con valores apropiados de incertidumbre

* Finalmente el Valor informado podía ser el último valor asignado al patrón por un laboratorio de mayor jerarquía la cual debía dar referencia del valor de incertidumbre

En la medida que un laboratorio conociera mejor sus patrones, menor sería el nivel de incertidumbre. Estos factores debían ser tomados en consideración al momento de estimar la incertidumbre total, para apoyar las capacidades declaradas.

Los reportes eran entonces completamente analizados por el SECLAC y por la sección CENAM involucrada. Los análisis incluyen los procesamientos de los datos con algoritmos e hipótesis de prueba, empleando herramientas estadísticas apropiadas. El análisis se diseñaba para producir tres posibles conclusiones. La primera conclusión era aquella en la cual se indicaría que el resultado de la medición se encontraba dentro del alcance de la certificación, la segunda conclusión citaría que los resultados eran cuestionables y que requerían de un mayor análisis, y la tercera conclusión indicaría que la verificación debía ser repetida o bien que el alcance de la certificación debía ser modificado.

El laboratorio en evaluación se mantenía informado de los resultados. El CENAM coordinaba con el laboratorio las acciones subsiguientes derivadas del análisis hasta obtener un resultado definitivo de la evaluación.

2.3 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE MEDIR DEL LABORATORIO POR APARATOS.

SECLAC llevaba a cabo evaluaciones de capacidad de medición usando patrones y/o dispositivos de control (aparatos) para los valores de las magnitudes para las cuales se hacía la solicitud. SECLAC podía omitir este requisito siempre que el CENAM no dispusiera de los recursos necesarios para que la evaluación no fuera completamente concluyente o por diversas razones. Esta evaluación normalmente se llevaba a cabo por vez primera cuando el laboratorio era evaluado para obtener la certificación, sin embargo, el laboratorio podía ser evaluado mediante esta técnica en cualquier momento, si el programa SECLAC determinaba que el funcionamiento del laboratorio evidenciaba cambios, ameritando una nueva evaluación.

Cada magnitud era evaluada por uno o por más aparatos, seleccionados cada una para representar una condición de medición común dentro del laboratorio. Los aparatos eran también seleccionados para poder enfrentar situaciones de medición complicadas, incluyendo los extremos del intervalo de medición, etc.

La selección era hecha por el personal del SECLAC y por especialistas del CENAM en los campos relevantes para la evaluación. Así, el CENAM caracterizaba o calibraba los parámetros apropiados bajo condiciones adecuadas y lo enviaba al laboratorio en evaluación. Todos los detalles de los resultados de medición se mantenían en forma confidencial hasta el término de la evaluación. SECLAC proporcionaba al laboratorio una serie de instrucciones a seguir incluyendo un calendario para la calibración del aparato. El laboratorio debía seguir estas instrucciones y mantener el calendario, a menos que recibiera autorización del SECLAC para desviarse del mismo. El laboratorio debía calibrar al aparato y proporcionar un reporte similar al proporcionado a un cliente típico. El contenido del reporte debía estar de acuerdo a la guía CNM-STD-DF-003 sección 5.5 referente a los reportes para clientes externos.

El informe debía incluir el valor medido, así como una declaración de la incertidumbre. La declaración de la incertidumbre debía incluir un valor numérico para la misma, la cual debía ser igual o menor al valor indicado en los alcances de la certificación. Si la incertidumbre declarada era menor a la que se especificaba en los alcances de la certificación, este valor se consideraba como un componente del cálculo total de incertidumbre para fines de certificación.

Una vez que el laboratorio había completado sus mediciones, el aparato era devuelto al CENAM empleando para ello el medio de transporte más apropiado. El CENAM repetía las mediciones en el aparato y evaluaba, entre otros, los efectos debidos al transporte. Los resultados de estas tres acciones de calibración eran completamente analizados por el SECLAC y la sección del CENAM involucrada.

2.4 TIPOS DE CAPACIDADES DE MEDICIÓN

El programa SECLAC emitía un certificado único para todos los laboratorios que demostraban satisfactoriamente sus capacidades de medición. Sin embargo, con el fin de facilitar la identificación del tipo de servicio que ofrecía un laboratorio certificado, las capacidades de medición se clasificaban dentro de los siguientes tipos:

TIPO I Certificaba la capacidad de calibrar patrones de medición. Su sistema tenía la capacidad de cuantificar continuamente sus niveles de incertidumbre y evaluar sus procesos de medición. Mantenía un alto nivel de control ambiental e informaba los valores de sus mediciones con una incertidumbre a cierto nivel de confianza.

TIPO II Certificaba la capacidad de calibrar equipo de pruebas, diagnóstico y mediciones para la fabricación y servicios de productos. Contaba con los patrones necesarios para calibrar de acuerdo a tolerancias, normalmente especificadas por un fabricante o por las normas vigentes. Tenía la capacidad de verificar sus patrones y mantenía un control ambiental adecuado. Reportaba sus mediciones e indicaba si el equipo calibrado cumplía las especificaciones.

TIPO III Certificaba laboratorios que contaban con patrones de referencia o de trabajo apropiados y cuya misión principal era establecer una referencia natural de calibración, es decir sin considerar los efectos de las magnitudes de influencia. Dependiendo casi exclusivamente de los valores asignados a sus patrones por otros laboratorios de mayor jerarquía para asignar valores o verificar el cumplimiento de especificaciones del equipo calibrado. Podía ser un laboratorio de campo, sujeto a una amplia gama de efectos ambientales.

2.5 RELACIÓN CON EL SISTEMA NACIONAL DE CALIBRACIÓN:

- Los laboratorios que solicitaban el acreditamiento por parte de la DGN debían solicitar al CENAM la certificación técnica de sus mediciones (**Certificado SECLAC**)
- Las cuotas requeridas por el CENAM debían ser pagadas directamente a ese centro
- El certificado SECLAC estaba disponible a cualquier laboratorio que lo solicitara aun cuando no se encontrara en proceso de acreditamiento
- El certificado SECLAC no cubría aspectos organizacionales, financieros, ni operacionales de los laboratorios, por lo que la evaluación quedaba a criterio de la DGN

2.6 INFORMACIÓN REQUERIDA PARA LA CERTIFICACIÓN POR EL SECLAC:

La evaluación técnica para obtener el certificado SECLAC requería de una amplia gama de detalles técnicos o información complementaria. Los laboratorios solicitantes debían familiarizarse con estos requerimientos y proveer la siguiente información:

- I. Una lista de magnitudes medibles en términos de unidades físicas para las cuales se requería un certificado SECLAC. Esta lista debía incluir los valores especificados o el intervalo

de medición, la incertidumbre y todas las restricciones asociadas con cada magnitud (incluyendo el medio ambiente)

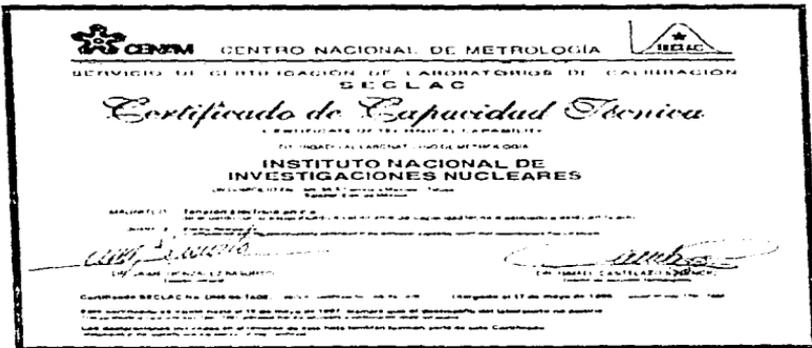


Figura 7.1.1 Certificado de Capacidad Técnica del SECLAC

II. Una lista de los alcances de medición del laboratorio con sus mejores incertidumbres (mas pequeñas) para todas las magnitudes. Las declaraciones de incertidumbre debían ser acompañadas por un nivel de confianza expresado en forma de porcentaje o de un múltiplo de la desviación estándar, preferentemente 95% o dos desviaciones estándar.

III. Una lista de equipos de apoyo para la medición de los valores específicos o intervalos para cada magnitud. El equipo debía ser identificado completamente con respecto a su papel y función, incluyendo el intervalo y el origen de la calibración.

IV. Evidencia escrita documental que demostrara la trazabilidad de patrones, incluyendo los certificados de calibración más recientes de todos los patrones de referencia que soportan cada magnitud y otra evidencia de apoyo que se considerara necesaria.

V. Una explicación detallada del procedimiento y una lista de los componentes individuales usados para calcular la incertidumbre declarada asociada a cada magnitud.

VI. Documentación de apoyo y evidencia objetiva, tales como los datos de medición analizados, indicando el control adecuado del proceso de medición de cada magnitud.

VII. Una descripción de los procedimientos de control de calidad y de mantenimiento para usar y medir los equipos.

7.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE ACREDITAMIENTO

Este se divide en dos secciones, en la primera de ellas se describe la mecánica que se sigue en la evaluación de los laboratorios y en la segunda se describen y comentan los criterios que se aplican así como la interpretación de los requisitos mínimos.

1. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

Cuando un laboratorio desea ser acreditado llena la forma SNC-D2 y la presenta ante la DGN la cual la turna al Comité Técnico correspondiente de acuerdo al área metroológica que se trata, en el comité se nombran los evaluadores que realizarán la auditoría en forma conjunta con un representante de la DGN. La fecha de evaluación se establece previa conformidad entre el laboratorio, los evaluadores y la DGN generalmente en un plazo no mayor de 30 días.

La evaluación se inicia con una entrevista de los evaluadores con los titulares del laboratorio en la que se informa y se aclara cualquier duda o confusión sobre la forma en que se llevara a cabo la evaluación,

incluyendo los siguientes aspectos:

- a) Introducción y presentación de las partes
- b) Explicación del propósito de la evaluación
- c) Función de los evaluadores-asesoría. Conocimiento de la operación del laboratorio en aspectos administrativos y técnicos.
- d) Compromiso con el laboratorio de que toda la información será manejada confidencialmente.
- e) Compromiso del laboratorio para tomar en cuenta las observaciones de los evaluadores y dar las facilidades para realizar la evaluación.

La evaluación se desarrolla con la ayuda de la guía SNC-D3 que contiene los elementos esenciales que deben ser revisados y que corresponden a los requisitos mínimos que debe cumplir un laboratorio para ser autorizado, en ocasiones el evaluador aplica su criterio profesional basado en su experiencia para resolver sobre aspectos particulares que no estaban previstos.

A fin de lograr una evaluación imparcial todas las observaciones deben basarse en evidencias concretas sobre la actividad del laboratorio tanto para deficiencias que requieran de medidas correctivas, como para aspectos que requieran alguna modificación, todas y cada una de estas observaciones deben darse a conocer al laboratorio.

Para llevar a cabo la evaluación, se utilizan formatos que marcan uno a uno de los puntos que deben calificarse, para lo cual existe el siguiente código:

SATISFACTORIO (S)	Cuando se cumple con el requerimiento
SATISFACTORIO CON RECOMENDACIÓN (SR)	Cuando para cumplir el requisito era necesario algún cambio o mejora.
NO SATISFACTORIO (NS)	Cuando no se cumple con el requisito
NO APLICABLE (NA)	Cuando el concepto no era aplicable al caso del laboratorio en cuestión

Capítulo 7. Sistemas de Acreditamiento

El evaluador debe dejar asentado en el espacio correspondiente sus observaciones acerca de cada punto, determinando en cada caso el grado de repercusión de las deficiencias en las mediciones del laboratorio.

Una vez que los evaluadores han completado la evaluación se reúnen en privado para hacer un recuento de las observaciones hechas por cada uno, con el objeto de definir sus conclusiones con respecto al laboratorio en todos los aspectos evaluados y hacer una estimación de su grado de conformidad con los requisitos para obtener su autorización.

En este intercambio de opiniones, deben resumirse las deficiencias encontradas en forma concreta, junto con las observaciones o recomendaciones a que de lugar. También se debe describir la correlación entre las deficiencias que indican una debilidad general del sistema o que por lo contrario vistas en conjunto, no presentan dificultades para su acreditamiento.

Al final de la evaluación se realiza una reunión final con los representantes del laboratorio para presentarles un corto y objetivo repaso del resultado de la evaluación que incluye un recuento de todos aquellos comentarios, observaciones o recomendaciones que se hayan echo en el transcurso de la evaluación, además se indica el seguimiento que se dará a los resultados de la evaluación en el comité y en la DGN.

Con la información recabada, el representante de la DGN elabora un resumen de los resultados de la evaluación y lo notifica por escrito al personal del laboratorio, el cual tiene el compromiso de resolver las deficiencias encontradas a la brevedad posible. Una vez tomadas las acciones correctivas pertinentes, el laboratorio notifica a la DGN y está a su vez a los evaluadores que determinan si es o no necesario hacer una segunda visita. Una vez que se consideran como satisfechas las observaciones y recomendaciones se otorga el acreditamiento.

8. ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA NACIONAL DE CALIBRACIÓN

Para visualizar las actividades que competen al Sistema Nacional de Calibración (SNC) es necesario primeramente dar un repaso a las actividades del organismo rector del SNC, nos referimos al Dirección General de Normas (DGN) de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) mostrando sus objetivos y alcances, para posteriormente estudiar al SNC, los consejos y los comités evaluadores de área.

8.1 DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS

La Dirección General de Normas (DGN) esta dedicada a realizar y coordinar las actividades relacionadas con Normalización, Metrología, Certificación y Acreditamiento. La DGN es la unidad rectora del Sistema Nacional de Calibración (SNC) y la responsabilidad operativa recae en el Departamento del mismo nombre, adscrito a la Subdirección de Metrología.

8.1.1 FUNCIONES:

Aplicar la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

8.1.2 OBJETIVO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS

Establecer, expedir y difundir las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y Normas Mexicanas (NMX) además de acreditar a los Organismos Nacionales de Normalización (ONN), Organismos de Certificación, Unidades de Verificación y laboratorios de Prueba y calibración (SNC y SINALP).

Además de promover la productividad y la calidad de la producción nacional en apoyo al desarrollo de la planta productiva y el comercio exterior, así como en la protección del consumo interno, la modernización comercial y el abasto.

8.1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS

8.1.3.1 DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN.

OBJETIVO.

Coordinar y evaluar la emisión de documentos conteniendo los lineamientos, directrices y reglamentos para las actividades de la Comisión Nacional de Normalización.

FUNCIONES

Autorizar y proponer las normas a las que deben sujetarse la información comercial de bienes y servicios.

8.1.3.1.1 SUBDIRECCIÓN DE METROLOGÍA.

OBJETIVO.

Coordina las actividades que en materia de Metrología legal, efectúa la Dirección General de Normas, incluyendo aquellas relacionadas con el Sistema Nacional de Calibración, Normalización Metrología y actividades de la Conferencia Nacional de Pesas y Medidas.

FUNCIONES.

Definir, coordinar y evaluar acciones específicas para estimular el uso y aplicación del Sistema General de Unidades de Medida.

8.1.3.2 DIRECCIÓN DE ACREDITAMIENTO.

OBJETIVO.

Coordinar y evaluar el acreditamiento de Unidades de Verificación, de Laboratorios de Prueba (SINALP), de Organismos de Certificación

FUNCIONES.

Coordinar y regular las directrices y lineamientos para el Acreditamiento de Laboratorios de prueba (L.P), Unidades de Verificación (U.V) y Organismos de Certificación (O.C)

8.1.3.3 DIRECCIÓN DE CERTIFICACIÓN.

OBJETIVO.

Supervisar y controlar la certificación de productos y servicios sujetos al cumplimiento con NOM
FUNCIONES.

Supervisar la expedición de certificados de conformidad con las Normas Oficiales Mexicanas

8.1.3.4 DIRECCIÓN DE ASUNTOS INTERNACIONALES

OBJETIVO.

Coordinar, asesorar y apoyar las reuniones y eventos internacionales relacionados con la participación de Delegaciones Mexicanas en Organismos Internacionales relacionados con las atribuciones emanadas de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización

FUNCIONES.

Coordinar y dar seguimiento a todos los asuntos que resulten de compromisos internacionales asumidos por México en materia de Metrología, Acreditamiento, Normalización y Certificación

8.1.3.4.1 SUBDIRECCIÓN DE PROMOCIÓN

OBJETIVO.

Promover y difundir a nivel nacional e internacional las actividades relacionadas a Normalización, Acreditamiento, Metrología y Certificación de conformidad a su competencia

FUNCIONES.

Promover y brindar el apoyo necesario en lo relativo a Normalización y certificación, así como al Sistema Nacional de Calibración (SNC), Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas (SINALP) y en la formación de Organismos Nacionales de Normalización (ONN), Unidades de Verificación (UV) y Organismos de Certificación (OC)

Es de nuestro interés la Subdirección de Metrología, puesto que ahí se encuentra contemplado el Sistema Nacional de Calibración

8.1.4 ANTECEDENTES DE LA NORMALIZACIÓN EN MÉXICO

El primer antecedente de la normalización en México se encuentra en el área de la Metrología, en 1906 fue creado el Departamento de Pesas y Medidas en la Secretaría de Fomento, Colonización, Industria y Comercio. Su importancia y las actividades crecieron de tal forma que en 1943 fue elevado al rango de Dirección General de Normas, con el consiguiente desarrollo de las áreas relativas a la normalización y el control de la calidad.

En el año de su creación, la DGN dependía de la Secretaría de la Economía Nacional y contaba con un Departamento de Normalización encargado de estudiar, discutir, formular y aprobar las normas que regían la calidad, el funcionamiento y lenguaje técnico industrial a que debían sujetarse los productos industriales.

El 7 de abril de 1961 se expidió la Ley General de Normas, Pesas y Medidas, con la cual se ampliaron las atribuciones y actividades de la Dirección General de Normas en materia de normalización y control de la calidad de la producción industrial, y se crearon las bases de operación del principal instrumento de fomento de la calidad, mediante la certificación oficial de la

calidad, esto es, el Sello Oficial de Garantía, además, se sentaron las bases de operación de los Comités Consultivos de Normalización

El 12 de febrero de 1986 se publicaron las modificaciones al Reglamento Interior de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, mediante ellas se transfirieron las funciones relativas a la regulación de los servicios públicos de energía eléctrica y de gas a la Dirección General de Inspección y Vigilancia, quedándole a la Dirección General de Normas, exclusivamente las atribuciones relativas a la normalización integral

8.1.5 ATRIBUCIONES DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS

- Formular, revisar, aprobar, expedir, y difundir las normas oficiales mexicanas y normas mexicanas en el ámbito de competencia de la Secretaría
- Establecer, coordinar y presidir el Comité Consultivo Nacional de Normalización dentro de la competencia de la Secretaría
- Fungir como Secretario Técnico de la Comisión Nacional de Normalización y coordinar sus organismos de colaboración
- Acreditar, verificar y vigilar los Organismos Nacionales de Normalización y, en su caso, participar en su órgano de gobierno, así como suspenderlo o revocar su acreditamiento
- Prestar los servicios inherentes a la certificación, calibración y aseguramiento de la calidad y supervisar la prestación de estos servicios por parte de los particulares
- Acreditar, verificar y vigilar a los organismos de certificación, laboratorios de prueba y de calibración, unidades de verificación y demás organismos relacionados con la conformidad y calidad de productos, bienes y servicios, así como renovar, suspender y revocar los acreditamientos
- Coordinar al Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Prueba (SINALP) y del Sistema Nacional de Calibración (SNC), así como el acreditamiento de Organismos de Normalización, Certificación y Unidades de Verificación
- Certificar el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas, la conformidad de las Normas Mexicanas y que los productos han sido elaborados con determinadas materias primas o materiales o mediante procedimientos específicos
- Promover, difundir, establecer las políticas y efectuar la investigación, análisis y demás aspectos relacionados con la normalización, Metrología y certificación del cumplimiento y de la calidad, y coordinarse, en su caso con las dependencias competentes y con los organismos de normalización y certificación, los laboratorios y unidades de verificación acreditados, así como vigilar el uso adecuado del equipo e instalaciones necesarias requeridas para estas funciones
- Aplicar la Ley Federal sobre Metrología y Normalización en el ámbito de competencia de la Secretaría, y la ley federal de Protección al Consumidor, así como las disposiciones derivadas de dichas leyes, en lo relativo a la formación, revisión, aprobación, expedición, difusión y certificación de las normas oficiales mexicanas
- Participar en el diseño e instrumentación de mecanismos orientados a propiciar la adopción de prácticas que eleven la calidad en la producción industrial
- Participar en las negociaciones internacionales que corresponda al ámbito de sus atribuciones

8.1.5 SERVICIOS MAS IMPORTANTES QUE PROPORCIONA LA DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS

La mayoría de servicios que proporciona la DGN tienen su origen en las áreas operativas de control, verificación, calibración y certificación de la calidad, y se derivan de la aplicación de las disposiciones legales y los resultados obtenidos en la normatividad.

Capítulo 8. Sistema Nacional de Calibración

Información comercial:	<i>Emisión de resoluciones sobre información contenida en las etiquetas, envases de los productos.</i>
Normas obligatorias y Expedición de certificados de Calidad:	<i>Autorizar el uso del topotipo (NOM) en los Sello Oficial de Garantía Refrendo de la autorización. Expedición de certificados de calidad a productos.</i>
Usos de los instrumentos de Medición:	<i>Verificación y certificación de instrumentos de medición.</i>
Sistema Nacional de Calibración:	<i>Certificación de la calibración a patrones e instrumentos de Medición. Autorización a laboratorios de metrología para proporcionar servicios de calibración.</i>

8.2 EL SISTEMA NACIONAL DE CALIBRACIÓN

Dentro del marco de desarrollo tecnológico, económico e industrial de un país, la Metrología es uno de los aspectos importante para lograr un buen nivel competitivo de los productos elaborados dentro de los diversos procesos de producción. Solo se puede obtener ese nivel mediante el control de la calidad en los procesos productivos, para lograrlo es necesario contar con una secuencia de medición dentro de las diversas etapas del proceso, a fin de optimizar el control.

La secuencia de medición depende principalmente de contar con equipo, procedimientos y personal técnico que pueda medir e indicar con la exactitud requerida y con la confiabilidad requerida las diversas variables que se manejan durante el proceso.

De ahí podemos decir que, dependiendo de la etapa del proceso en que se realice la medición, así será la exactitud que deba tener el instrumento utilizado.

Podemos establecer que, según las necesidades, hay diferentes niveles de exactitud, en el extremo están los instrumentos más exactos y con más resolución llamados patrones, que sirven de modelo o referencia para los demás.

En el caso mexicano, el industrial se ve en la necesidad de comprobar la exactitud indicada por sus instrumentos en concordancia con patrones, lo que requiere establecer un Sistema de Laboratorios que permite transferir la exactitud de los patrones a los instrumentos de medición utilizados en la industria.

Ante esta necesidad se creó por decreto presidencial, el 9 junio de 1980, el Sistema Nacional de Calibración, se lleva a nivel de Ley el 26 de enero de 1989, Ratificándose el 1 de Junio de 1992, con la publicación en el Diario Oficial de la Federación de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, con el objeto de procurar la uniformidad y confiabilidad de las mediciones que se realizan en el país, tanto en lo concerniente a los procesos industriales, como en las transacciones comerciales y sus respectivos trabajos de investigación y de desarrollo tecnológico.

8.2.1 DISPOSICIONES LEGISLATIVAS

- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

8.2.2 DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS

- Reglamento Interior de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- Directrices del Sistema Nacional de Calibración: SNC-01, SNC-02, SNC-03, vistos anteriormente.

8.2.3 OBJETIVOS.

Los objetivos del sistema se pueden resumir en

- Integrar un Sistema de Calibración que, a nivel nacional, asegure la transferencia de la exactitud a través de los diferentes eslabones de la cadena metrología, estableciendo y manteniendo para ello patrones nacionales, en las diferentes magnitudes existentes, que satisfagan las necesidades de medición en el país, logrando por ende que los servicios que preste sean reconocidos por organismos metrologicos internacionales con base en la calidad y confiabilidad de los mismos.

- Estructurar un Sistema de Laboratorios que brinden Servicios de Calibración, cuyas instalaciones, equipos, personal técnico y métodos operativos sean los adecuados para asegurar la confiabilidad de los servicios, además generar cursos de capacitación a personal técnico relacionado con las áreas de la Metrología, motivar el intercambio científico con organismos internacionales y crear programas de promoción y difusión, buscando con esto una mejor relación entre la planta industrial y el Sistema Nacional de Calibración, con el fin de tener un mejor nivel metrologico en el país.

- Finalmente lograr la optima calidad de los productos para ser competitivos en los mercados nacional e internacional, proteger al consumidor en sus transacciones comerciales y evitar la fuga de divisas, el poder prestar este servicio en el país.

8.3 CONSEJO

Este se conforma por los representantes del Comité de evaluación de cada área, los cuales se reúnen mensualmente con el Jefe del Departamento del SNC perteneciente a la Subdirección de Metrología de la DGN para revisar asuntos concernientes al SNC buscando solucionar problemas, irregularidades a los que se este enfrentando. Si alguna área del SNC tuviera problemas ya sea de carácter administrativo o técnico, el representante lo hace llegar a las autoridades para que conjuntamente y con el apoyo de los demás representantes de comité, además de visualizar si en sus áreas existe un problema semejante, llegar a una pronta solución que deje satisfechos a ambas partes. Estos representantes de Comité se eligen de los miembros del comité de cada área una vez al año para ocupar este puesto. El cual funge como portavoz de todo el comité del área a la cual represente ante las autoridades de la DGN.

Hay que mencionar que este representante esta realizando una doble función, al ser miembro del comité del área y a su vez ser miembro de el Consejo, por lo cual provoca que interrumpa sus labores y responsabilidades con la empresa a la cual representa, se debe incluir que no recibe ningún tipo de bonificación por este tipo de actividades. Además en las reuniones en la DGN no existe un apoyo logístico adecuado, como lo sería un sistema de computo o un apoyo en base a fotocopias para hacer más ágil las reuniones.

Las actividades del Consejo son muy importantes puesto que los problemas que no pueden ser solucionados en el comité de evaluación de cada área, son presentados ante el Consejo que como ya se dijo se toma en cuenta las experiencias de las demás áreas para llegar a una optima solución o en su defecto las autoridades del SNC podría mediar o evaluar las opiniones de los miembros del consejo de manera que se pudiera llegar a un mutuo acuerdo. Básicamente en el Consejo se presentan problemas de carácter político, comercial o de carácter general, es decir, que no solo competen a un área en específico.

8.4 COMITÉ TÉCNICOS DE EVALUACIÓN.

Estos comités también llamados "Comités de Evaluación de Metrología" están constituidos por técnicos especialistas en metrología, prestadores y usuarios de servicios de laboratorios de

Capítulo 8. Sistema Nacional de Calibración

metrología, evaluadores, personas físicas y autoridades competentes, coordinados y regidos por el Sistema Nacional de Calibración. Su misión es colaborar con el sistema, elaborando las bases técnicas para evaluar los laboratorios en las diferentes áreas, establecer las órdenes de exactitud de las cadenas de calibración, los métodos de calibración y sistemas de medición, periodos de calibración y métodos de intercomparación de patrones.

Estos comités se reúnen mensualmente y su adscripción es voluntaria. Actualmente están trabajando en las siguientes áreas:

- Dimensional
- Masas
- Temperatura
- Eléctrica
- Fuerza
- Presión

Cuando un laboratorio se interesa en acreditarse o piensa renovar el acreditamiento y después de llenar el documento SNC-02-1994, el Sistema Nacional de Calibración realizará el estudio de la solicitud y lo tratará con el Comité de Evaluación correspondiente para la designación de los evaluadores, los cuales pueden ser de la misma DGN, del CENAM, de los laboratorios autorizados o de diferentes instituciones, dedicadas a la Metrología.

Un problema importante, como sucede en el consejo, es la falta de un apoyo en material didáctico que ayudaría a tener un efectivo seguimiento de la problemática a tratar. Por esto se hace necesario la implantación de un sistema de comunicación rápido, para hacer llegar rápidamente al comité de área la documentación que les infiere en las reuniones de comité, como lo serían las solicitudes de Evaluación a algún laboratorio. Además sería recomendable que las órdenes del día fueran más ágiles, tomando menos tiempo en cuestiones políticas y más tiempo en cuestiones técnicas. De este modo tomando menos tiempo en cosas políticas sería posible la existencia, dentro de la reunión del comité, de un intercambio de conceptos técnicos contribuyendo a la retroalimentación del proceso de evaluación, trayendo como consecuencia la unificación de criterios. Para que todos los miembros del comité se interesen en el intercambio de conceptos, se sugiere que las pláticas más relevantes que se den a lo largo de un año sean financiadas por la DGN, para presentarse en congresos o seminarios, y considerar a los evaluadores más destacados para enviarlos a cursos de actualización en diferentes instituciones como el CENAM, CIMAT como incentivos por su dedicación y esfuerzo.

9. CLASIFICACIÓN DE EVALUADORES

Como ya se menciona en el capítulo 6, para la acreditación de los laboratorios se deben de cumplir con ciertos requisitos técnicos y administrativos que confirmen la competencia del laboratorio, también se menciona la existencia de un grupo evaluador que visita al laboratorio, este es elegido por el comité del área, en la cual el laboratorio desea acreditarse. Este comité está conformado por los responsables técnicos de los laboratorios de Metrología acreditados, personal técnico adscrito a los laboratorios y especialistas en el área. Hablaremos ahora de la situación actual en la clasificación de los evaluadores, la cual es realizada de manera informal y comunicada de manera verbal, esta clasificación se puede dividir en las siguientes:

- A) Evaluador en entrenamiento
- B) Evaluador
- C) Evaluador líder

A) Dentro de los evaluadores en entrenamiento podemos decir que estos pueden saber lo que involucra realizar una evaluación de la competencia técnica a laboratorios en acreditamiento. Puede ser responsable técnico de un laboratorio acreditado o en proceso de acreditamiento, solo basta con hacerle saber verbalmente al comité del área de su interés de participar en una evaluación a un laboratorio con aspiraciones de acreditarse o re-acreditarse para que el mismo comité lo tome en cuenta como evaluador en entrenamiento, como la solicitud es de manera informal no existe ningún control de estas peticiones, ni su clasificación por fecha en que se hizo saber al comité, por lo que no da ninguna garantía que se seguirá un cierto orden, y seguirán un número consecutivo por número de petición.

Cabe señalar que el evaluador en entrenamiento no debe dar opiniones acerca de deficiencias o comentarios que se le encuentran al laboratorio, solo es un observador de la evaluación de la cual deberá considerar principalmente, como los evaluadores concluyen una evaluación, hablamos desde la reunión inicial, como se da seguimiento y como cierran esta. Esto servirá de aprendizaje para el evaluador en entrenamiento, y así podrá crearse un juicio propio.

B) Para los evaluadores se les pide como requisito por lo menos haber participado en al menos dos evaluaciones como "entrenamiento". Se debe señalar esta situación, pues para una actividad tan importante y de gran impacto no se pida un perfil determinado, que los aspirantes a evaluadores deban de llenar. Puesto que tienen la responsabilidad de apoyar y auxiliar al evaluador líder para emitir una recomendación a la DGN para el otorgamiento del acreditamiento al laboratorio aspirante.

Si a esto le agregamos el hecho de que los evaluadores en entrenamiento pueden no estar bien penetrados en el alcance de los requisitos y la clasificación de deficiencias, sobre todo en aquellos puntos donde se requiere el uso de la experiencia, o uso de el criterio propio.

Podemos citar un supuesto donde el evaluador participe como evaluador en entrenamiento en tres ocasiones, solo que en estas tres oportunidades no existió ningún problema, y los laboratorios cumplieron sin que se tuvieran deficiencias y solo comentarios que no ponían en duda su capacidad de realizar calibraciones, pero en el momento en que ahora, en el papel de evaluador, el laboratorio presenta problemas y por la poca experiencia del evaluador se encontraría en la duda de clasificarlas como deficiencia o solo como un comentario, lo que provocaría entrar en discrepancias de criterio con el evaluador líder, cuando esto sucede se pide la opinión de el representante de la DGN y en caso de

Capítulo 9. Clasificación de Evaluadores

apoyar al evaluador. El Evaluador líder tiene la opción de presentar una queja ante el comité para que reconvenga al evaluador, que solo provoca pérdidas de tiempo y además de afectar al laboratorio, se producen diferencias entre miembros del comité.

C) Hablaremos ahora de los Evaluadores líder los cuales pueden llegar a serlo si han participado en al menos tres evaluaciones como evaluadores, con esto se tiene la posibilidad de tener este cargo. Para esto también no se pide un perfil que deba llenar, y si para los evaluadores es un caso de relevancia, en el caso de evaluadores líder la importancia se reduce puesto que, tiene toda la autoridad para señalar deficiencias y comentarios, o suspender una evaluación, esto hace que si no se cuenta con la suficiente experiencia o con amplio criterio, puede llegar a tener inconformidades con el laboratorio aspirante lo que provocaría divergencias en los criterios y aun mas el retraso de la concesión del acreditamiento. En este caso hablamos de la importancia que recae sobre el evaluador líder pues es el encargado de llevar el desarrollo de la evaluación, procurando ser ecuánime y realizando su trabajo ético y profesionalmente.

9.1 PROBLEMÁTICA

En lo visto en el punto anterior se nombro la clasificación de los evaluadores, donde se mencionaron algunas deficiencias ahora se dará un panorama mas amplio de estas deficiencias, mencionando las mas importantes.

- a) **No existe padrón de evaluadores.** Se sabe que el comité del área está conformado por el personal técnico de los laboratorios acreditados, pero se dice también que la DGN tiene la posibilidad de apoyarse en especialistas en el área que no tengan relación con el SNC, como ejemplo podemos dar un profesionalista y especialista en determinada área metrologica con muchos años de experiencia comprobable, que este en ese momento laborando en otra área ajena a la Metrología. Se puede tener dentro del padrón pues sus conocimientos serian muy importantes y de apoyo, para realizar las evaluaciones de calidad, fíncadas en conocimientos de especialistas.
- b) **No hay actualización.** No existe actualización de este padrón de evaluadores por lo cual solo se toma la gente que está dentro del comité de área, y no aquellos que en algun momento fueron evaluadores líder, que por su experiencia podrían ser de mucha utilidad. Así cada evaluador que por alguna razón se desligara de la DGN y del SNC podrían ser tomados en cuenta si los existentes no llenan con los requisitos necesarios, una buena opción sería llamar alguno de los que se encuentra en el padrón, además de adicionar a los que se van incorporando como personal capaz de realizar una evaluación.
- c) **No hay Perfil.** No existe ningún tipo de requisito para ser evaluador, no podemos negar que el hecho que sean responsables técnicos de los laboratorios resulta una cierta confianza, pero si tomamos en cuenta la importancia que tiene el acreditamiento para el laboratorio aspirante se deben dar mas garantías de que resultara una evaluación bajo la dirección de especialistas en el área, donde no existan diferencias en los criterios, lo cual ayudara a otorgar el acreditamiento lo mas pronto posible, siempre y cuando el laboratorio tiene todos los requisitos. No se menciona que tipo de escolaridad es la mínima para aspirar a ser evaluador, puesto que pueden existir con nivel de escolaridad técnica profesionalista, y nivel maestría. Es aquí donde se debe fundamentar una política que resuelva si un responsable con nivel de escolaridad técnica puede llegar a ser un evaluador líder o solo puede llegar a ser evaluador. También puede quedar definido si un aspirante a evaluador con nivel de maestría puede llegar en menor tiempo a ser evaluador líder. Además representaria una ayuda importante el echo de que se realizara un examen teórico practico para asegurarse si los aspirantes ya están aptos para realizar las actividades de evaluador o evaluador líder.

según sea la evaluación de los aspirantes. Otro requisito necesario sería el perfil que deban de llenar los aspirantes a evaluadores. Esto abarcando la escolaridad, experiencia, características personales, etc. Se tiene que aclarar que no se intenta dudar de los conocimientos prácticos acerca de Metrología de los que conforman el comité del área, solo se intenta que se homogeneizan los criterios, que no existan diferencias, que se formen de criterio dependiendo de la situación, basándose en la experiencia de los especialistas.

- d) **No hay Clasificación.** Se sabe que el comité del área está conformado por el personal técnico de los laboratorios acreditados, debemos tomar en cuenta que este personal es muy diverso en cuestión de experiencia en el área, años de servicio en otras áreas, experiencia en evaluaciones a laboratorios. El problema radica que no existe una clasificación de evaluadores que los ubique tomando en cuenta los años de experiencia en el área metrología, experiencia en evaluaciones a laboratorios como evaluador en entrenamiento, evaluador o evaluador líder.

9.2 PROPUESTA PARA LA CLASIFICACION DE EVALUADORES

El concepto de Auditor en calidad no tiene la misma definición que la de un evaluador, puesto que un auditor está calificado y certificado para realizar y llevar a cabo una auditoría por alguna empresa o institución, ahora, si tomamos en cuenta a los evaluadores del comité de área que pertenecen al SNC, y en el momento de realizar una evaluación están haciendo lo mismo, solo que faltaría que alguna institución los califique y certifique para que de esta manera se realicen las AUDITORIAS propiamente como lo dice la definición, la cual nos dice:

"Es la actividad documentada cuya finalidad es determinar mediante el estudio, examen y evaluación de evidencias objetivas, que el sistema de calidad implantado y que sus elementos resultantes, son adecuados, efectivamente cumplidos y conforman los requisitos establecidos."

La empresa o institución que podría calificar, clasificar y certificar como auditores en entrenamiento, auditores y auditores líder sería la propia DCH, pues es la máxima dependencia a la cual tiene contacto directo el SNC, otra opción sería el CENAM, por ser el organismo que norma la Metrología en el país. Esto es importante pues al realizar este cambio de evaluadores a auditores, se dejarían atrás las evaluaciones que realiza el comité de área para pasar a formar un grupo más sólido de evaluadores que abarcaría a los miembros del SNC y también estarían calificados para realizar auditorías a laboratorios que no pertenecían al SNC pero que desean saber su capacidad, deficiencias y alcance que tiene su laboratorio, interno en la cuestión técnica y administrativa.

Por la parte técnica se tendrían que afinar detalles en los conceptos y conocimientos generales respecto a las calibraciones, además de tomar en cuenta algunos aspectos como: homogeneización de criterios, experiencia comprobable, etc. Pero lo que sí sería necesario sería la cuestión de como se lleva a cabo una auditoría. Damos ahora una introducción para llegar a una propuesta.

Dentro de un Programa de Garantía de Calidad las Auditorías representan una de las actividades más importantes. Los Sectores de Decisión encuentran en las auditorías una herramienta muy eficaz para la obtención de información de las organizaciones y programas bajo su responsabilidad, en nuestro caso sería para los laboratorios de Metrología.

Una auditoría no es un método de calificación de desempeño. Solo representa un medio de información, con esta información los sectores de decisión evalúan el funcionamiento de las actividades bajo su responsabilidad, para realizar acciones correctivas para mejorar su eficiencia, de acuerdo a sus necesidades o requisitos. Para nosotros la auditoría o evaluación sería el medio de

Capítulo 9. Clasificación de Evaluadores

información por el cual los evaluadores califican las actividades realizadas en el laboratorio, mediante la comparación con sus procedimientos documentados y el satisfactorio cumplimiento de los requisitos administrativos, ambientales y técnicos

Para un sistema de auditorías se deben considerar tres aspectos normativos

1. Que se audita;
2. Como se audita.
3. Quien Audita.

Después de dar un repaso a lo que implica una auditoría damos paso a nuestra propuesta que se espera sea tomada en cuenta para mejorar el funcionamiento del SNC y de los laboratorios afiliados a este

Primero debemos de tomar en cuenta la necesidad de instrumentar un procedimiento para la calificación y certificación de los evaluadores en entrenamiento, evaluadores y evaluadores líder. Para cada uno de los cuales se le pedirá requisitos específicos dependiendo al cual se aspira, esta propuesta se finca en base al Laboratorio de Metrología Eléctrica y al Departamento de Garantía de Calidad del ININ

9.2.1 EVALUADORES EN ENTRENAMIENTO.

Requisitos:

- * Deberá tener pruebas documentadas de su experiencia laboral, nivel escolar, capacitación
- a) Su nivel escolar sería calificado por nivel técnico, nivel licenciatura, con o sin título profesional y especialización o postgrado
- b) La experiencia laboral se calificaría por años completos de práctica en el área de ingeniería, manufactura, diseño y mantenimiento, con un mínimo de 2 años

9.2.2 EVALUADORES.

Requisitos:

- * Deberá tener pruebas documentadas de su experiencia laboral, nivel escolar, capacitación
- a) Su nivel escolar sería calificado por lo siguiente: nivel técnico, nivel licenciatura, con o sin título profesional y especialización o postgrado
- b) La experiencia laboral se calificaría con un mínimo de 2 años completos de práctica en el área de ingeniería, y por lo menos uno en Laboratorios de Metrología
- c) Deberá tener pruebas documentadas de su participación en por lo menos un curso de Sistemas de Calidad, como soporte a su preparación
- d) Comprobar la participación de por lo menos 2 evaluaciones como evaluador en entrenamiento, en un periodo no mayor a 2 años.

9.2.3 EVALUADOR LÍDER

Requisitos:

- * Deberá tener pruebas documentadas de su experiencia, nivel escolar, capacitación
- a) Su nivel escolar sería calificado por lo siguiente: nivel técnico, nivel licenciatura, con o sin título profesional y especialización o postgrado, estudios completos de especialidades relativas a la Garantía de Calidad, en alguna institución reconocida

- b) La experiencia laboral se calificaría por años completos de práctica en Metrología con un mínimo de 2 años. En este caso queda como opción el tomar en cuenta su experiencia en otras áreas de la ingeniería
- c) Deberá tener pruebas documentadas de su participación en cursos de Sistemas de Calidad y que se a tenido capacitación comprobable por medio de congresos, cursos, postgrados
- d) Comprobar la participación en por lo menos en 2 evaluaciones como evaluador en un periodo no mayor a 2 años a la fecha de calificación
- e) Además el aspirante a evaluador líder debe tener una buena capacidad de comunicación oral y escrita, además de contar con la experiencia necesaria para organizar y dirigir auditorías
- f) Esta calificación tendría validez por tres años. Las calificaciones dadas a cada punto de esta propuesta se dejan a consideración de la DGN, sugiriendo que se propusiera una mínimo de créditos obtenidos así como una máxima para tener una mejor referencia de la capacidad de los aspirantes

La DGN se comprometería a impartir cursos de actualización para las tres categorías de evaluadores, con un mínimo de dos cursos anuales, comprometiéndose a dar cabida a todo aquel que quisiera tomar los cursos de manera gratuita o a precios bajos. Dentro de los cursos gratuitos que se contemplan en esta propuesta, para todos los miembros de los comités de cada una de las diferentes áreas que tuviera como objetivo homogeneizar criterios, llevaría como título tentativo "Interpretación de requisitos de Acreditamiento" y "Auditorías: Elaboración, Ejecución, Seguimiento y Responsabilidades"

La certificación estaría cargo de la DGN o CENAM y alguna de estas dos instituciones sería la encargada de recertificar en las diferentes categorías, de las dos maneras siguientes:

- La primera sería documental es decir, que los aspirantes documenten su experiencia laboral y en evaluaciones, capacitación, la DGN dictaminara si cubre directamente los requisitos, para ser tomados en cuenta en alguna de las categorías
- La segunda sería mediante un examen. El examen a que estarían sujetos los aspirantes tendría que evaluar sus conocimientos sobre la aplicación de:
 - Normas y Regulaciones
 - Estructura de Planes y Programas de Garantía de Calidad, así como Programas de Calidad Total
 - Técnicas de auditorías como exámenes, cuestionarios, evaluación e información, seguimiento de acciones correctivas y resolución de deficiencias
 - Conocimientos del área metrología del laboratorio a auditar
 - Conocimientos estadísticos y cálculo de incertidumbre

Para que se mantenga la calificación y certificación se pediría que realizara actividades de evaluaciones por lo menos en un año y medio antes de la recertificación, estudio y revisión de normas, procedimientos y otros documentos relacionados con Programas de Garantía de Calidad, realización correcta de su trabajo y si fuera posible cursos de capacitación anuales. La DGN deberá tener un expediente actualizado de cada auditor, para tener un perfecto control de estos y además de verificar si están activos.

Este expediente debería contener la siguiente documentación

- Certificado y Registro de Calificación
- Curriculum Vitae
- Documentación de respaldo
- Un programa de Capacitación
- Expediente del control de calificación-certificación
- Informes de Evaluaciones

Lo que se intenta es que los evaluadores tengan una basta preparación de manera que las evaluaciones que se practican a los laboratorios que pertenecen al SNC pase ahora a ser auditorías. Como ya se menciona estarían certificados como auditores por lo tanto además de ayudar al SNC y sus evaluaciones, se podría ofrecer el servicio a laboratorios que no estuvieran acreditados, pero que se interesen en conocer el estado de su sistema de calidad y de su laboratorio interno.

10. PROPUESTA DE UN NUEVO SISTEMA DE ACREDITAMIENTO.

En este capítulo se presenta la propuesta de forma comentada y en el ANEXO I se desarrolla en forma de un procedimiento en base a los lineamientos de **Garantía de Calidad del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares**, esta duplicidad obedeció a que para que esta propuesta pueda ser analizada, corregida y en el mejor de los casos aprobada por el Consejo del SNC y de la Dirección General de Normas es necesario que sea concreta y sistemática, sin embargo para esta tesis hemos considerado conveniente argumentar en cada punto el porque de nuestras sugerencias y utilizamos este capítulo para hacerlo.

En esta tesis no se pretende desarrollar un nuevo sistema para el acreditamiento de los laboratorios de calibración, si no de darle continuidad al ya existente, no porque sea mejor que el anterior, sino porque creemos firmemente que es preferible perfeccionar un sistema que ya está funcionando que iniciar uno nuevo y esperar a que surjan inconvenientes en su aplicación, tanto el procedimiento actual como el anterior tienen aspectos positivos y otros criticables pero la falta de continuidad es sin duda la principal causa por la que no han sido eficientes, el cambiar de requisitos o de los criterios de aceptación provocan que el trabajo desarrollado por el laboratorio no le sea útil en la siguiente evaluación y esto al final de cuentas es una pérdida de recursos, que si se canalizaran sobre la misma dirección redundarían en una mejora continua del laboratorio.

Cuando un laboratorio tarda en renovar su acreditamiento pierden todas las partes que están involucradas, por un lado el laboratorio pierde ingresos económicos por no poder realizar servicios de calibración, la industria por que debe continuamente desarrollar proveedores del servicio el SNC pierde fuerza por la falta de continuidad del acreditamiento de los laboratorios que lo conforman y la DGN deja de cumplir con una de sus principales funciones que es fomentar el desarrollo de la metrología, de aquí que sea sumamente necesario agilizar el procedimiento, sin embargo quiero aclarar que no se trata solo de disminuir el tiempo involucrado, sino además, elevar la calidad de las evaluaciones y fortalecer con esto el sistema metrologico del país. Hay que recordar que esta propuesta fue realizada bajo la perspectiva del Laboratorio de Metrología Eléctrica el del ININ el cual es miembro del SNC y que está en contacto directo con la problemática que encierra el obtener el acreditamiento.

10.1 RECEPCIÓN DE LA SOLICITUD.

Para que el sistema sea eficiente es necesario que tanto el laboratorio, como el grupo evaluador y la DGN se comprometan ha ejecutar el procedimiento dentro de tiempo claramente establecido, comenzando por la entrega de la solicitud (forma SNC-03-1994), al menos 30 días antes de que venza su acreditamiento, lo cual deberá ser llenada haciendo referencia a los partes específicas de su manual de calidad o a los documentos comprobatorios con los que pretende dar por satisfechos los requisitos, esto es muy importante por que permite ubicar fácilmente cada cuestión sin necesidad de que el evaluador encuentre dentro de todos los documentos cada punto y además que se evita que un miembro del laboratorio este todo el tiempo atendiendo sus preguntas, con esta simple observación se reduce en un 30% el tiempo de la evaluación documental.

Actualmente la solicitud es ingresada por una área dentro de la DGN denominada **Oficialía de Partes** donde se limitan a recibir la información y emitir el acuse, nosotros proponemos que sea atendido en el Depto. del SNC por personal especialista en metrología o al menos en Sistemas de Calidad con la finalidad de que en una manera general revise y indique al laboratorio, (preferentemente

Capítulo 10. Propuesta de un Nuevo Sistema de Acreditamiento

en forma inmediata), si es necesaria alguna información adicional o simplemente sea aceptada la solicitud con la documentación presentada, con esto se evita que la ausencia de esta información sea detectada hasta que este formado el grupo y un retraso del orden de 15 días.

Una idea más ambiciosa sería realizar una programación anual de las evaluaciones basados en la experiencia de que el 90% de los laboratorios acreditados intentan renovar su acreditamiento, con esto no solo de atenderlos en un tiempo oportuno sino que además se distribuiría la carga de trabajo entre todo los miembros del comité y se podrían desarrollar programas de entrenamiento para nuevos evaluadores, esta programación conlleva el beneficio adicional de que las reuniones de los comités se ocuparían cada vez mas de aspectos técnicos por tener sistematizadas la atención de las solicitudes de acreditamiento.

10.2. FORMACIÓN DEL GRUPO EVALUADOR Y PROGRAMACIÓN DE LA VISITA

Una vez ingresada la solicitud a la DGN, el Jefe del Depto. del SNC la canaliza al comité metroológico correspondiente, para que sea atendida en su reunión mensual, primeramente se forma un grupo evaluador en base a la disponibilidad y experiencia de los representantes que hayan asistido a esa reunión, la mecánica utilizada es la votación tomando en cuenta las limitaciones o condiciones que indique el Jefe del Depto. del SNC, nosotros proponemos que esta designación se haga tomando en cuenta un padrón de evaluadores, como el propuesto en el capítulo 9 y en base a una programación anual, con esto se busca que sean nombrados aquellos especialistas que resulten idóneos para cada caso en función de las magnitudes que desee acreditar, personal y del tipo de sistema de calidad con las que cuenta el laboratorio. La programación anual permitiría que cada evaluador puede reservar un tiempo específico al año para esta actividad y se ahorraría las discusiones para acordar el día de la evaluación.

En algunos casos un laboratorio tiene mas de una área metroológica acreditada y para cada una de ellas tiene que hacer seguimiento individual, como se indica en el capítulo 9, para que una programación anual podría buscarse la mejor combinación de visitas para que resultaran menos costosas y mas eficientes.

Para el caso de laboratorios de provincia podrían convenir, en la primera reunión del año, la fecha cuando se realizarán sus evaluaciones sin la incertidumbre que implica la comunicación vía telefónica con los miembros del comité.

Respecto a las evaluaciones posteriores se sugiere que sean nombrados los mismos evaluadores que participaron en el año anterior, esto para que se mantenga el seguimiento de que ha cumplido al resolver las deficiencias, y que se mantiene el mismo criterio de evaluación. En caso que el evaluador líder que estuvo a cargo el año anterior no estuviera disponible para esa ocasión, se puede apoyar con el evaluador que ayudo en la evaluación el año anterior, estudiando si ya cuenta con la experiencia necesaria para ser nombrado evaluador líder.

10.3. REUNIÓN PREVIA

Es indispensable que antes de que se llevara acabo la visita el grupo evaluador se realice una reunión previa para definir el plan y los alcances de la evaluación así como los intervalos y magnitudes en las cuales desea el acreditamiento el laboratorio, esa reunión debiera llevarse a cabo al terminar la reunión ordinaria del comité en un área exprofeso y que cuente con el apoyo logístico necesario, tal es el caso de copias, computadora, impresora y apoyo secretarial, además el grupo evaluador deberá tener acceso a toda la información que conforma la solicitud así como los antecedentes del laboratorio. Esta clase de apoyo solo puede proporcionarse dentro de las instalaciones del DGN, por lo que proponemos que todas las reuniones de los comités se realicen en sus oficinas.

El grupo evaluador debe preparar un plan de evaluación en base a la información disponible y a los antecedentes del laboratorio, como lista de verificación se debe utilizar el documento SNC-04 "Directrices para la Evaluación de un Laboratorio de Metrología e Interpretación de Requisitos Mínimos", sin embargo no deberá ser limitante, ya que la lista solo dice que examinar pero no como, el plan debe de establecer tiempo requerido y forma de ejecución de la visita.

El evaluador líder debe ser el encargado de proponer a los evaluadores que área estará a su cargo para la revisión de los documentos y dentro de la visita, lo que permitiría una mejor imagen del SNC ante las autoridades de las empresas auditadas y una mejor ejecución de la visitas, este tipo de reunión tiene ventaja adicional al convertirse en el espacio donde pueden entrenarse evaluadores en situaciones reales y sin significar un costo adicional al laboratorio auditado.

10.4. VISITA

Con visitas programadas los arreglos logísticos resultarían más sencillos, tal es el caso de transportation, hospedaje y alimentación de los evaluadores, esto puede parecer irrelevante sin embargo en la práctica se puede convertir en una presión adicional al responsable técnico del laboratorio que en la mayoría de los casos es el que atiende la visita y se encarga de esos detalles.

Es recomendable que se procure ser puntual en la apertura de acuerdo a lo que se haya programado y ajustar la auditoría a los tiempos determinados en la reunión previa.

Es necesario que el grupo evaluador durante la visita tomen en cuenta estas sencillas pero útiles las recomendaciones.

- a) Mantener un criterio que no sea afectado por ningún tipo de interés
- b) Evitar roces con el personal del laboratorio evaluado, ser razonable y saber escuchar
- c) Trabajar de manera ética y profesional
- d) Evitar demoras o conversaciones fuera del tema
- e) Tratar de ser objetivo
- f) Verificar personalmente la coincidencia entre los procedimientos escritos y la realidad del desarrollo de las actividades
- g) Proporcionar la oportunidad de explicar cambios recientes
- h) Ser perseverante en la investigación hasta encontrar la respuesta, sin perder los objetivos buscados en la evaluación
- i) Identificar las desviaciones a medida que se van detectando

10.4.1. Apertura

Durante la apertura deberán estar presentes el grupo evaluador, los representantes de las DGN y todo el personal del laboratorio involucrado, representante legal, responsable técnico y personal adscrito. El representante de la DGN presentará a las partes y explicará el propósito y alcance de la visita, en su caso aclara cualquier duda del personal del laboratorio. Se pedirá al personal del laboratorio que de una breve explicación de la operación del laboratorio y su sistema de calidad así como describir la ubicación de los archivos que contengan información auditable. Se establecerán los horarios de trabajo, de comida y la reunión final.

10.4.2. Ejecución

La visita puede dividirse en cinco secciones: Administración, Sistema de Calidad, Determinación de la Capacidad Técnica del Laboratorio, Procedimientos Técnicos y Análisis de Incertidumbre, la forma de escrutar cada una de ellas es diferente, a continuación se describe cada una de ellas.

a) Evaluación Del Sistema Administrativo

Se deberá iniciar con una revisión documental en base a la lista de verificación SNC-D4 ubicando puntos específicos en los cuales se deba comprobar físicamente su ejecución, es común que existan desviaciones entre los procedimientos escritos y la ejecución práctica. Las observaciones que se hagan deben ser encaminadas a lograr la congruencia entre ellos y no tanto la ejecución exacta del procedimiento, es más importante describir como se hacen las cosas realmente.

Se debe realizar la entrevista directamente con el personal que realiza las actividades administrativas y observar la ejecución en un caso supuesto, en la mayoría de las veces sucede que el responsable técnico contesta esta parte de la evaluación, pero hay que llegar al punto de la aplicación y no solamente a como se supone debe hacerse.

b) Evaluación Del Sistema De Calidad

El sistema de calidad debe ser congruente con el tamaño de la empresa e invariablemente debe ser establecido desde el más alto nivel de la empresa hacia abajo, sin embargo muchas veces es al revés, el laboratorio intenta establecer un sistema de calidad y busca la aprobación de sus superiores, como evaluador hay que tener muy claro hasta donde llega el alcance del Laboratorio dentro de la organización donde esta inmerso y elaborar las observaciones encaminadas a ser realmente de apoyo al laboratorio para involucrar a sus autoridades en las obligaciones que conlleva el acreditamiento y no en obstáculos para obtenerlo.

Desarrollar un sistema de calidad requiere de un esfuerzo sostenido a través de los años por lo que los comentarios que surjan durante una evaluación deben hacerse a corto y mediano plazo, los primeros son aquellos que deben presentarse como acciones correctivas y se les pide hacer seguimiento inmediatamente, las de mediano plazo son muy importante y en ocasiones no se les da seguimiento, nosotros proponemos por eso que los planes auditoria se realicen en base a los informes de visita.

c) Capacidad Técnica.

En base a las cartas de trazabilidad se deberá hacer un seguimiento a cada una de las magnitudes comprobando que todos los instrumentos involucrados tengan calibración vigente en las fechas durante las cuales se realizaron las transferencias de la exactitud a los patrones de trabajo, por convención la capacidad de medición y generación del laboratorio se expresa por magnitud y en función de los patrones de referencia con los que cuenten, cada magnitud se subdivide en intervalos y se les asocia como incertidumbre el porcentaje especificado por el fabricante para el límite superior de cada uno de ellos, Si bien ese porcentaje es una tolerancia, para fines del acreditamiento se ha tomado el consenso en el comité del área eléctrica de expresarlo de esta manera en los oficios de acreditamiento, sin embargo para cuando se declara en un informe de calibración debe hacerse con el método descrito en la parte 3.9 de esta tesis.

d) Procedimiento Técnicos.

Hasta la fecha la revisión de los documentos técnicos se ha limitado ha comentarios verbales y anotaciones informales sobre los documentos, nosotros estamos proponiendo que se hagan por escrito en base a un formato (ANEXO II) donde el laboratorio pueda contestar cada observación, esto permitiría que año con año la mayoría de los comentarios de los evaluadores fueran captados por el laboratorio.

Para complementar la revisión documental se debe pedir al personal del laboratorio ejecutar los procedimientos técnicos, esta es la parte sustancial de la visita, es aquí donde se puede constatar la habilidad del personal del laboratorio para realizar las calibraciones, de aquí

pueden surgir observaciones adicionales que pueden agregarse en el formato del párrafo anterior, y así en forma conjunta se puede decir que se evalúa los métodos de calibración del laboratorio.

Recomendamos se clasifiquen los comentarios de los evaluadores en deficiencias y en observaciones, las deficiencias son aquellas que constituyen sin lugar a duda un apartamiento respecto a los requisitos del los documentos SNC-D y debido a la cual no es conveniente otorgar el acreditamiento, las observaciones son aquellas que no ponen en duda la aptitud de un laboratorio para brindar el servicio de calibración, las observaciones pueden a su vez separarse en de corto plazo para aquellas que pueden solventarse al tiempo de que el laboratorio presente las acciones correctivas y de mediano plazo para aquellas que para considerarse solventadas baste proponer un plan de trabajo para solucionarlas, el cumplimiento de este plan se debe constatar en evaluaciones subsecuentes.

e) Análisis de Incertidumbre

Proponemos que se evalúe los conocimientos que el personal del laboratorio tenga acerca de la incertidumbre por medio de un examen escrito que sea calificado y conservado por los archivos de la DGN, esto permitirá encaminar los esfuerzos de las evaluaciones a certificar al personal técnico de los laboratorios en base a documentos comprobatorios y no solamente manejarlo como evaluación, en el ANEXO II se presentan algunas propuestas que pudieran utilizarse para este fin.

10.4.1. Reunión de salida

Previamente a la reunión de salida el grupo evaluador se reúne para intercambiar conclusiones sobre la capacidad del laboratorio, sin participación del personal del mismo. Durante el transcurso de esta reunión preliminar nosotros proponemos se elabore en forma escrita un dictamen sobre el grado de cumplimiento del sistema de Calidad y de la Capacidad Técnica del Laboratorio y se identifiquen la importancia de las desviaciones encontradas y establezca el tipo de seguimiento que debe hacerse a las acciones correctivas.

El dictamen que emite el grupo evaluador no debe ser sustituido del informe oficial que la DGN hace llegar al laboratorio posteriormente, lo que permite el dictamen es que el Laboratorio pueda iniciar sus acciones correctivas en seguida a la evaluación, con esto también se evita que los evaluadores adicione sugerencias extemporáneas que redundan invariablemente en retrasos en el acreditamiento del laboratorio, para esta actividad de acuerdo a la experiencia no debe dedicarse menos del 15% del tiempo total de la visita.

Una vez terminado el dictamen se llamará al personal del Laboratorio para dar inicio a la reunión de salida, es importante que se encuentren presentes aquellas personas que sean responsables administrativos y técnicos, para comprender magnitud de las deficiencias, es común que los técnicos de calibración no estén en esta reunión nosotros creemos que deben involucrarse porque finalmente ellos son los que aplican los procedimientos de calibración.

El evaluador Líder debe leer con voz clara y segura el dictamen punto por punto haciendo los comentarios que considere pertinentes, el personal del Laboratorio podrá interpretar la lectura del informe si algún punto le resultará confuso o ambiguo, así mismos los miembros del Grupo Evaluador podrán intervenir para detallar algún tema en específico.

Al responsable técnico del Laboratorio se le entregarán los originales de la revisión técnica de cada uno de los procedimientos de calibración, para la resolución de los comentarios hechos de esta forma un evaluador puede comprobar fácilmente que el han sido corregidos los documentos conforme a sus observaciones.

10.5 SEGUIMIENTO DE LAS ACCIONES CORRECTIVAS.

Capítulo 10. Propuesta de un Nuevo Sistema de Acreditamiento

Actualmente el laboratorio tiene tiempo abierto para presentar los documentos que respalden las acciones correctivas implementadas, proponemos que se fije un plazo de 3 semanas para que presente los documentos comprobatorios o al menos un plan de trabajo para atender las requerimientos del Grupo Evaluador. De igual manera el grupo evaluador debe tener un tiempo límite para revisar en las oficinas de la DGN la documentación presentada por el laboratorio, y en caso de no hacerlo se debería de considerar como una aprobación tácita por lo que debería de proceder el acreditamiento, esto lo proponemos porque a nuestra consideración no es justo que un acreditamiento sufra un retraso de un mes a causa de que algún evaluador no haya tenido tiempo de revisar las acciones correctivas del laboratorio.

La responsabilidad del evaluador líder y su grupo auditor debe terminar cuando se cierran las deficiencias y observaciones encontradas y se pueda proceder al acreditamiento o en el peor de los casos el laboratorio desista, por lo tanto el grupo evaluador debe de estar consiente de que requiere dedicar un tiempo adicional después de la visita, preferentemente en esta revisión deberían de estar presentes todos los evaluadores que participaron y el responsable técnico del laboratorio, para facilitar la ejecución de esta junta proponemos se lleve acabo al terminar la sesión ordinaria del comité, si la programación se hiciera anualmente se buscaría que las evaluaciones fueran en la primera semana después de la junta, de esta manera al mes siguiente de recibida la solicitud de acreditamiento se podría estar haciendo la revisión de las acciones correctivas y de esta forma no afectar los intereses de las empresas que representan los evaluadores.

Es oportuno aclarar que en el caso de que existiera alguna inconformidad o queja por parte del laboratorio evaluado por la manera en que fue llevada la evaluación o por parecerle excesivos los requerimientos del grupo evaluador, puede presentar una reconsideración dentro de la reunión mensual del comité, en donde se buscaría llegar a un consenso en base al criterio de todos los miembros del comité.

CONCLUSIONES

- Indudablemente actualmente los sistemas de calidad han dejado de ser una moda y se han convertido en una necesidad prioritaria e indispensable, que a su vez necesita un sistema metroológico fuerte que pueda cubrir todas las necesidades que el mercado le demande
- El desarrollo que el país pueda alcanzar en cuestiones metroológicas dependerá en gran parte del apoyo que la Dirección General de Normas proporcione a los laboratorios que desean ser acreditados y formar parte del Sistema Nacional de Calibración
- Se debe acabar con el mito del acreditamiento de laboratorios de metrología como un requisito, para que ahora sea visto como una ventaja para crecer en conocimientos técnicos que la experiencia de los demás laboratorios que forman parte del SNC, puedan brindar a los nuevos laboratorios y así tener solo un objetivo: El Crecimiento de la Metrología en México
- Los laboratorios que deseen acreditarse o reacreditarse deben considerar varios aspectos como los siguientes
 - Importancia de los compromisos que se adquieren al formar parte del SNC, tanto legales, como técnicos
 - La obligación del cumplimiento de la normativas vigentes que apliquen
 - Capacitación constante del personal del laboratorio
- Para que el acreditamiento funcione en nuestro país, como una evaluación a los laboratorios objetiva y confiable mucho depende del organismo que rige la metrología: de los comités técnicos de evaluación y del propio laboratorio interesado
- Se ha observado que el tener un proceso de acreditamiento lento, provoca grandes problemas que hacen que los laboratorios tengan problemas para subsistir, sobre todo en esta época de crisis, por lo que el agilizar el acreditamiento ayudaría a resolver estos problemas
- Pero más que buscar obtener el acreditamiento en menos tiempo, se busca que el sistema actual se optimase, y todo esto comienza desde la reunión del comité técnico de evaluación, el área donde se desarrolla esta, la programación anual de la evaluaciones, la calificación y certificación de los evaluadores, la unificación de criterios, que las visitas sean objetivas y siguiendo un procedimiento, el seguimiento de los hallazgos y sobre todo el cumplimiento de requisitos por parte del laboratorio
- Obtener el acreditamiento y formar parte del SNC, además de permitir comercializar sus servicios de calibración y diseminar la trazabilidad a los patrones nacionales, ayudan a la industria mexicana para sus sistemas de calidad, pues no hay que olvidar que los sistemas metroológicos son la base de los sistemas para la evaluación y certificación de la calidad

VOCABULARIO

En el desarrollo de esta tesis se ha trabajado en base a la norma oficial mexicana de metrología NOM-Z-55-1986 "Vocabulario de términos Fundamentales y Globales". Se presenta a continuación las mas representativas y que pueden ser usadas mas frecuentemente para comprender mejor esta tesis

- MAGNITUDES -

1. MAGNITUD (MEDIBLE). Atributo de un fenómeno, cuerpo o sustancia que es susceptible de ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente. El término "magnitud" puede referirse a magnitud en sentido general como longitud, tiempo, masa, temperatura, resistencia eléctrica o a una magnitud específica como la resistencia eléctrica de un alambre determinado.

2. UNIDAD (DE MEDIDA). Magnitud específica, adoptada por convención, utilizada para expresar cuantitativamente magnitudes que tengan la misma dimensión.

3. SÍMBOLO DE UNA UNIDAD (DE MEDIDA). Signo convencional que designa una unidad de medida. Por ejemplo tenemos m que es el símbolo del metro, A que es el símbolo del ampere.

4. SISTEMA DE UNIDADES (DE MEDIDA). Conjunto de unidades establecido para un sistema de magnitudes determinado. Un sistema de unidades comprende un conjunto de unidades de base elegidas y de unidades derivadas determinadas por sus ecuaciones de definición y sus factores de proporcionalidad, como el Sistema Internacional de Unidades (SI).

5. SISTEMA COHERENTE DE UNIDADES (DE MEDIDA). Sistema de unidades compuesto de un conjunto de unidades de base y de unidades derivadas compatibles. Por ejemplo las unidades que forman parte del Sistema coherente de unidades de la mecánica, dentro del Sistema Internacional de Unidades, SI.

m, kg, s

$$N = kg \cdot m \cdot s^{-2} ; Pa = kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$$

6. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI). Sistema coherente de unidades adoptado y recomendado por la Conferencia General de Pesas y medidas. El SI esta fundamentado actualmente en las 7 unidades base siguientes:

metro, unidad de longitud
kilogramo, unidad de masa
segundo, unidad de tiempo
ampere, unidad de intensidad de corriente eléctrica
kelvin, unidad de temperatura termodinámica
mol, unidad de cantidad de sustancia
candela, unidad de intensidad luminosa

7. UNIDAD (DE MEDIDA) COHERENTE. Unidad de medida derivada expresada en términos de unidades de base por una formula en la cual, el factor de proporcionalidad es 1. Por ejemplo el newton es la unidad coherente de fuerza en el SI.

$$1N = 1 kg \cdot m \cdot s^{-2}$$

8. VALOR (DE UNA MAGNITUD). Expresión de una magnitud que se forma de un número y una unidad de medida apropiada. Como por ejemplo: 5.3 m, 1.2 kg, 35 °C.

9.- VALOR VERDADERO (DE UNA MAGNITUD). Valor que caracteriza una magnitud perfectamente definida, en las condiciones que existen cuando esa magnitud es considerada. El valor verdadero de una magnitud es un concepto ideal y, en general, no puede ser conocido exactamente. La existencia de un único valor verdadero puede ser conocido exactamente.

10. VALOR CONVENCIONALMENTE VERDADERO (DE UNA MAGNITUD). Valor de una magnitud que puede ser sustituido del valor verdadero para un fin determinado. El valor convencionalmente verdadero es, en general, considerado como suficientemente cercano al valor verdadero, porque la diferencia puede ser no significativa para los propósitos dados. Dentro de un laboratorio el valor asignado a un patrón de referencia puede ser tomado como el valor convencionalmente verdadero de la magnitud determinada por el patrón.

11. ESCALA DE REFERENCIA (DE UNA MAGNITUD O PROPIEDAD). Serie de valores de una magnitud o de una propiedad dada, determinados de una manera definida y adoptados por convención. Por ejemplo, la escala internacional práctica de temperatura, basada en la temperatura de fusión y ebullición de una serie de materiales y sustancias puras específicas.

- MEDICIONES -

1. METROLOGIA. Campo de conocimientos relativos a las mediciones, incluyendo tanto los aspectos teóricos como prácticos que se relacionan con las mediciones.

2. MEDICIÓN ESTÁTICA. medición de una magnitud cuyo valor puede ser considerado constante durante su medición, el calificativo de estático se aplica a la magnitud y no al método de medición.

3. MEDICIÓN DINÁMICA. Determinación del valor instantáneo de una magnitud y, en su caso, de su variación con respecto al tiempo, al igual al anterior se refiere a la magnitud y no al proceso de medición.

4. PRINCIPIO DE MEDICIÓN. Fundamento científico de un método de medición. Como por ejemplo el efecto Josephson aplicado a la medición de la tensión eléctrica.

5. MÉTODO DE MEDICIÓN. Conjunto de operaciones teóricas y prácticas, en términos generales, involucradas en la realización de mediciones de mediciones de acuerdo a un principio establecido.

6. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN. Conjunto detallado de operaciones teóricas y prácticas, en términos generales, involucradas en la realización de mediciones de acuerdo a un método establecido.

7. PROCESO DE MEDICIÓN. Toda la información, equipo y operaciones relativas a una medición dada.

8. MENSURANDO. Magnitud sujeta a medición, puede ser, según sea el caso, la magnitud medida o la magnitud a medir.

9. MAGNITUD DE INFLUENCIA. Magnitud que no es objeto de la medición pero que influye en el valor del mensurando o en las indicaciones del instrumento de medición. Como por ejemplo, la frecuencia de la tensión eléctrica alterna al efectuar su medición.

10. VALOR TRANSFORMADO. Valor de una magnitud que representa la magnitud medida y que está relacionado funcionalmente a ella. Este valor transformado puede ser interno a un sistema de medición o puede ser suministrado como una salida del sistema.

11. SEÑAL DE MEDICIÓN. Representación de una magnitud a medir dentro de un sistema de medición. La señal de entrada de un sistema de medición puede ser llamada "estímulo" y la señal de salida puede ser llamada "respuesta".

- RESULTADO DE LAS MEDICIONES -

1. RESULTADO DE UNA MEDICIÓN. Valor de una magnitud medida por medición. Cuando se utilice el término de "resultado de una medición", debe hacerse la aclaración si se refiere a:

- la indicación
- el resultado bruto
- el resultado corregido

Una expresión completa del resultado de una medición, incluye información sobre la incertidumbre de la medición.

2. INDICACIÓN (DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN). Valor de una magnitud medida suministrado por un instrumento de medición. La indicación es expresada en unidades de la magnitud medida, independientemente de las unidades marcadas sobre la escala.

3. RESULTADO BRUTO. Resultado de una medición antes de la corrección por errores sistemáticos supuestos. Cuando se trata de una simple indicación el resultado bruto es idéntico a la indicación.

4. RESULTADO CORREGIDO. Resultado de una medición obtenido después de haber echo las correcciones necesarias al resultado bruto, a fin de tomar en consideración los errores sistemáticos supuestos.

5. EXACTITUD DE MEDICIÓN. Proximidad de concordancia entre el resultado de una medición y el valor (convencionalmente) verdadero de la magnitud medida.

6. REPETIBILIDAD DE MEDICIONES. Proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurando, efectuadas con la aplicación de la totalidad de las condiciones siguientes:

- mismo método de medición,
- mismo observador,
- mismo instrumento de medición,
- mismo lugar,
- mismas condiciones de uso,
- repetición en periodos cortos de tiempo.

7. REPRODUCIBILIDAD DE MEDICIONES. Proximidad de concordancia entre los resultados de las mediciones del mismo mensurando, en el caso que las mediciones individuales sean efectuadas haciendo variar las condiciones, tales como:

- método de medición,
- observador,
- instrumento de medición,
- lugar,

- condiciones de uso,
- tiempo

8. INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN. Estimación que caracteriza el intervalo de valores dentro de los cuales se encuentra el valor verdadero de la magnitud medida

9. CORRECCIÓN. Valor agregado algebraicamente al resultado bruto de una medición, compensa un error sistemático supuesto

10. FACTOR DE CORRECCIÓN. Factor numérico por el cual se multiplica el resultado bruto de una medición para compensar un error sistemático supuesto

- INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN -

1. APARATO DE MEDICIÓN. Dispositivo destinado a realizar una medición, solo o en conjunto con otros equipos

2. MEDIDA MATERIALIZADA. Dispositivo destinado a reproducir o proporcionar, de manera permanente durante su uso, uno o más valores conocidos de un magnitud dada. La magnitud concerniente puede llamarse "magnitud suministrada"

3. TRANSDUCTOR DE MEDICIÓN. Dispositivo de medición que establece correspondencia entre una magnitud de entrada y una de salida, conforme a una relación determinada. Por ejemplo un termopar, un transformador de corriente

4. CADENA DE MEDICIÓN. Serie de elementos de un aparato o sistema de medición que constituyen la trayectoria de la señal medida, desde la entrada hasta la salida

5. SISTEMA DE MEDICIÓN. Conjunto completo de instrumentos de medición y otros dispositivos ensamblados para realizar una labor de medición específica

6. APARATO (DE MEDICIÓN) INDICADOR. Aparato de medición que muestra el valor de un a magnitud medida o de un valor que le esta relacionado. Como el voltmetro analógico, y el voltmetro digital

7. APARATO (DE MEDICIÓN) REGISTRADOR. Aparato de medición que proporciona un registro (permanente o semipermanente), del valor de una magnitud de un valor que le este relacionado

8. APARATO (DE MEDICIÓN) TOTALIZADO. Aparato de medición que determina el valor de una magnitud a medir, por medio de la suma de los valores parciales de esa magnitud, obteniendo simultánea o consecutivamente, a partir de una o varias fuentes.

9. APARATO (DE MEDICIÓN) INTEGRADOR. Aparato de medición que determina el valor de una magnitud a medir, integrando una magnitud en función de otra

10. APARATO (DE MEDICIÓN) ANALÓGICO. Aparato de medición en el cual la señal de salida o indicación, es una función continua del valor de la magnitud medida. Este termino se aplica a la forma de presentación de la señal o indicación no al principio de operación del instrumento, como los voltímetros de bobina móvil

11. APARATO (DE MEDICIÓN) DIGITAL. Aparato de medición que proporciona una señal de salida o indicación en forma numérica. Este termino se aplica a la forma de presentación de la señal de salida o indicación, no al principio de funcionamiento del instrumento

12. DISPOSITIVO INDICADOR. Para un aparato de medición, es el conjunto de componentes que indica el valor de una magnitud medida o de un valor que le este relacionado

13. ELEMENTO REGISTRADOR. Una banda, un disco, una hoja u otra estructura sobre la cual es registrado el valor de la magnitud medida o un valor que le este relacionado

14. SENSOR. Elemento de un aparato de medición o de una cadena de medición, al cual esta directamente aplicada la magnitud a medir. Como el termopar de un termómetro eléctrico, flotador de un aparato de medición de nivel

15. ESCALA. Conjunto ordenado de trazos con una numeración asociada, formando parte de un dispositivo indicador

16. LONGITUD DE LA ESCALA. Para una escala dada, es la longitud de la línea comprendida entre el primero y el ultimo trazo, pasando por la parte media de todos los trazos mas cortos de la escala. La línea puede ser real o imaginaria, curva o recta

17. ESCALA LINEAL. Escala en la cual la longitud y el valor de cada división están relacionados por un coeficiente de proporcionalidad constante a lo largo de la escala

18. ESCALA NO LINEAL. Escala en la cual la longitud y el valor de cada división están relacionados por un coeficiente de proporcionalidad que no es constante a lo largo de la escala. Ciertas escalas no lineales poseen nombres especiales, tales como "escala logarítmica", "escala cuadrática"

19. CERO DE UN APARATO DE MEDICIÓN. Indicación directa de un aparato de medición cuando esta en servicio con un valor nulo de la magnitud medida. El aparato debe estar alimentado por todas las fuentes de energía necesarias para su funcionamiento, si se requiere

20. GRADUACIÓN (DE UN APARATO DE MEDICIÓN). Ubicación material de los trazos de la escala (eventualmente solo de ciertos trazos principales) de un aparato de medición, en función de los valores correspondientes de la magnitud medida. No confundir "graduación" con "calibración"

21. AJUSTE. Operación destinada a llevar un aparato de medición a un funcionamiento y una exactitud conveniente para su utilización

- CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN -

1. ALCANCE DE MEDICIÓN. Para cada amplitud de escala, es el conjunto de valores de la magnitud medida para los cuales un "instrumentos de medición" presenta los valores dentro de esa amplitud de escala, para una posición particular de sus controles. El alcance es expresado en unidades de la magnitud a medir

2. INTERVALO DE MEDICIÓN. Modulo de la diferencia entre los dos limites del alcance de un "instrumento de medición".

3. VALOR NOMINAL. Valor utilizado para designar una característica de un dispositivo o para servir de guía durante su utilización prevista. El valor nominal puede ser un valor redondeado de las características concernientes y con frecuencia un valor aproximado de la magnitud realizada por un patrón.

4. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO ESTABLECIDAS. Condiciones de utilización que comprenden los alcances de la magnitud a medir, las magnitudes de influencia y otras exigencias

importantes, por las cuales las características metroológicas de un "instrumento de medición" son supuestamente mantenidas entre límites especificados

5. CONDICIONES LIMITE. Condiciones de utilización de un "instrumento de medición" puede soportar sin daño y degradación de sus características metroológicas, cuando se utiliza dentro de las condiciones de funcionamiento establecidas

6. CONDICIONES DE REFERENCIA. Condiciones de utilización de un "instrumento de medición" prescritas para los ensayos de funcionamiento o para asegurar validamente la comparación de resultados de medición entre ellos

7. SENSIBILIDAD. Cociente del incremento de la respuesta de un "instrumento de medición" y del correspondiente incremento de la señal de entrada. La sensibilidad puede depender del valor de la señal de entrada

8. MOVILIDAD. Aptitud de un "instrumento de medición" para responder a pequeñas variaciones del valor de la señal de entrada

9. RESOLUCIÓN (DE UN DISPOSITIVO INDICADOR). Expresión cuantitativa de la aptitud de un dispositivo indicador para presentar significativamente la distinción entre valores muy próximos de la magnitud indicada

10. ZONA MUERTA. Alcance dentro del cual una señal de entrada puede ser modificada, sin provocar variación en la respuesta de un "instrumento de medición"

11. HISTERESIS. Propiedad de un "instrumento de medición" donde la respuesta a una señal de entrada dada, depende de la secuencia de las señales de entrada precedentes

12. ESTABILIDAD. Aptitud de un "instrumento de medición" para conservar sus características metroológicas. La estabilidad es habitualmente considerada respecto al tiempo

13. DISCRECIÓN. Aptitud de un "instrumento de medición" para no modificar el valor de la magnitud medida

14. DERIVA. Variación lenta en el curso del tiempo de una característica metroológica de un "Instrumento de medición"

15. TIEMPO DE RESPUESTA. Intervalo de tiempo comprendido entre el momento en que la señal de entrada sufre un cambio brusco específico y el momento en que la señal de salida alcanza, dentro de los límites especificados, su valor final en régimen estable y sostenido

16. EXACTITUD (DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN). Aptitud de un "instrumento de medición" para dar "indicaciones" próximas al valor verdadero de una magnitud medida

17. CLASE DE EXACTITUD. Clasificación de los "instrumentos de medición" que satisfacen ciertas exigencias metroológicas destinadas a conservar los errores, dentro de los límites especificados

18. FIDELIDAD (DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN). Aptitud de un "instrumento de medición" para dar dentro de las condiciones de utilización definidas, respuestas muy próximas durante la aplicación repetida de una misma señal de entrada. Las condiciones de utilización definidas son habitualmente

- Repetición sobre un corto periodo de tiempo

- Utilización del mismo lugar, dentro de condiciones ambientales constantes.
- Reducción al mínimo de las variaciones debidas al observador

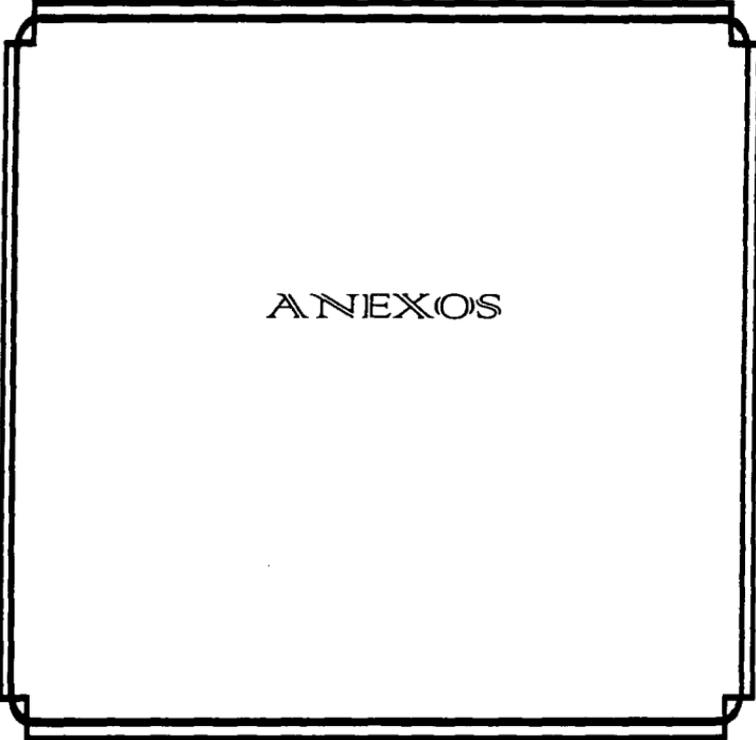
- PATRONES -

- 1. PATRÓN.** Medida materializada, aparato de medición o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o varios valores conocidos de una magnitud para transmitirlos por comparación a otros instrumentos de medición.
- 2. SERIE DE PATRONES.** Conjunto de patrones de valores elegidos especialmente para reproducir individualmente o por combinación conveniente, una serie de valores de una magnitud sobre un alcance determinado. Como un juego de pesas marcadas.
- 3. PATRÓN PRIMARIO.** Patrón que representa la más alta calidad metrologica dentro de un campo específico.
- 4. PATRÓN SECUNDARIO.** Patrón cuyo valor es fijado por comparación con un patrón primario.
- 5. PATRÓN INTERNACIONAL.** Patrón reconocido por acuerdo internacional para servir de base internacional en la fijación de los valores de todos los otros patrones de la magnitud concerniente.
- 6. PATRÓN NACIONAL.** Patrón reconocido por decisión oficial nacional para servir de base dentro de un país en la fijación de los valores de todos los otros patrones de la magnitud concerniente. El patrón nacional frecuentemente es un patrón primario.
- 7. PATRÓN DE REFERENCIA.** Patrón en general de la más alta calidad metrologica disponible en un lugar determinado del cual derivan las mediciones efectuadas en ese lugar.
- 8. PATRÓN DE TRABAJO.** Patrón que habitualmente contrastado por comparación a un patrón de referencia es utilizado comunmente para contrastar o controlar las medidas materializadas o los aparatos de medición.
- 9. PATRÓN DE TRANSFERENCIA.** Patrón utilizado como intermediario para comparar entre ellos los patrones, las medidas materializadas o los aparatos de medición. Cuando el dispositivo de comparación o es estrictamente un patrón, el termino dispositivo de transferencia deberá ser utilizado.
- 10. TRAZABILIDAD.** Propiedad de un resultado de medición consiste en poder relacionarlo con los patrones apropiados generalmente internacionales o nacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones.
- 11. CONSERVACIÓN DE UN PATRÓN.** Todas las operaciones necesarias para la conservación de las características metrologicas de un patrón dentro de limites convenientes. Las operaciones comprenden habitualmente una calibración regular, un almacenaje dentro de buenas condiciones y una utilización cuidadosa.

BIBLIOGRAFÍA

- ◊ Fluke Corporation
Calibration Philosophy in Practice Fluke 1994 Second Edition
- ◊ Curso-Taller Mediciones Electricas Industriales CENAM 1995
- ◊ Curso Introducción a la Metrología SIMET-CIMAT 1992
- ◊ Stanley Wolf
Guía de Mediciones Electrónicas y Prácticas de Laboratorio
Prentice-Hall Hispanoamericana S.A
- ◊ William D. Cooper, Albert D. Helfrick
Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición
Prentice-Hall Hispanoamericana S.A 1994
- ◊ Curso Metrology. Solutions General Technology Fluke 1990
- ◊ Manual del Laboratorio de Metrología Electrica Auditorias y Control de Documentos ININ
- ◊ Manual y Procedimientos del Dpto de Garantía de Calidad ININ
- ◊ Documento SNC-01-1994 "Condiciones Para el Acreditamiento de Laboratorios de Calibración "
- ◊ Documento SNC-202-1994 "Requisitos Generales para el Acreditamiento de un Laboratorio de Calibración "
- ◊ Documento SNC-03-1994 "Solicitud de Acreditamiento para Laboratorios de Calibración "
- ◊ Documento SNCD-04-1994 "Directrices para la Evaluación de un Laboratorio de Metrología e interpretación de requisitos mínimos "
- ◊ NÓM-Z-55-1986 "Metrología-Vocabulario de Terminos Fundamentales y Generales "
- ◊ Norma ISO-9001 "Sistemas de Calidad-Modelo para el aseguramiento de la calidad en diseño desarrollo producción, instalación y servicio." 1994
- ◊ Norma ISO-9003 "Sistemas de Calidad-Modelo para el aseguramiento de la calidad en la inspección y pruebas finales " 1994
- ◊ Norma ISO-TAG 4 "Análisis y Expresión de Incertidumbre" 1990
- ◊ Norma BSI-BS5781 "Sistemas de medición y Calibración, parte 1 y parte 2 " 1987.

- ❖ Norma ISO- Guía 25 "Requerimientos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Calibración y Prueba "
- ❖ Norma ISO-10.012 "Requerimientos de Aseguramiento de la calidad para los equipos de medición " 1994
- ❖ VII Seminario "Aseguramiento de Calidad" Comité Técnico Nacional de Normalización de Sistemas de Calidad 1995
- ❖ ISO-10011 "Directrices para Auditar Sistemas de Calidad- Parte 1 "Auditorías " 1990
- ❖ Memorias del XII Seminario Nacional de Metrología- Asociación Mexicana de Metrología, AC 1995
- ❖ Curso Auditorías de la Calidad- SGS 1992
- ❖ Manuales de Fabricantes- Tektronix, Fluke, Hewlett Packard, Simpson, General Radio
- ❖ Revista TecnoLab Numero 68 Julio 1996
 - Trazabilidad y Certificación- Emilio Galvan Ortiz
 - El Aseguramiento de calidad de las mediciones en países en desarrollo- Ignacio Lira Cangunhem
 - Aseguramiento de medición- Factor de éxito para la competitividad- Jean Pierre Roux Brun
- ❖ Revista TecnoLab Numero Marzo 1995
 - Sistemas de Aseguramiento de Calidad- Marcos Rincon Prado
 - Auditorías de Calidad- Jorge Thomas Lomeli



ANEXOS

ANEXO I

SNC	Comité del Área Eléctrica	DGN
Procedimiento:		
Evaluación de la Competencia Técnica de un Laboratorio de Metrología		
No PAE-001	Rev 0	Fecha de Emisión
		Diciembre 1996
		Hoja 1 de 13

ÍNDICE	HOJA
1.- OBJETIVO Y ALCANCE	2
1.1 Objetivo	2
1.2 Alcance	2
2.- NOTACIONES Y DEFINICIONES	2
2.1 Notaciones	2
2.2 Definiciones	2
3.- DESARROLLO	3
3.1 Recepción de la Solicitud	3
3.2 Revisión de Solicitud	3
3.3 Integración del Grupo Evaluador	3
3.4 Reunión Previa	4
3.5 Desarrollo de la Evaluación	5
3.6 Seguimiento de las Acciones Correctivas	7
4.- RESPONSABILIDADES	8
5.- ANEXOS	9
Anexo 1 Diagrama de Flujo	10
Anexo 2 Plan de Evaluación	11
Anexo 3 Revisión Técnica de Documentos	12
Anexo 4 Dictamen de Evaluación	13

Preparó: P.Ing. Agustín Villalobos Estrada	Fecha Diciembre 1996
Revisó: Ing Oscar Gutiérrez Galván	Fecha Diciembre 1996
Autorizó: Ing. José Luis Pérez Ávila	Fecha Diciembre 1996

ANEXO I

Comité del Área Eléctrica	No P AE-001	Rev 0
Procedimiento Evaluación de la Competencia Técnica de un Laboratorio de Metrología	Fecha de emisión Diciembre 05	hoja 2 de 13

1 - OBJETIVO Y ALCANCE

- 1.1 Objetivo**
Establecer la forma de realizar la Evaluaciones de los Laboratorios que se deseen acreditar como parte del Sistema Nacional de Calibración, incluyendo la programación, preparación, ejecución, informe y cierre de las mismas
- 1.2 Alcance**
Este procedimiento es aplicable a la evaluación del sistema de calidad y capacidad técnica de un Laboratorio de calibración.

2 NOTACIONES Y REFERENCIAS

- 2.1 Notaciones**
 DGN Dirección General de Normas
 SNC Sistema Nacional de Calibración
 GE Grupo Evaluador
- 2.2 Definiciones**
- 2.2.1 Evaluación**
Acto llevado a cabo por la Dirección General de Normas a un Laboratorio que desee acreditarse ante el Sistema Nacional de Calibración para determinar su grado de cumplimiento con los criterios establecidos en el documento SNC-02-1994 "Requisitos Generales para el Acreditamiento de un Laboratorio de Calibración"
- 2.2.2 Evaluador**
Individuo que cuenta con la experiencia y escolaridad necesaria para realizar cualquier parte de la evaluación de un Laboratorio de calibración
- 2.2.3. Evaluador Líder**
Individuo que por su experiencia, escolaridad y capacitación específica puede organizar y dirigir una evaluación, informar acerca de las deficiencias detectadas y evaluar acciones correctivas
- 2.2.4. Evaluador en Entrenamiento**
Individuo que cuenta con la escolaridad necesaria para ser sujeta a un programa de capacitación para que participe en la evaluación de un Laboratorio de calibración
- 2.2.5 Deficiencia**
Desviación detectada que constituye un lugar a dudas un apartamiento respecto a los requisitos de los documentos SNC-D y debido a la cual no es conveniente otorgar al acreditamiento del Laboratorio hasta que este subsanada

ANEXO I

Comité del Área Eléctrica	No P AE-001	Rev 0
Procedimiento Evaluación de la Competencia Técnica de un Laboratorio de Metrología	Fecha de emisión Diciembre 96	hoja 3 de 13

2.2.6. Observación

Son desviaciones menores de los requisitos de los documentos SNCD-2, no constituye una deficiencia y por lo tanto no pone en duda la aptitud de un Laboratorio para brindar el servicio de calibración.

2.2.7 Observación a corto plazo

Son aquellas observaciones que deberán ser solventadas al tiempo en que presentan las acciones correctivas.

2.2.8 Observación a Mediano Plazo

Son aquellas que para considerarse solventadas bastara con proponer un plan de trabajo para solucionarlas. El cumplimiento de este plan será constatado en las evaluaciones subsiguientes al laboratorio.

2.2.9 Acción correctiva

Son aquellos cambios o ajustes en el sistema de calidad o en los procedimientos técnicos que un laboratorio realiza para satisfacer los requerimientos del grupo evaluador, con la finalidad de obtener el acreditamiento ante el Sistema Nacional de Calibración, siempre deben estar sustentadas por documentación comprobatoria.

3 - DESARROLLO

3.1. Recepción de la Solicitud

El Laboratorio deberá enviar la siguiente documentación a la Dirección General de Normas para iniciar el proceso de acreditamiento.

3.1.1 Solicitud debidamente requisada (Documento SNC-03-1994)

3.1.2 Respuesta detallada al cuestionario encontrado en el documento SNC-03-1994 "Solicitud de Acreditamiento para Laboratorios de Calibración" referenciando cada punto a la hoja y parte del documento donde se encuentre.

3.1.3 El manual de calidad del Laboratorio (organización y procedimientos)

3.2. Revisión de la Solicitud

3.2.1 La solicitud y la documentación anexa a ella serán revisadas por el personal del Depto del SNC de la DGN y cualquier información adicional indispensable será requerida al laboratorio.

3.2.2 Cuando la documentación esté completa, se canalizará al Comité de la evaluación para que se programen la reunión previa y la visita al laboratorio.

3.2.3 La DGN garantizará la confidencialidad de la información contenida en la solicitud o en cualquier otro documento, así como de la que se obtenga durante la evaluación.

3.3. Formación del Grupo Evaluador

3.3.1 En el Comité Técnico correspondiente se elegirá el evaluador líder, quien será el responsable de la elaboración del plan de evaluación y de dar el seguimiento de las deficiencias y observaciones que pudieran encontrarse.

ANEXO I

Comité del Área Eléctrica	No P.AE-001	Rev 0
Procedimiento Evaluación de la Competencia Técnica de un Laboratorio de Metrología	Fecha de emisión Diciembre 96	hoja 4 de 13

- 3 3 2 De acuerdo a las limitaciones del Laboratorio se podrán nombrar evaluadores y evaluadores en entrenamiento para que participen en el desarrollo de la reunión previa y en la visita al laboratorio
- 3 3 3 Se debe evitar que en el GE se incluyan personas que tengan algún nexo comercial o de asesoría con el Laboratorio con la finalidad de mantener la integridad e independencia de uno
- 3 3 4 En el caso de que no existe un Comité específico para el área en que pretenda acreditarse el Laboratorio la DGN designará para que lleven a cabo la evaluación a representantes de Laboratorios acreditados o especialistas en el área, aun cuando no tengan relación con el SNC
- 3 4 Reunión Previa
- 3 4 1 En las instalaciones de la DGN se llevará a cabo una reunión con el Jefe del Departamento del SNC y el grupo designado por el Comité Técnico de Área para definir el plan de evaluación
- 3 4 2 Se revisarán los antecedentes del laboratorio
- 3 4 3 Se revisa en forma sucinta la solicitud de acreditamiento y la información anexa que proporciona el laboratorio
- 3 4 4 Se determinan las magnitudes e intervalos que se desean acreditar y se define el alcance de la evaluación
- 3 4 5 El plan de evaluación es responsabilidad del líder del GE y se prepara para que todos los participantes en la evaluación entiendan y convengan el programa a seguir. El plan de evaluación debe elaborarse en base al formato del anexo 2 y se reparte entre los miembros del GE
- 3 4 6 Con el plan de evaluación ya convenido el líder del GE asignará áreas a cada miembro del GE y comenzarán la revisión documental
- 3 4 7 Para la revisión documental del sistema de calidad se utilizará como lista de verificación el documento SNC-04 "Directrices para la Evaluación de un Laboratorio de Metrología e interpretación de requisitos mínimos" y se elaboran preguntas específicas que permitan verificar la coincidencia entre los procedimientos administrativos y la realidad del desarrollo de las actividades
- 3 4 8 Los procedimientos técnicos se revisarán en forma individual y se documentará de la manera siguiente, en formas como la del Anexo 3
- Quien revisa, escribe los datos del documento en la parte superior de la hoja y la fecha en que hace la revisión técnica
 - Dicho revisor describe sus observaciones en la columna "comentarios", referidos en la hoja y parte, correspondiente al documento en revisión
 - En el sector "preparado por", escribe su nombre, número de hojas (parcial y total) y lo firma
- 3 4 9 Durante esta reunión podrán participar aquellos evaluadores en entrenamiento que proponga el Comité para que sean capacitados por el Evaluador Líder en la interpretación de los requisitos del acreditamiento
- 3 4 10 Si al final de la revisión de la documentación a criterio del GE fuera necesario que la visita tuviera una duración mayor de un día se solicitará al Jefe del Departamento del SNC que convenga con el Laboratorio los arreglos pertinentes

ANEXO I

Comité del Área Eléctrica	No P AE-001	Rev 0
Procedimiento Evaluación de la Competencia Técnica de un Laboratorio de Metrología	Fecha de emisión	hoja 5
	Diciembre 96	de 13

3 5 Desarrollo de la Evaluación

3 5 1 Reunión Inicial

- a) Previo al comienzo de la evaluación se deberá realizar una reunión entre el GE y los representantes del Laboratorio por evaluar. La reunión deberá ser dirigida por el representante del DGN en el lugar donde se va a llevar a cabo la evaluación
- b) Durante la reunión inicial se establecerán las reglas generales para la realización de la evaluación y el temario incluirá los siguientes puntos
 - i) Presentación de los participantes
 - ii) Explicación del propósito y el alcance de la evaluación
 - iii) Explicación sucinta del sistema de calidad y operación del Laboratorio auditado por parte del personal
 - iv) Arreglos logísticos
 - Lugar de la reunión
 - Horarios de trabajo
 - Horarios de comida
 - Reunión de salida

3 5 2 Ejecución de la Evaluación

La evaluación comprenderá cinco aspectos generales que son

- a) **Sistema Administrativo**
 - i) Se deberá iniciar con una revisión documental de los procedimientos administrativos en base a la lista de verificación SNC-D4 "Directrices para la Evaluación de un Laboratorio de Metrología e interpretación de requisitos mínimos" ubicando puntos específicos en los cuales se deba comprobar físicamente su ejecución.
 - ii) Se debe realizar la entrevista directamente con el personal que realiza las actividades administrativas y observar la ejecución en un caso supuesto
 - iii) Durante la entrevista el personal del laboratorio tendrá la oportunidad de explicar conflictos aparentes o cambios recientes
- b) **Sistema de Calidad**
 - i) Se debe hacer un análisis documental en forma global del Sistema de Calidad del laboratorio, para entender su diseño y operación antes de realizar comentarios puntuales
 - ii) Las observaciones que hagan los evaluadores deben ser encaminadas a una correcta aplicación del Sistema de Calidad de la empresa y no para imponerles uno nuevo
 - iii) Para aquellos puntos que no hayan sido considerados o que resulten insuficientes dentro del Manual de Calidad, se propondrán cambios tomando en cuenta la forma en que este elaborado dicho manual.
 - iii) Se revisarán los archivos que contengan los registros que establece el Manual de Calidad realizando un muestreo aleatorio
 - iv) Los comentarios de los evaluadores deberán ser clasificados en deficiencias y observaciones de corto y mediano plazo para facilitar al laboratorio la elaboración de un plan de trabajo para resolverlas

ANEXO I

Comité del Área Eléctrica	No P AE-001	Rev 0
Procedimiento Evaluación de la Competencia Técnica de un Laboratorio de Metrología	Fecha de emisión Diciembre 96	hoja 6 de 13

- v) Es muy importante determinar el grado en que están involucradas las autoridades a las que este adscrito el laboratorio y procurar que asuman la responsabilidad de supervisión y apoyo que requiera el laboratorio
- vi) Se debe constatar la distribución, conocimiento y aplicación por parte del personal del laboratorio del Manual de Calidad buscando encontrar aquellos punto donde existe incongruencia entre lo escrito y la ejecución
- c) **Capacidad Técnica**
- i) En base a las cartas de trazabilidad se debe hacer seguimiento a cada una de las magnitudes comprobando que todos los instrumentos involucrados tengan calibración vigente en las fechas durante las cuales se realizaron las transferencias de la exactitud a los patrones de trabajo
- ii) Revisar los cálculos que haya hecho el laboratorio para la determinación del alcance de medición y generación expresado por intervalos y en función de las especificaciones técnicas de sus patrones de referencia y de trabajo
- d) **Procedimientos Técnicos**
- i) El GE en forma individual realizará una revisión documental de los procedimientos de calibración anotando sus comentarios en hojas como la del formato del anexo 3 para que sean contestadas por el personal del Laboratorio
- ii) Se solicitará al personal técnico ejecute los procedimientos esenciales de la operación del laboratorio haciendo observaciones verbales y anotaciones complementarias en el formato del párrafo anterior
- iii) El GE deberá observar la destreza en el manejo de los equipos patrón y de los instrumentos bajo calibración así como el apego a lo establecido en los procedimientos
- iv) Los evaluadores deberán plantear excepciones durante las calibraciones que permitan evidenciar la capacidad del personal para resolver singularidades que puedan presentarse en el funcionamiento del laboratorio
- e) **Análisis de Incertidumbre**
- i) Ser realizará un examen oral de los conceptos generales de análisis de incertidumbre en base a la norma ISO-TAG4 "Expresión de la incertidumbre en las Mediciones"
- ii) Se plantearán al menos dos problemas de análisis de incertidumbre que serán resueltos en forma individual por las personas que deseen acreditarse como personal técnico del laboratorio. Los cuales serán calificados y archivados en la DGM en el expediente del laboratorio
- iii) Además se propondrán casos hipotéticos en los que el individuo tenga que determinar con que incertidumbre realizará una medición

ANEXO I

Comité del Área Eléctrica	No P AE-001	Rev 0
Procedimiento: Evaluación de la Competencia Técnica de un Laboratorio de Metrología	Fecha de emisión: Diciembre 96	hoja 7 de 13

con equipos diferentes a los que se tienen en el Laboratorio para confirmar que la aplicación de los conceptos de análisis de incertidumbre no la realiza mecánicamente

3.5.3 Reunión de Salida

- a) Previamente a la reunión de salida y bajo la conducción del Evaluador Líder el GE deberá reunirse e intercambiar información, sin participación del personal del Laboratorio auditado. Durante el transcurso de esta reunión preliminar se deberá elaborar en forma escrita un dictamen sobre el grado de cumplimiento del sistema de Calidad y de la Capacidad Técnica del Laboratorio, para esta actividad se asignará no menos del 15% del tiempo total de la evaluación.
- b) No siempre en el desarrollo de una evaluación es fácil determinar cuales desviaciones detectadas constituyen deficiencias u observaciones, por lo tanto es sumamente importante que el GE, trate de establecer durante esta reunión previa la importancia de las desviaciones encontradas y establezca el tipo de seguimiento que debe hacerse a las acciones correctivas.
- c) Una vez terminado el informe se llamará al personal del Laboratorio para dar inicio a la reunión de salida.
- d) Es importante que en la reunión de salida se encuentren presentes aquellas personas que sean responsables administrativos y técnicos para comprender magnitud de las deficiencias.
- e) El evaluador Líder leerá con voz clara y segura el dictamen punto por punto haciendo los comentarios que considere pertinentes, el personal del Laboratorio podrá interpelar la lectura del informe si algún punto le resultará confuso o ambiguo, así mismos los miembros del GE podrán intervenir para detallar algún tema en específico.
- f) El dictamen se elaborará conforme a la forma del anexo 4 y será entregado el original al responsable técnico del Laboratorio al finalizar la evaluación, el cual firmará de recibido y entregará una copia a cada uno de los miembros del GE.
- g) Al responsable técnico del Laboratorio se le entregará los originales de la revisión técnica de cada uno de los procedimientos de calibración, para la resolución de los comentarios hechos y entregará una copia a cada uno de los miembros del GE.
- h) El dictamen que emite el GE no será sustituto del informe oficial DGN hace llegar al laboratorio posteriormente, lo que permite el dictamen es que el Laboratorio pueda iniciar sus acciones correctivas en seguida a la evaluación.
- i) Al final de la reunión de salida se agradecerá la colaboración y disposición de los auditados y se concluirá la visita.

3.6. Seguimiento de las Acciones Correctivas

- 3.6.1. El Laboratorio tendrá un plazo de tres semanas para que presente los documentos comprobatorios o al menos un plan de trabajo para atender los requerimientos del GE haciendo referencia a los puntos del dictamen.

ANEXO I

Comité del Área Eléctrica	No P AE-001	Rev 0
Procedimiento Evaluación de la Competencia Técnica de un Laboratorio de Metrología	Fecha de emisión Diciembre 96	hoja 8 de 13

- 3 6 2 El jefe del Depto del SNC convocará a los miembros del GE o al menos al Evaluador Líder para que revisen las acciones correctivas y determinen si son suficientes, esta reunión será llevada a cabo en las instalaciones de la DGN
- 3 6 3 El GE deberá poner atención en resolución de los comentarios de la revisión técnica de los documentos y los coleccionará con los procedimientos
- 3 6 4 Si existiera alguna inconformidad por parte del Laboratorio evaluado por la forma en que fue llevada la evaluación o por parecerle excesivo los requerimientos del GE, el Laboratorio podrá manifestar su inconformidad ante el comité de área correspondiente
- 3 6 5 La responsabilidad del GE terminará hasta que se den por cerradas todas las deficiencias encontradas en la evaluación y pueda proceder el acreditamiento o en el peor de los casos el laboratorio desista.

4 RESPONSABILIDADES

- 4.1 Del Laboratorio solicitante
 - a) Ingresar la solicitud a la DGN 45 días naturales antes de que se venza su acreditamiento
 - b) Disponer los arreglos logísticos para la realización de la visita al laboratorio
 - c) Presentar las acciones correctivas o al menos un plan de trabajo para cubrir las desviaciones encontradas durante la evaluación dentro de las tres semanas siguientes a la visita
 - d) Estar presente en la reunión del Comité Técnico donde se decida la fecha de la visita al laboratorio.
- 4.2 De los miembros del Comité Técnico de Evaluación
 - a) Integrar el Grupo Evaluador en la reunión en que sea presentada la solicitud por el Jefe del Depto del SNC y proponer una fecha de visita dentro de los siguientes 30 días naturales
 - b) Atender las quejas que sobre las evaluaciones pudieran presentar los laboratorios.
 - c) Participar en forma esmerada y solícita en las evaluaciones a las que sean propuestos
- 4.3. Del Grupo Evaluador.
 - a) Mantener la confidencialidad de la documentación que le sea proporcionada para las evaluaciones
 - b) Realizar la reunión previa dentro de los 15 días naturales después de presentada la solicitud.
 - c) Entregar por escrito el dictamen al terminar la visita a los laboratorios, a los representantes de este
 - d) Participar en la reunión previa y posterior a la visita de evaluación
 - e) Trabajar de manera ética y profesional.
 - f) Notificar al menos con cinco días hábiles cualquier inconveniente para participar en la evaluación a la que haya sido propuesto

ANEXO I

Comité del Área Eléctrica	No P AE-001	Rev 0
Procedimiento Evaluación de la Competencia Técnica de un Laboratorio de Metrología	Fecha de emisión Diciembre 96	hoja 9 de 13

- 4.4. Del Evaluador Líder
 - a) Elaborar el plan de evaluación
 - b) Evaluar las acciones correctivas que el Laboratorio elabore para solventar las deficiencias y observaciones encontradas.
 - c) Dar seguimiento a los trámites de acreditamiento del Laboratorio que evalúa hasta la entrega de los certificados por parte de la DGN
- 4.5. Del representante del Comité de Evaluación
 - a) Fiscalizar las actividades de los evaluadores
 - b) Mantener un padrón de evaluadores
 - c) Suplir en algún caso imprevisto al Evaluador Líder que haya nombrado el Comité
- 4.6. Del Jefe del Depto. del SNC
 - a) Revisar la solicitud de acreditamiento dentro de los siguientes 15 días naturales después de ingresada
 - b) Convocar a la reunión posterior a la visita dentro de los siguientes 15 días naturales después de que hayan sido recibidas en la DGN las acciones correctivas

5. ANEXOS

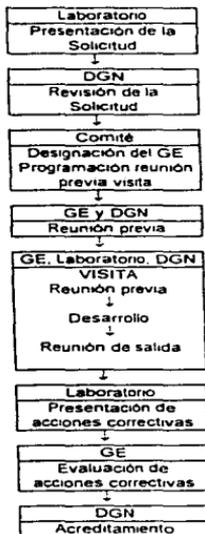
- Anexo 1 Diagrama de Flujo
- Anexo 2 Plan de Evaluación
- Anexo 3 Revisión Técnica de Documentos
- Anexo 4 Dictamen de Evaluación.

ANEXO 1

Comité del Área Eléctrica	No P AE-001	Rev. 0
Procedimiento: Evaluación de la competencia Técnica de un Laboratorio de Metrología	Fecha de emisión Diciembre 96	hoja 10 de 13

Anexo 1

Diagrama de Flujo



ANEXO I

Comité del Área Eléctrica	No P AE-001	Rev 0
Procedimiento Evaluación de la competencia Técnica de un Laboratorio de Metrología	Fecha de emisión Diciembre 96	hoja 11 de 13

Anexo 2

Plan de Auditoría

SNC Comité del área Eléctrica DGN Plan de Auditoría del Laboratorio de		Fecha
Punto	Responsable	
1 - Personal		
2 - Sistema de Calidad		
3 - Distribución y Requerimientos Ambientales		
4 - Instrumentos de Medición		
5 - Trazabilidad		
6 - Procedimientos de Calibración		
7 - Manejo de Instrumentos		
8 - Registros		
9 - Informe de Calibración		
Prepararon	Conforme Jefe del Depto. del SNC:	

ANEXO I

Comité del Área Eléctrica	No P AE-001	Rev 0
Procedimiento Evaluación de la competencia Técnica de un Laboratorio de Metrología	Fecha de emisión Diciembre 96	hoja 12 de 13

Anexo 3

Revisión Técnica de los Documentos

SNC Comité del Área Eléctrica DGN Revisión Técnica de Documentos			Fecha
Documento Rev		No	
Hoja	Parte	Comentario	Resolución
Preparó		Hoja de	
Resolvió		Fecha:	

ANEXO 1

Comité del Área Eléctrica	No P AE-001	Rev 0
Procedimiento Evaluación de la competencia Técnica de un Laboratorio de Metrología	Fecha de emisión Diciembre 96	hoja 13 de 13

Anexo 4

Dictamen de Evaluación

SNC Comité del Área Eléctrica DGN Dictamen de Evaluación del Laboratorio de:		Fecha
Punto	Clasificación	
1 - Personal		
2 - Sistema de Calidad		
3 - Distribución y Requisitos Ambientales		
4 - Instrumentos de Medición		
5 - Trazabilidad		
6 - Procedimientos de Calibración		
7 - Manejo de Instrumentos		
8 - Registros		
9 - Informe de Calibración		
Prepararon	Resolvió	
	Fecha:	

ANEXO II

Examen de Incertidumbre para Personal Técnico de Laboratorios de Metrología

Se presentan a continuación algunos ejercicios de cálculos de incertidumbre que son propuestos para ser utilizados como un método de evaluación de los conocimientos que evaluador tenga al respecto del tema

Problema 1:

A un resistor cuyo valor nominal es de $10 \Omega \pm 1\%$, de le aplica una tensión E de $(100 \pm 1) \text{ V}$ y se desea calcular la potencia disipada en el y la incertidumbre en la estimación

SOLUCIÓN:

Datos

$$R_N = \text{Resistencia Nominal del elemento} = 100 \Omega$$

$U_{R,p}$ = Incertidumbre expresada del valor nominal del resistor = $\pm 1\%$ que corresponde a 1Ω

$$E_N = \text{Tensión Nominal aplicada} = 100 \text{ V}$$

$$U_{E,p} = \text{Incertidumbre expresada en el valor de la tensión} = \pm 1 \text{ V}$$

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

$$P = \frac{E^2}{R}$$

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

a) Cálculo de la incertidumbre tipo A

Como no se parte de mediciones repetidas y el cálculo de la incertidumbre tipo A no se efectúa. Entonces el mejor valor a reportar es la operación indicada en la ecuación anterior

$$P = 1000 \text{ W}$$

b) Cálculo de las incertidumbres tipo B

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

Para E

$$U_{w,E} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,6 \text{ V}$$

Para R

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

ANEXO II

Examen de Incertidumbre para Personal Técnico de Laboratorios de Metrología

II) Realizamos el cálculo de la incertidumbre tipo B, incluyendo los coeficientes de sensibilidad. Se consideran independientes las variables que intervienen en el modelo

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

Se obtienen ahora los coeficientes de sensibilidad

$$\frac{\partial P}{\partial E} = \frac{2E}{R} = \frac{2(100)}{10} = 20$$

$$\frac{\partial P}{\partial R} = \frac{E^2}{R^2} = \frac{(100)^2}{(10)^2} = -100$$

Por lo tanto la incertidumbre tipo B sería

$$U_B = \sqrt{(20)^2(0.6)^2 + (-100)^2(0.06)^2} = 13.4 W$$

La incertidumbre combinada la calculamos de la siguiente manera

$$u_c(V) = U_A^2 + U_B^2$$

Como no se calculo la Incertidumbre A, por no tener una serie de mediciones:

$$u_c(V) = \sqrt{(0)^2 + (13.4)^2} = 13.4 W$$

Por lo tanto,

$$U_B = u_c$$

La incertidumbre expandida entonces será

$$U = 2U_B = 26.8$$

El valor se reportara como

$$P = (1000 \pm 27) W$$

Problema 2:

Se tiene una un transformador marca Biddle el cual tiene relaciones de transformación del orden de 1 a 1 y 1 a 2 con un voltaje de entrada de 8 Vcd, el voltaje de entrada es alimentado por el calibrador universal FLUKE 5500 y el voltaje de salida medido por el Multímetro digital Keithley 197A. Calcular la incertidumbre tipo A y B

Datos:

- U_{197A} = Incertidumbre expresada del multímetro Keithley 197A
- $\pm (0.006\% \text{ de la lectura} + 2 \text{ cuentas})$ con resolución de 1 mV, (+18 a +28) °C
- U_{5500} = Incertidumbre expresada del Calibrador Universal Fluke 5500 (tensión cc)
- $\pm (0.004\% \text{ de la salida} + 50 \mu\text{V})$ para todas los intervalos, (+20 a +30) °C
- T_a = Temperatura ambiente del laboratorio 23 °C.

ANEXO II

Examen de Incertidumbre para Personal Técnico de Laboratorios de Metrología

U_{10} = Máxima variación de la temperatura ambiente del laboratorio durante las mediciones = ± 2 °C

SOLUCIÓN:

El método de medición es indirecto, es decir, la relación de transformación se determina en función de magnitudes relacionadas. El modelo matemático es:

$$R_x = \frac{V_x}{V_c}$$

Donde

R_x es la relación de transformación

V_x es la lectura del multimetro o salida del transformador

V_c es la tensión exacta de salida del calibrador o la entrada del transformador

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

a) Cálculo de la incertidumbre tipo A

b) Cálculo de la incertidumbre tipo B

Se tomaron 10 mediciones del calibrador para cada relación de transformación

No de medición	Salida del Calibrador	Relación de Transformación	Lectura del Multimetro V_x	$\frac{V_x - 1}{V_c}$ (mV)	$\frac{(V_x - 1)^2}{V_c^2}$ (mV ²)	V_c (mV)
1	8 0000	1 a 1	8 001	1.2	1.44	----
2	8 0000	1 a 1	7 998	-1.8	3.24	----
3	8 0000	1 a 1	7 999	-0.8	0.64	----
4	8 0000	1 a 1	7 999	-0.8	0.64	----
5	8 0000	1 a 1	8 001	1.2	1.44	----
6	8 0000	1 a 1	8 000	0.2	0.04	----
7	8 0000	1 a 1	8 000	0.2	0.04	----
8	8 0000	1 a 1	8 000	0.2	0.04	----
9	8 0000	1 a 1	7 999	-0.8	0.64	----
10	8 0000	1 a 1	8 001	1.2	1.44	----
V_{10}	----	----	7.9998	----	----	0.326
1	8 0000	1 a 2	16.002	1.7	2.89	----
2	8 0000	1 a 2	15.999	-1.3	1.69	----
3	8 0000	1 a 2	16.000	-0.3	0.09	----
4	8 0000	1 a 2	16.001	0.7	0.49	----
5	8 0000	1 a 2	16.001	0.7	0.49	----
6	8 0000	1 a 2	16.003	2.7	7.29	----
7	8 0000	1 a 2	15.999	-1.3	1.69	----

ANEXO II

Examen de Incertidumbre para Personal Técnico de Laboratorios de Metrología

8	8 0000	1 a 2	15,998	-2,3	5,29	
9	8 0000	1a 2	15,999	-1,3	1,69	
10	8 0000	1 a 2	16,001	0,7	0,49	----
$U_{rel} - 8V$	----	----	16,0003	----	----	0,495

c) Cálculo de la incertidumbre tipo B

De las especificaciones de los instrumentos tenemos

Para 8V:

Para el Calibrador Universal:

$$U_{rel} - 8V = \pm (0.04\% \text{ de la salida} + 50 \mu V) \\ = \pm [(0.004\% * 8) + (50 \mu V)] = \pm 370 \mu V$$

Para el Multímetro Digital:

$$U_{rel} - 8V = \pm (0.06\% \text{ de la lectura} + 2 \text{ Cuentas}) \\ = \pm [(0.006\% * 8) + (2 \text{ Cuentas})] = \pm 500 \mu V$$

Para 16 V:

Para el Calibrador Universal:

$$U_{rel} - 16V = \pm (0.04\% \text{ de la salida} + 50 \mu V) \\ = \pm [(0.004\% * 16) + (50 \mu V)] = \pm 690 \mu V$$

Para el Multímetro Digital:

$$U_{rel} - 16V = \pm (0.06\% \text{ de la lectura} + 2 \text{ Cuentas}) \\ = \pm [(0.006\% * 16) + (2 \text{ Cuentas})] = \pm 980 \mu V$$

Como en el manual del instrumento se especifica como una incertidumbre de intervalo simétrico de valores máximos, entonces consideramos este intervalo como una distribución probabilística de tipo uniforme, entonces las incertidumbres tipo B para cada punto de prueba serían:

Para el Calibrador Universal:

Para 8 V:

$$U_{inc} - 8V = \frac{U_{rel} - 8V}{\sqrt{3}} = \frac{370}{\sqrt{3}} = 213 \mu V$$

Para el Multímetro Digital:

Para 8 V:

$$U_{inc} - 8V = \frac{U_{rel} - 8V}{\sqrt{3}} = \frac{500}{\sqrt{3}} = 288 \mu V$$

ANEXO II

Examen de Incertidumbre para Personal Técnico de Laboratorios de Metrología

Para el Calibrador Universal:

Para 16 V:

$$U_{m-16V} = \frac{U_{m-16V}}{\sqrt{3}} = \frac{690}{\sqrt{3}} = 398 \mu V$$

Para el Multímetro Digital:

Para 16 V:

$$U_{m-16V} = \frac{U_{m-16V}}{\sqrt{3}} = \frac{980}{\sqrt{3}} = 566 \mu V$$

Realizamos el cálculo de la incertidumbre tipo B, incluyendo los coeficientes de sensibilidad. Se consideran independientes las variables que intervienen en el modelo

$$U_{B'}(V) = \left[\frac{\partial R_I}{\partial V_G} \right]^2 V_G^2 + \left[\frac{\partial R_I}{\partial V_G} \right]^2 V_G^2$$

Recordemos que

$$R_I = \frac{V_G}{V_G}$$

Resolvemos la derivadas parciales, que serán nuestros coeficientes de sensibilidad:

Para 8 V:

$$\frac{\partial R_I}{\partial V_G} = - \frac{V_G}{V_G^2} = - \frac{(8)}{8^2} = -0.125$$

$$\frac{\partial R_I}{\partial V_G} = \frac{1}{V_G} = \frac{1}{8} = 0.125$$

Entonces nuestra incertidumbre tipo B, para 8 V, nos quedaría

$$U_{B-8V} = \sqrt{(-0.125^2 * 213^2) + (0.125^2 * 288^2)} = 44 \mu V$$

Para 16 V:

$$\frac{\partial R_I}{\partial V_G} = - \frac{V_G}{V_G^2} = - \frac{(16)}{8^2} = -0.25$$

$$\frac{\partial R_I}{\partial V_G} = \frac{1}{V_G} = \frac{1}{8} = 0.125$$

ANEXO II**Examen de Incertidumbre para Personal Técnico de Laboratorios de Metrología**

Entonces nuestra incertidumbre tipo B, para 16 V, nos quedaría

$$U_{B, 16V} = \sqrt{(-0.25)^2 \cdot 398^2 + (0.125)^2 \cdot 566^2} = 122 \mu V$$

Nuestra incertidumbre combinada es

$$u_c(V) = U_c = U_1^2 + U_2^2$$

Por lo tanto nos quedaría

Para 8V:

$$u_c(8V) = \sqrt{(326)^2 + (44)^2} = 329 \mu V$$

Para 16 v:

$$u_c(16V) = \sqrt{(495)^2 + (122)^2} = 510 \mu V$$

La incertidumbre expandida entonces será

Para 8V:

$$U_{8V} = 2u_c(8V) = 2(329) = 658 \mu V$$

Para 16 V:

$$U_{16V} = 2u_c(16V) = 2(510) = 1020 \mu V$$

Por lo tanto los resultados serán confiables al 95%, obtenidos de $U = k u_c(V)$, con $k=2$.

Problema 3:

Calcular la incertidumbre tipo B en la medición de una resistencia de 1Ω por los siguientes tres métodos

- Medición directa con un Multímetro marca H P 3455A a cuatro terminales
- Medición directa con un Multímetro marca H P 3455A a dos terminales
- Medición indirecta utilizando un calibrador universal FLUKE 5101B y un Multímetro HP 3455A, con 10 mediciones

SOLUCIÓN:

a) En la medición de la resistencia por el método directo es necesario conocer las especificaciones del multímetro, en este caso se calcula la incertidumbre tipo B por no existir mediciones para un análisis estadístico.

Datos:

U_{1M} = Incertidumbre expresada del multímetro HP 3455A,
 $\pm (0.003\% \text{ de la lectura} + 1 \text{ dígito})$ en el intervalo de 0.1 kΩ, (+18 a +28)°C.

T_a = Temperatura ambiente del laboratorio 23 °C

U_{T_a} = Máxima variación de la temperatura ambiente del laboratorio durante

ANEXO II**Examen de Incertidumbre para Personal Técnico de Laboratorios de Metrología**

las mediciones = $\pm 2^\circ\text{C}$.

Se especifica además que 1 dígito es el equivalente a 0.001% del intervalo tenemos entonces:

$$1 \text{ Dígito} = 0.001 \Omega$$

Para el **Multímetro Digital**:

$$U_{RM} = \pm (0.003\% \text{ de la lectura} + 1 \text{ Dígito}) \\ = \pm [(0.003\% \cdot 1 \Omega) + (0.001 \Omega)] = 1.03 \text{ m}\Omega$$

Realizamos el cálculo de la incertidumbre tipo B, tomando en cuenta que no existen coeficientes de sensibilidad, tenemos entonces:

$$U_{B-1T} = \frac{1.03}{\sqrt{3}} = 0.593 \text{ m}\Omega$$

b) Para el método de dos terminales realizamos el mismo procedimiento pero agregando lo que las especificaciones nos especifique

Datos:

U_{RM} = Incertidumbre expresada del multímetro HP 3455A.
 $\pm (0.003\% \text{ de la lectura} + 1 \text{ dígito})$ en el intervalo de 0.1 k Ω , (+18 a +28) $^\circ\text{C}$.
 T_a = Temperatura ambiente del laboratorio 23 $^\circ\text{C}$.
 U_{RM} = Máxima variación de la temperatura ambiente del laboratorio durante

las mediciones = $\pm 2^\circ\text{C}$.

Ahora en este caso las especificaciones nos indican que debemos adicionar 0.0004 k Ω a cada lectura, entonces nuestros cálculos quedarían de la siguiente manera:

Para el **Multímetro Digital**:

$$U_{RM-2T} = \pm ((0.003\% \text{ de la lectura} + 0.0004 \text{ k}\Omega) + 1 \text{ Dígito}) \\ = \pm [(0.003\% \cdot (1 \Omega + 0.0004 \text{ k}\Omega)) + (0.001 \Omega)] = 1.042 \text{ m}\Omega$$

Realizamos el cálculo de la incertidumbre tipo B:

$$U_{B-2T} = \frac{1.042}{\sqrt{3}} = 0.601 \text{ m}\Omega$$

c) Para la medición indirecta, tenemos que calcular la incertidumbre tipo A y B puesto que se tienen 10 mediciones:

Datos:

U_{RM} = Incertidumbre expresada del multímetro HP 3455A.
 $\pm (0.003\% \text{ de la lectura} + 1 \text{ dígito})$ en el intervalo de 0.1 k Ω , (+18 a +28) $^\circ\text{C}$.

ANEXO II

Examen de Incertidumbre para Personal Técnico de Laboratorios de Metrología

*20 a

- U_{rel} = Incertidumbre expresada del Calibrador Universal Fluke 5500 (tensión cc) $\pm (0.015\%$ de la salida $+ 0.002\%$ del intervalo $+ 0.01 \mu\text{A})$ para todas los intervalos. ($+30$) $^{\circ}\text{C}$
- T_a = Temperatura ambiente del laboratorio 23°C
- U_{tra} = Máxima variación de la temperatura ambiente del laboratorio durante las mediciones = $\pm 2^{\circ}\text{C}$

El método de medición es indirecto, es decir, la relación de transformación se determina en función de magnitudes relacionadas. El modelo matemático es

$$R = \frac{V_m}{I}$$

Donde

- R es el valor de la resistencia
 V_m es la lectura del multimetro
 I es la intensidad exacta de salida del calibrador

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

a) Cálculo de la incertidumbre tipo A

Se tomaron 10 mediciones

No de medición	Salida del Calibrador I_c (A)	Lectura del Multimetro V_m (V)	Valor de la Resistencia $R = \frac{V_m}{I_c}$	$(R - R_0)$ (m Ω)	$(R - R_0)$ (m Ω) ²	U_c (m Ω)
1	1,0000	1,001	1,001	0,2	0,04	---
2	1,0000	1,002	1,002	1,2	1,44	---
3	1,0000	1,001	1,001	0,2	0,04	---
4	1,0000	0,999	0,999	-1,8	3,24	---
5	1,0000	1,000	1,000	-0,8	0,64	---
6	1,0000	1,000	1,000	-0,8	0,64	---
7	1,0000	1,001	1,001	0,2	0,04	---
8	1,0000	1,001	1,001	0,2	0,04	---
9	1,0000	1,001	1,001	0,2	0,04	---
10	1,0000	1,002	1,002	1,2	1,44	---
R	----		1,0008	----	----	0,290

c) Cálculo de la incertidumbre tipo B

De las especificaciones de los instrumentos tenemos

Para el Calibrador Universal:

Para 1 A

$$U_{rel} = \pm (0,015\% \text{ de la salida} + 0,002\% \text{ del intervalo} + 0,01 \mu\text{A})$$

$$= \pm [(0,004\% \cdot 1) + (0,002\% \cdot 2) + (0,01 \mu\text{A})] = \pm 190 \mu\text{A}$$

ANEXO II

Examen de Incertidumbre para Personal Técnico de Laboratorios de Metrología

Para el Multímetro Digital:

Para 1 V

En este caso las especificaciones nos indica que 1 Dígito = 0.001% del intervalo, entonces tenemos

$$U_{IM} \cdot IV = \pm (0.03\% \text{ de la lectura} + 1 \text{ Dígito}) \\ = \pm [(0.003\% \cdot 1) + (0.001\% \cdot 2)] = \pm 50 \mu V$$

El manual del instrumento nos especifica que el instrumento presenta una incertidumbre de intervalo simétrico de valores máximos, por esto consideramos este intervalo como una distribución probabilística de tipo uniforme.

Para el Calibrador Universal:

Para 1 A:

$$U_{MC} \cdot IA = \frac{U_{IM} \cdot IV}{\sqrt{3}} = \frac{190}{\sqrt{3}} \approx 110 \mu A$$

Para el Multímetro Digital:

Para 1 V:

$$U_{MC} \cdot IV = \frac{U_{IM} \cdot IV}{\sqrt{3}} = \frac{50}{\sqrt{3}} \approx 29 \mu V$$

Realizamos el cálculo de la incertidumbre tipo B, incluyendo los coeficientes de sensibilidad. Se consideran independientes las variables que intervienen en el modelo. Si igualamos nuestras incertidumbres a nuestro modelo matemático.

$$U_{MC} \cdot IA = I_c \quad , \quad U_{MC} \cdot IV = V_M$$

Entonces la incertidumbre tipo B nos quedaría como

$$U_B^2 = \left[\frac{\partial R}{\partial I_c} \right]^2 I_c^2 + \left[\frac{\partial R}{\partial V_M} \right]^2 V_M^2$$

Recordemos que.

$$R = \frac{V_M}{I_c}$$

Resolvemos la derivadas parciales, que serán nuestros coeficientes de sensibilidad:

Para B V:

$$\frac{\partial R}{\partial I_c} = - \frac{V_M}{I_c^2} = - \frac{(1)}{1^2} = -1 \\ \frac{\partial R}{\partial V_M} = \frac{1}{I_c} = \frac{1}{1} = 1$$

ANEXO II

Examen de Incertidumbre para Personal Técnico de Laboratorios de Metrología

Entonces nuestra incertidumbre tipo B, nos quedaría

$$U_B = \sqrt{(1^2 \cdot 110^2) + (1^2 \cdot 29^2)} = 113 \mu\Omega$$

Calculemos ahora la incertidumbre combinada mediante la fórmula

$$u_c = \sqrt{U_A^2 + U_B^2}$$

Tenemos entonces

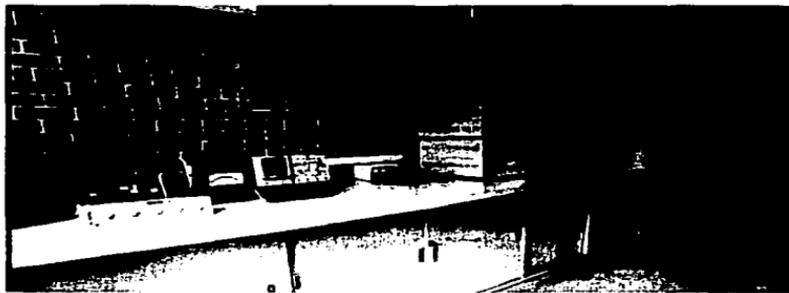
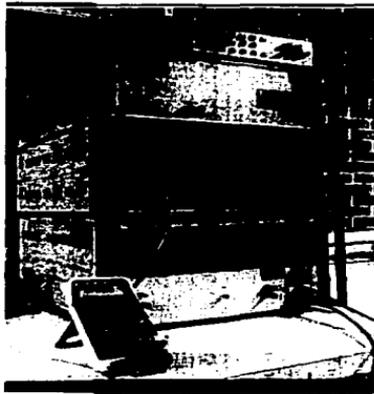
$$u_c = \sqrt{(290)^2 + (113)^2} = 311 \mu\Omega$$

Para la incertidumbre expandida consideramos un factor de cobertura de 2 para tener un nivel de confianza del 95%

$$U = 2 \times (311) = 622 \mu\Omega$$

ANEXO III

Laboratorios de Metrología Eléctrica del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.



ANEXO III

Laboratorios de Metrología Eléctrica del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

