

131
29.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE ASEGURAMIENTO
METROLOGICO BASADO EN LOS REQUERIMIENTOS DE
CALIDAD DE LA NORMATIVIDAD ISO 9000

TRABAJO ESCRITO
VIA EDUCACION CONTINUA
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

PRESENTA:

CUAUHTEMOC CONSTANTINO CABELLO

MEXICO, D.F.

1998



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

267104



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

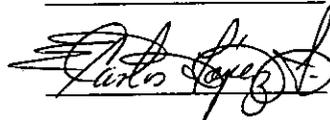
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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.

Jurado

Presidente Prof. Martínez Montes Jorge Trinidad.

Vocal Prof. López Sánchez Carlos.



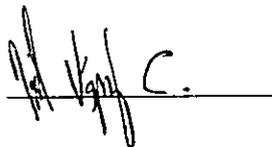
Secretario Prof. Vázquez Contreras Miguel.

1.- Suplente Prof. Ceballos Silva María Eugenia.

2.- Suplente Prof. Segura Espinosa Guillermo Antonio.

sitio donde se desarrolló el tema: Antigua Escuela Nacional de Ciencias Químicas.

Asesor Prof. Vázquez Contreras Miguel.



Sustentante Constantino Cabello Cuauhtémoc.



*A la memoria de mi madre
María Remedios*

*A mi padre
Martiniano*

A mi esposa e hija

Tere y Yaira Abigail, que son el eje de mi existencia y que sin su apoyo no hubiera logrado realizar este trabajo.

*A mis suegros
Tere y Manuel, por su apoyo incondicional.*

*A Maryliz y Elias.
Por su ayuda tan especial*

*A mis hermanos.
Angélica, Olivia, Saúl, Elvira y Toño con cariño.*

*A mis sobrinos.
Sergio, Juan, Rafael, Yesenia, Saúl, Nahum y Arlen con mucho amor.*

*Agradezco al Ingeniero Electricista Miguel Vázquez Contreras.
Su valiosa ayuda en el presente trabajo.*

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| Introducción y objetivo del trabajo. | 1 |
| Capítulo 1. | |
| 1.0 Normatividad. | 3 |
| 1.1 Antecedentes. | 3 |
| 1.1.1 ISO 9000. | 3 |
| 1.1.2 Metrología. | 5 |
| 1.2 Relación del control de calidad con la metrología. | 6 |
| 1.3 Definiciones. | 9 |
| 1.4 Puntos de las Normas ISO 9000 involucradas con la metrología. | 13 |
| Capítulo 2. | |
| 2.0 Implementación. | 18 |
| 2.1 Organigrama. | 19 |
| 2.2 Responsabilidades. | 20 |
| 2.2.1 Representante de Aseguramiento de calidad. | 20 |
| 2.2.2 Jefe de metrología. | 21 |
| 2.2.3 Técnico metrólogo. | 22 |
| 2.3 Selección de equipo. | 22 |
| 2.4 Capacitación. | 25 |
| 2.5 Incertidumbres. | 27 |
| 2.5.1 Evaluación de la incertidumbre Tipo A. | 29 |
| 2.5.2 Evaluación de la incertidumbre Tipo B. | 29 |
| 2.5.3 Determinación de la incertidumbre combinada. | 30 |

| | |
|--|----|
| 2.5.4 Determinación de la incertidumbre expandida. | 31 |
| 2.6 Análisis de repetibilidad y reproducibilidad. | 32 |
| 2.7 Controles metrológicos. | 35 |
| 2.7.1 Control de equipo. | 36 |
| 2.7.2 Frecuencia de calibración. | 39 |
| 2.7.2.1 Selección inicial de los intervalos de calibración. | 40 |
| 2.7.2.2 Método 1: Ajuste automático o de escalera. | 41 |
| 2.7.2.3 Método 2 Carta de control. | 42 |
| 2.7.2.4 Método 3 Tiempo calendario. | 42 |
| 2.7.2.5 Método 4 Tiempo "en horas de operación". | 44 |
| 2.7.2.6 Método 5 Prueba en servicio o prueba de "la caja negra". | 45 |
| 2.7.3 Estado de Inspección. | 46 |
| 2.7.4 Equipos que no requieren calibración. | 46 |
| 2.7.5 Control de equipo no conforme. | 47 |
| 2.8 Auditorías internas. | 48 |
| 2.8.1 Revisión de políticas y procedimientos. | 50 |
| 2.8.2 Reporte. | 51 |
| Conclusiones. | 52 |
| ANEXO 1 Cálculo de Repetibilidad y Reproducibilidad. | 54 |
| ANEXO 2 Cálculo de incertidumbres. | 56 |
| ANEXO 3 Tabla de t de Student. | 58 |
| ANEXO 4 Guía de frecuencia (periodo) de calibración. | 59 |
| Bibliografía. | 60 |

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO DEL TRABAJO.

Debido a la apertura comercial a nivel internacional, y a su creciente globalización, muchos son los productos que se importan y exportan. Esta apertura comercial a traído como una de sus consecuencias, exigencias tanto de clientes como del fabricante mismo de que el producto o servicio cumpla con especificaciones y/o normas.

Ante esta necesidad, la mayoría de los países han adoptado diferentes modelos de Aseguramiento de Calidad para dar al cliente la certidumbre de la calidad del producto o servicio adquirido, entre estos modelos se encuentra la normatividad ISO 9000.

El control de calidad requiere especificaciones y/o normas que le permitan evaluar los procesos y los productos, lo cual se logrará a travez del aseguramiento de las mediciones, que es el objetivo de la Metrología.

La Metrología, incluye todos 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 la tecnología.

La tecnología de la producción actual no podría ser creada sin la Metrología, para lograr esto se requiere de un sistema que incluya a las normas metrológicas reconocidas internacionalmente, así como las propias que posean la función de verificar y corregir los aparatos metrológicos, y que, además permitan mantener la exactitud de estas reglas.

El objetivo de este trabajo es el de proporcionar una base para la implementación de un sistema que, mediante un conjunto de actividades programadas sistemáticamente y llevadas a cabo de manera eficiente, garanticen entre otras cosas lo siguiente:

- Que los errores aleatorios y sistemáticos sean conocidos y controlados.
- Que la posibilidad de que se acepte un producto defectuoso o que el consumidor adquiera un producto fuera de especificación sea baja.
- Que el operador tenga la habilidad necesaria para usar el instrumento adecuado al realizar una medición.
- Que el sistema proporcione confianza e información del sistema de medición, con el objeto de controlarlo y mejorarlo.

CAPÍTULO 1.

1.0 NORMATIVIDAD.

Las normas que se tomarán como base para este trabajo son las normas ISO 9000, la norma ISO 10012 y la ley Federal sobre Metrología y Normalización.

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 ISO 9000.

Desde hace muchos años Europa se ha preocupado por estandarizar servicios, productos, y muchas otras cosas. Las primeras señales quizá fueron las unidades dimensionales a partir del sistema métrico decimal el cual a evolucionado hasta lo que hoy se conoce como Sistema Internacional de Unidades. El progreso en el campo del control de calidad ha estado dominado por los militares, los cuales comenzaron con la inspección del armamento durante la segunda guerra mundial.

En 1959, surge el primer estándar nacional de calidad MILQ 9858A por el Departamento de Defensa Americano, en 1968 surgen las publicaciones de Aseguramiento de Calidad (Allied Quality Assurance Publications , AQAP) de la OTAN (Organización del Tratado del Atlántico Norte), en 1970 el ministerio de defensa de Gran Bretaña publicó la

DefStan 05-08 que era una versión de AQAP-1 , en 1973 se publicaron varios estándares para adecuarse a los estándares AQAP, estos fueron DefStan 05-21, 05-24 y 05-29. En 1979 la Institución de Estándares Británica (British Standards Institution, BSI) publicó la BS 5750. Mientras que las organizaciones de USA , Australia y Canadá también publicaban estándares que cubrían las mismas materias.

En 1984 la BSI redactó una revisión de su BS 5750 y el interés mostrado internacionalmente sobre el tema, animó a la Organización de Normalización Internacional (International Standards Organization, ISO) para diseñar un estándar internacional para sistemas de calidad y es así como publica en 1987 la serie ISO 9000.

La International Standards Organization en Suiza, tiene un directorio (ISBN 92-67-01072-7) cuya copia fechada en 1992/07, indica en la página 18 que:

En México el Comité miembro de la ISO es la Dirección General de Normas (DGN).

Es importante destacar que la normatividad ISO 9000, resume de alguna manera la experiencia acumulada mundialmente a lo largo de décadas de aplicación de diferentes normas de calidad, y que con sano juicio ecuménico determina el "qué" pero no el "como" de la implementación de cada uno de sus puntos. También, cabe mencionar que el registro en la serie ISO 9000 no es obligatorio para tener acceso a la Comunidad Económica Europea, los que lo pueden exigir son los clientes. Puede ser obligatoria cuando los países las adoptan y les aumentan requerimientos legales.

1.1.2 Metrología

¿ Que es la metrología?

Campo de los conocimientos relativos a las mediciones. La metrología incluye todos 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.

En México se le da la debida importancia a la metrología y todo lo que conlleva cuando se crea el Sistema Nacional de Calibración, identificado como SNC por sus siglas, el 9 de Junio de 1980 por decreto presidencial y se lleva a rango de ley el 26 de Enero de 1988 con la publicación de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, con objeto de procurar la uniformidad y confiabilidad de las mediciones realizadas en el país, tanto en lo concerniente en las transacciones industriales comerciales y sus respectivos trabajos de investigación científica y de desarrollo tecnológico, como a los procesos industriales.

El Sistema Nacional de Calibración, está integrado por el Centro Nacional de Metrología, laboratorios y personas físicas autorizadas para realizar servicios metrológicos con respaldo oficial y expertos en la materia los cuales constituyen el comité de evaluación. (Fig. 1)

El Centro Nacional de Metrología es el responsable del establecimiento de los patrones nacionales de medida.

También existen laboratorios de metrología del sector público, privado y educativo con autorización por parte del SNC para prestar servicio. Estos laboratorios autorizados conforman los eslabones de la cadena de trazabilidad que transfieren la exactitud de los patrones de referencia a los instrumentos de medición de uso común. (Fig. 2)

1.2 RELACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD CON LA METROLOGÍA

Existen dos conceptos importantes que intervienen en la elaboración de un producto o servicio, los cuales son, la Normalización y el Control de Calidad, ambos tiene como base a la metrología para lograr su objetivo. Esto quiere decir: tener productos de calidad que brinden al usuario la seguridad y el servicio para lo cual fueron diseñados, cumpliendo las normas que permitan la evaluación de los procesos y los productos lo cual se logrará con el aseguramiento de las mediciones, que es el objetivo de la metrología. Esto se consigue técnicamente, con equipos de medición que estén calibrados con patrones que sirvan de referencia y que éstos a su vez, deberán calibrarse con otros de mayor exactitud, hasta llegar al patrón primario.

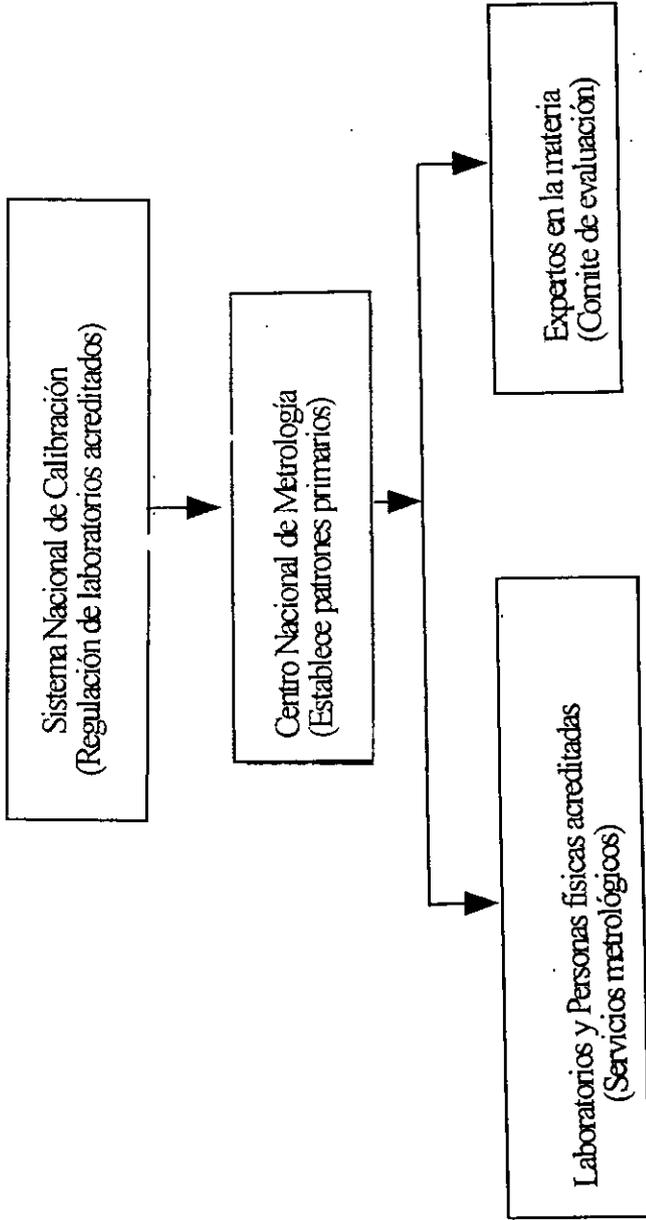


Figura 1. Diagrama funcional

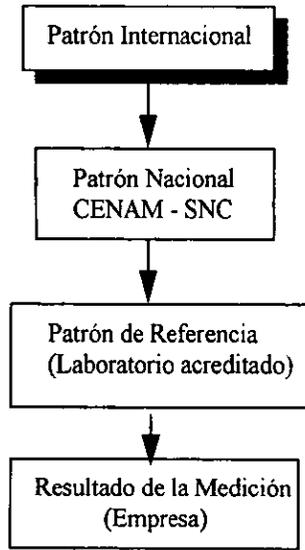


Fig. 2 CADENA DE TRAZABILIDAD.

1.3 DEFINICIONES

CALIBRACIÓN

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

El resultado de una calibración puede ser consignado en un documento, algunas veces llamado "certificado de calibración" o "reporte de calibración". (5)

CONTROL DE CALIDAD

Son las técnicas y actividades de carácter operacional, utilizadas para cumplir los requisitos para la calidad. (7)

CONFIRMACIÓN METROLÓGICA

Conjunto de operaciones requeridas para asegurar que un elemento del equipo de medición esté conforme con los requisitos para el uso intencionado.

La confirmación metrológica generalmente incluye, calibración, cualquier ajuste o reparación necesaria y la subsecuente recalibración, así como cualquier operación de etiquetado o sellado requerida. (5)

EQUIPO DE MEDICIÓN

Todos los instrumentos de medición, patrones de medición, materiales de referencia, aparatos auxiliares e instrucciones que son necesarios para llevar a cabo una medición utilizado en el curso de una inspección o prueba, así como el usado en calibración. (5)

MEDICIÓN

Conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de una magnitud. (5)

MENSURANDO

Magnitud sujeta a medición. (5)

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. (5)

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

Resultado de la evaluación orientada a la caracterización del intervalo dentro del cual se estima que cae el valor verdadero, generalmente con una determinada probabilidad. (5)

EXACTITUD

Proximidad de concordancia entre el resultado de una medición y el valor (convencionalmente) verdadero de la magnitud medida. (5)

DERIVA

Variación lenta con el tiempo de una característica metrológica de un instrumento de medición. (5)

TRAZABILIDAD

Propiedad de un resultado de medición consistente en poder relacionarlo con los patrones apropiados, generalmente internacionales o nacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones. (5)

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. (5)

PATRÓN INTERNACIONAL

Patrón reconocido por acuerdo internacional, como base internacional para fijar el valor de todos los otros patrones de la magnitud considerada. (5)

PATRÓN NACIONAL

Patrón reconocido mediante una decisión nacional oficial para servir, en un país, como base para fijar los valores de todos los otros patrones de la magnitud considerada, (El patrón nacional es frecuentemente un patrón primario). (5)

PATRÓN SECUNDARIO

Patrón cuyo valor es fijado por comparación con un patrón primario. (10)

PATRÓN DE REFERENCIA

Patrón, en general de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar determinado, del cual derivan las mediciones efectuadas en ese lugar. (10)

AUDITORÍA DE CALIDAD

Un examen sistemático e independiente para determinar si las actividades de calidad y los resultados de las mismas cumplen con las disposiciones establecidas y si estas son implantadas eficazmente y son apropiadas para alcanzar los objetivos. (1)

NO CONFORMIDAD

Incumplimiento de un requisito especificado. (7)

1.4 PUNTOS DE LAS NORMAS ISO 9000 INVOLUCRADOS CON LA METROLOGÍA.

La serie ISO 9000 consta de manera sintetizada en:

ISO 9000 Administración de la calidad. Guía de selección y uso.

ISO 9001 Sistema de Calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad en planeación, desarrollo y servicio.

ISO 9002 Sistema de Calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad para producción e instalación.

ISO 9003 Sistema de Calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad en inspección final y prueba.

ISO 9004 Administración de la calidad y elementos del sistema de calidad. Guía.

Como estándares de apoyo esta la ISO 10011 en auditorias y la ISO 10012 en aseguramiento de la calidad para equipo de medición.

En los tres modelos de aseguramiento de la calidad , ISO 9001, ISO 9002 e ISO 9003 se cuenta con 20 puntos pero no todos son aplicables a todos los modelos.

Existen 12 puntos comunes en estos modelos, entre ellos está el requerimiento en el cual se basará el presente trabajo.

El punto que nos interesa es el punto 4.11 "Control de equipo de inspección, medición y prueba". Apoyándonos con los puntos 4.17 y 4.18.

El punto 4.11 de la norma, cubre los requerimientos tanto de inspección, así como los de medida y prueba, para todos los equipos utilizados, el 4.17 nos habla de las auditorias de calidad internas y el 4.18 de la capacitación.

Debe mantenerse el suficiente control de los sistemas de medición utilizados en desarrollo, manufactura, instalación y servicios de un producto para proporcionar confianza en las decisiones o acciones basadas en los datos de las mediciones.

Para los productos y los servicios, la estadística juega un papel muy importante en el sistema de medición para demostrar conformidad con los requerimientos.

Es necesario identificar todas las medidas requeridas para demostrar que el producto está de acuerdo con los requerimientos (en productos adquiridos, control del proceso y producto terminado). Los equipos de inspección, medición y prueba deben estar identificados, controlados y calibrados.

El equipo de inspección, medición y prueba debe utilizarse de tal manera que se asegure que la incertidumbre de la medición es conocida y es consistente con la capacidad de medición requerida.

Se debe identificar, calibrar y ajustar el equipo de inspección, medición y prueba que pueda afectar negativamente la calidad de los productos. La calibración se debe realizar con equipos certificados que tengan relación válida con los estándares nacionales reconocidos, cuando éstos no existan, se debe de dar por escrito la referencia utilizada.

Los procedimientos de calibración deben estar documentados, aprobados, mantenidos y controlados como parte del sistema de calidad. Estos procedimientos deben definir el criterio de aceptabilidad o los límites y frecuencia de las verificaciones. El criterio de aceptabilidad debe estar basado en la exactitud requerida para lograr eficacia en el equipo.

Los intervalos de tiempo para la calibración y mantenimiento debe ser razonable para el requerimiento.

Cuando la medición del sistema se encuentra fuera de los límites de aceptabilidad, se debe iniciar la acción correctiva.

La exactitud del equipo debe ser la requerida.

Caracterizar los equipos de inspección, medición y prueba de manera apropiada para conocer su estado de calibración.

Se deben mantener registros de los resultados de las mediciones de verificación, incluyendo cualquier cambio incorrecto en las mediciones de sistema de registros de calidad.

Se deben tener condiciones ambientales e instalaciones apropiadas para cada medición de forma continua.

Se deben establecer y mantener procedimientos documentados para identificar las necesidades de capacitación para el personal que ejecute actividades que afecten a la calidad. Así como registros relativos a la capacitación.

Establecer y mantener procedimientos para la revisión de las actividades que afecten a la calidad.

Fig. 3 DIFERENCIAS ENTRE LAS NORMAS ISO 9001, 9002 Y 9003.

| CONCEPTO DE LA NORMA | ISO 9001 CLÁUSULA | ISO 9002 CLÁUSULA | ISO 9003 CLÁUSULA |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|
| Responsabilidad de la dirección | 4.1 | 4.1 | 4.1 |
| Sistema de Calidad | 4.2 | 4.2 | 4.2 |
| Revisión del Contrato | 4.3 | 4.3 | |
| Control de diseño | 4.4 | | |
| Control de documentos y datos | 4.5 | 4.5 | 4.5 |
| Compras | 4.6 | 4.6 | |
| Control de productos suministrados por los clientes | 4.7 | 4.7 | |
| Identificación y rastreabilidad del producto | 4.8 | 4.8 | 4.8 |
| Control de los procesos | 4.9 | 4.9 | |
| Inspección y prueba | 4.10 | 4.10 | 4.10 |
| Control de los equipos de inspección, medición y prueba | 4.11 | 4.11 | 4.11 |
| Estado de inspección y prueba | 4.12 | 4.12 | 4.12 |
| Control de los productos no conformes | 4.13 | 4.13 | 4.13 |
| Acciones correctivas y preventivas | 4.14 | 4.14 | |
| Manejo, almacenamiento, empaque, conservación y entrega | 4.15 | 4.15 | 4.15 |
| Control de los registros de la calidad | 4.16 | 4.16 | 4.16 |
| Auditorías Internas de calidad | 4.17 | 4.17 | |
| Capacitación | 4.18 | 4.18 | 4.18 |
| Servicios posventa | 4.19 | | |
| Técnicas estadísticas | 4.20 | 4.20 | 4.12 |

CAPÍTULO 2.

2.0 IMPLEMENTACIÓN

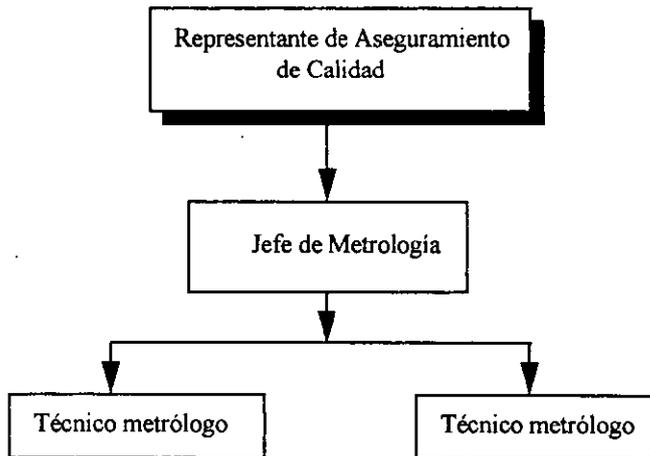
El aseguramiento metrológico es un elemento importante en el sistema de inspección, programas de calidad y planes maestros de administración de calidad total. Si un sistema de calibración y procesos relacionados se implementan de manera inapropiada, no hay seguridad de que el equipo de medición o de pruebas utilizado para verificar el producto o servicio satisfaga los requerimientos de exactitud especificados.

Cuando un sistema de medición y equipos de prueba son adecuados, y son o están soportados con la implementación apropiada de un sistema de calibración, los proveedores no solo demuestran su capacidad de calibración, sino que además dan al cliente la confianza de que el producto o servicio adquirido cumple con los requerimientos especificados.

2.1 ORGANIGRAMA

Organigrama de un departamento de calibración.

El presente organigrama se puede tomar como una base, ya que éste dependerá del tamaño y los recursos de la empresa.



2.2 RESPONSABILIDADES

Es importante definir y documentar la responsabilidad, y la interrelación del personal que realiza, administra y verifica trabajos que afectan a la calidad.

2.2.1 Representante de Aseguramiento de Calidad

- a) Prepara la descripción del sistema de calibración
- b) Controlar el sistema.
- c) Programar la revisión del sistema. (Auditorias internas).
- d) Detectar al personal que requiere capacitación.
- e) Apoyar al jefe de metrología.
- f) Suministrar recursos al área de metrología.
- g) Proporcionar dispositivos para retirar de sus respectivas áreas el equipo a calibrar.
- h) Asegurar la mejora continua de las instalaciones.
- i) Elabora proyectos de modernización, desarrollo y expansión. El representante de Aseguramiento de Calidad reporta sus actividades al gerente de Aseguramiento de Calidad. Al puesto le reporta el Jefe de metrología.

2.2.2 Jefe de Metrología

- a) Acatar las normas de seguridad en el área.
- b) Habilitar procedimientos de calibración, en base a los requerimientos metrológicos documentados.
- c) Supervisar a los técnicos
- d) Verificar que los patrones de calibración estén vigentes y que sean trazables, mediante un programa de calibración y control de los mismos.
- e) Cumplir con el programa de calibración del equipo de inspección, medición y prueba.
- f) Verificar que las condiciones ambientales del laboratorio de metrología sean las adecuadas.
- g) Emitir los reportes de calibración.
- h) Llevar registros de las actividades realizadas.
- i) Proporcionar dispositivos para declarar el estado de calibración del equipo.
- j) Verificar que los laboratorios subcontratados para las calibraciones estén autorizados.
- k) Recopilar Normas nacionales e internacionales proporcionadas por proveedores o publicadas en revistas especializadas.
- l) Notificar y entregar al cliente los equipos calibrados. El jefe de metrología reporta sus actividades al representante de Aseguramiento de calidad. Al puesto le reporta el técnico metrólogo.

2.2.3 Técnico Metrólogo

- a) Acatar las normas de seguridad en el área
- b) Recibir los equipos y/o instrumentos patrón generando una entrada de almacén y revisión previa para determinar las condiciones en que se encuentran los patrones.
- c) Recibir los equipos a calibrar, registrándolos en la bitácora de entrada y las condiciones en que se reciben.
- d) Almacenar en el lugar correspondiente los equipos recibidos para su posterior calibración siguiendo el procedimiento correspondiente.
- e) Realizar las calibraciones programadas de acuerdo a los procedimientos implementados.
- f) Generar el informe de calibración. El puesto reporta sus actividades al Jefe de metrología.

2.3 SELECCIÓN DE EQUIPO

Los equipos de inspección, medición y prueba , así como los patrones necesarios para su calibración deben seleccionarse en base a los siguientes aspectos:

- *Capacidad* . La capacidad debe estar de acuerdo al mensurando.
- *Costo*. Se debe recordar que no siempre lo más caro es lo mejor.
- *Condiciones críticas de funcionamiento*. Es necesario conocer los límites en los cuales trabaja.
- *Manejo, operación, mantenimiento*. Se debe contar con instructivos en el idioma adecuado.
- *Capacitación del personal*. El proveedor del equipo debe proporcionar cursos de capacitación para su adecuado manejo y operación.
- *Compatibilidad del equipo con otras marcas*. En caso de que el equipo necesite alguna refacción, ésta pueda ser reemplazada sin mucha demora.
- *Relación de incertidumbres*. Probablemente el aspecto crítico a tomar en cuenta es la relación de incertidumbres. Se ha establecido por acuerdo internacional, que una relación de incertidumbres de entre 10 y 4 es apropiada para asegurar hasta cierta medida la confiabilidad de las mediciones.

$$4 < R < 10 \quad \text{donde } R \text{ es la relación de incertidumbres} = U_c / U_p$$

U_c es la incertidumbre o exactitud de la unidad medida.

U_p es la incertidumbre del patrón.

Para determinar si un instrumento opera con la relación de incertidumbres apropiada, se debe considerar lo siguiente:

1. Análisis detallado de las condiciones bajo las cuales trabajara el instrumento o equipo de medición.

- a) Temperatura
- b) Presión
- c) Humedad
- d) Vibraciones
- e) Campos electromagnéticos

Se debe determinar el intervalo de las condiciones anteriores, en las cuales estará operando el equipo. El fabricante del equipo debe contar con datos y recomendaciones sobre los modelos a utilizar, así como las consideraciones a tomar cuando alguna de las condiciones anteriores cambia.

- 2. La exactitud del instrumento o equipo, la exactitud generalmente la especifica el fabricante
- 3. Repetibilidad
- 4. Reproducibilidad
- 5. Estabilidad
- 6. Linealidad

2.4 CAPACITACIÓN

No siempre se pueden escoger personas suficientemente preparadas. Por este motivo es de suma importancia tener un programa de capacitación.

El correcto uso de las cualidades, el buen funcionamiento de las máquinas, de la organización y de los equipos, implica no sólo mayor producción con calidad sino también mayor satisfacción y motivación entre el personal.

La capacitación es el proceso mediante el cual los individuos conocen y desarrollan sus propias capacidades y adquieren nuevas habilidades, actitudes y conductas para cumplir de ésta manera, con todas las responsabilidades en el trabajo que desempeña.

La capacitación requiere una adecuada planeación. Esto es, se deben establecer procedimientos para identificar las necesidades de entrenamiento para desempeñar las responsabilidades en el puesto de trabajo. Así se podrán contestar las siguientes preguntas:

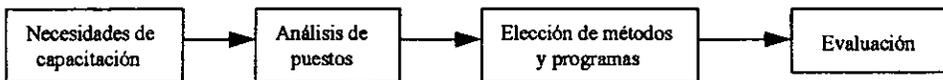
1. ¿En qué área es necesaria la capacitación?
2. ¿Cómo se manifiesta?
3. ¿Cuál es el personal que lo necesita y por qué?
4. ¿Cuál es el personal más interesado y el más apto?
5. ¿Qué es específicamente lo que necesitan saber?
6. ¿Qué programas y métodos de instrucción son los más adecuados?

7. ¿Cómo se van ha aprovechar los conocimientos adquiridos?

Los documentos de entrenamiento deben contemplar lo siguiente:

- a) Contenido de la actividad de entrenamiento.
- b) Identificación del instructor.
- c) Evaluación
- d) Registros de los cursos a los que ha asistido.

Resumiendo en un esquema tenemos :



Los objetivos que se persiguen con la capacitación son entre otros muchos:

1. Estimular al personal.
2. Desarrollar sus capacidades.
3. Obtener mayor rendimiento laboral con mayor calidad.
4. Adquirir una visión general de sus responsabilidades y del impacto de las mismas.
5. Adquirir autoresponsabilidad.

La capacitación puede llevarse a cabo tanto interna como externamente.

La capacitación interna tiene como objetivo impartir preparación especializada a otros técnicos del mismo laboratorio para elevar su nivel o mantenerse actualizado.

La capacitación externa. Son cursos sobre metrología o ramas técnicas necesarias para elevar el nivel de preparación del personal que trabaja en el laboratorio, impartidos generalmente en centros de enseñanza superior, ó en otros laboratorios de metrología de reconocido prestigio en el área de especialización.

2.5 INCERTIDUMBRES

La incertidumbre es una característica muy importante en la calidad de las mediciones, por lo que no es de extrañar que en la versión más reciente de las normas ISO 9000 se incluya este requisito. *" El equipo de inspección y prueba se debe de utilizar de tal manera que se asegure que la incertidumbre de medición es conocida y es consistente con la capacidad de medición."*

Se pueden distinguir dos conceptos, la incertidumbre requerida y la incertidumbre actual, la primera , es la que necesita el proveedor (usuario), la que le gustaría obtener, la segunda es la que esta obteniendo y es deseable que ambas sean parecidas.

No se conoce un método universalmente aceptado para determinar la incertidumbre que el proveedor requiere pero es posible considerar que depende del proceso en el que esta inmersa la medición.

En el análisis de la incertidumbre se puede determinar los límites dentro de los cuales se espera que debe encontrarse el valor verdadero de lo que se está midiendo.

La incertidumbre de una medición se debe a diferentes causas;

1. Errores del observador
2. Factores ambientales.
3. Métodos de medición.
4. Resolución de los instrumentos de medición.
5. Exactitud de los patrones de medición.
6. Falta de conocimiento del mensurando.

y se da por la combinación de la incertidumbre tipo A y tipo B.

La incertidumbre tipo A se relaciona con fuentes de error aleatorios y se puede calcular estadísticamente sobre series de mediciones, caracterizándose por las varianzas estimadas.

La incertidumbre tipo B, esta asociada a los errores del tipo sistemático; es decir, se estima a partir de datos del fabricante del instrumento, especificaciones, certificados de calibración.

2.5.1 Evaluación de la incertidumbre Tipo A

1. Realizar las mediciones repetidas del producto deseado
2. Calcular sus estadísticos para descripción (\bar{X} y s).
3. Calcular la incertidumbre tipo A como:

$$U_A = \frac{s * t}{\sqrt{n}}$$

Donde:

U_A es la incertidumbre tipo A.

s es la desviación estandar.

t es la t de student.

n es el número de determinaciones.

2.5.2 Evaluación de la incertidumbre Tipo B

1. Su determinación se basa en la experiencia, el juicio, y el sentido común.
2. Involucra cualquier estimación que se obtenga mediante observaciones repetidas como datos del fabricante, comportamiento, condiciones ambientales, especificaciones, informes de calibración.
3. Cuando el valor de la incertidumbre está afectado por un coeficiente es necesario eliminarlo.

La incertidumbre tipo B puede calcularse por sus tipos de distribución como:

Distribución rectangular simétrica $\pm a$

Cuando se indican solamente los límites máximo y mínimo.

$$U_B = \frac{\pm a}{\sqrt{3}}$$

Distribución rectangular no simétrica

Cuando el límite máximo es diferente al límite mínimo

$$U_B = \sqrt{\frac{(a_- - a_+)^2}{12}}$$

Distribución triangular

Cuando los valores medidos tienden a estar cercanos a la media.

$$U_B = \frac{\pi}{\sqrt{6}}$$

Incertidumbre Típica a partir de la incertidumbre de la calibración de un patrón.

$$U_B = \frac{\text{Incertidumbre de la medida del patrón}}{\text{Factor de cobertura}}$$

2.5.3 Determinación de la incertidumbre combinada

Para la expresión final de la incertidumbre, se utiliza "*La ley de propagación de errores*" que toma la siguiente forma

$$U_c^2 = \sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 \cdot U_{x_i}^2$$

Es frecuente en medidas de tipo de comparación o sustitución con un patrón conocido que la función es lineal con todas las magnitudes de entrada, tomando las derivadas parciales el valor de 1, quedando la ecuación de propagación de errores como

$$U_c^2 = \sum_{i=1}^n U_{x_i}^2$$

2.5.4 Determinación de la incertidumbre expandida.

Cuando la incertidumbre se necesita expresar con un alto nivel de confianza, se multiplica por un factor de cobertura K, entonces

$$U = K U_{cy}$$

U_{cy} es la incertidumbre combinada.

K puede tomar el valor de 2 o 3 (95.5% o 99.7% de nivel de confianza).

La incertidumbre final se reporta como:

$$Y = y \pm U$$

y es el valor medio de las lecturas en el punto.

U es la incertidumbre expandida calculada.

Y es el punto evaluado (valor verdadero o nominal)

2.6 ANÁLISIS DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD.

Mediante este análisis se puede reconocer y controlar la variación en los resultados producidos por el sistema de medición constituido por el instrumento y el operador.

El análisis de repetibilidad dará la variación generada por el instrumento; y el análisis de reproducibilidad dará la variación producida por el operador y el análisis conjunto proporcionara las bases para aceptar un equipo nuevo o sistema de medición.

REQUISITOS

1. El personal con el que se desarrolla el análisis debe ser aquel que efectúa la medición rutinariamente.
2. Es recomendable tomar 3 operadores para el análisis.
3. El instrumento debe estar calibrado.
4. El instrumento debe ser capaz de medir por lo menos una cuarta parte de la tolerancia especificada para la característica a ser medida.
5. El objeto a ser medido no debe afectarse por la propia medición o por mediciones repetitivas.
6. El número recomendable de objetos a medir es de 5 por lo menos y deben estar identificados.
7. Las mediciones deben efectuarse al azar.

8. Cada medición debe efectuarse de modo que los operadores desconozcan los valores medidos por los otros operadores; con el objeto de que ninguna medición se vea influenciada por la memoria del operador

PROCEDIMIENTO

1. Cada operador hace las mediciones al grupo de objetos, tomados al azar (pero identificados del 1 al n). Los resultados se registran.
2. La serie de resultados anterior se repite 3 veces.
3. Obtener el promedio de todas las mediciones de las 3 series del operador 1 (\bar{X}_1).
4. Obtener el promedio de todas las mediciones de las 3 series del operador 2 y continuar hasta el operador n (\bar{X}_2) ... (\bar{X}_n).
5. Obtener el rango de $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_n$, como \bar{X}_r .
6. Obtener el rango de las mediciones de las 3 series para cada objeto del operador 1
7. Obtener el rango de las mediciones de las 3 series para cada objeto del operador 2 y continuar hasta el operador n.
8. Obtener el promedio de los rangos para cada operador. $\bar{R}_1, \bar{R}_2, \bar{R}_n$.
9. Obtener el promedio de los promedios de los rangos de todos los operadores \bar{R} .

CÁLCULOS

1. El valor de repetibilidad se obtiene multiplicando el rango \bar{R} por K_1 , dependiendo del número de operadores que estén realizando las pruebas, esta constante es un factor de cobertura que acerca al resultado al 99.73 % del valor verdadero. Después se divide entre la

tolerancia especificada de la característica medida en el objeto, por último se multiplica por 100 para darnos el índice de REPETIBILIDAD en porciento.

$$(K_1 (\bar{R}) / \text{Tolerancia}) 100 = \text{Repetibilidad}$$

2. El valor de REPRODUCIBILIDAD se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\text{Reproducibilidad} = \frac{100}{\text{Tolerancia}} \times \sqrt{(K_2 \bar{X}_r)^2 - \frac{(\text{Repetibilidad})^2}{\text{Núm. de mediciones totales por operador}}}$$

3. La combinación de los dos valores calculados anteriormente nos da al final en porcentaje, el valor de REPETIBILIDAD y REPRODUCIBILIDAD, RR.

$$RR = \sqrt{\text{Repetibilidad}^2 + \text{Reproducibilidad}^2}$$

CONCLUSIONES

Convencionalmente se ha adoptado el siguiente criterio de aceptación.

1. Cuando el valor RR es igual o menor a 15%.

El sistema operador-instrumento es apropiado para la aplicación diseñada.

2. Cuando el valor RR está entre 15 y 25% .

El sistema en general requiere mejoras, sin embargo, puede ser utilizado de manera temporal.

3. Cuando el valor RR es superior a 25%.

El sistema no es aceptable.

4. Si el valor de REPRODUCIBILIDAD es mayor con respecto al de REPETIBILIDAD.

Es necesario capacitar al operador del instrumento, ya sea a utilizar el instrumento o a la toma de la lectura.

5. Si el valor de REPETIBILIDAD es mayor con respecto al de REPRODUCIBILIDAD.

El instrumento requiere mantenimiento o calibración o simplemente no es el adecuado para esa aplicación.

2.7 CONTROLES METROLÓGICOS.

Los equipos que se utilizan en una empresa para llevar a cabo las mediciones a las características críticas de calidad de los productos o procesos, se deben calibrar, se deben controlar y mantener.

Los controles metrológicos van a servir para dar la certeza de que el equipo de inspección, medición y prueba ha cumplido con las diferentes pruebas o estudios, han sido calibrados, saber cual es la vigencia de la calibración y los registros, los cuales son la prueba objetiva.

2.7.1 Control de equipo.

Para las actividades de control de equipo, la empresa deberá mantener los procedimientos documentados, los cuales pueden estar, limitados a la compilación de prácticas de medición normalizadas publicadas o a instrucciones escritas del comprador o del fabricante. El grado de detalle en los procedimientos debe estar de acuerdo con la complejidad del proceso de confirmación.

Estos procedimientos se pueden elaborar utilizando técnicas del control estadístico del proceso las cuales permiten determinar derivas o fallas y tomar las acciones correctivas necesarias al intercomparar localmente patrones e instrumentos de medición. El control estadístico del proceso es complementario a las calibraciones y refuerza la confianza en las mediciones resultantes durante los lapsos de calibración.

Se deben mantener registros de las características de todo el equipo de medición (marca, tipo, número de serie, u otra identificación). Estos registros deben demostrar la capacidad de medición de cada elemento del equipo. Los registros pueden ser manuscritos, mecanografiados o microfilmados o en cualquier otro medio de almacenamiento de datos. Entre estos registros se encuentran los certificados de calibración del equipo y cualquier otra información que concierna a su funcionamiento.

El tiempo que deberán conservarse dependerá de los requisitos del cliente, responsabilidad legal del fabricante, etc..

Los resultados de las calibraciones se deben registrar para que se pueda demostrar la trazabilidad de las mediciones, facilitando de esta manera la resolución de cualquier anomalía.

La información de los registros deben incluir:

1. Descripción e identificación única del equipo.
2. Vigencia de confirmación.
3. Resultados de calibración obtenidos después y , cuando sea pertinente, antes de cualquier ajuste o reparación.
4. El intervalo de confirmación asignado.
5. La definición de los límites del error tolerado.
6. La fuente de calibración utilizada para obtener la trazabilidad.
7. Condiciones ambientales pertinentes y una declaración acerca de cualquier corrección necesaria al respecto.
8. Declaración de las incertidumbres involucradas en la calibración del equipo y sus efectos acumulados.
9. Detalles sobre cualquier ajuste, reparación o modificación realizada.
10. Cualquier limitación de uso.
11. Identificación del personal ejecutor de la confirmación.
12. Identificación del personal responsable de asegurar la veracidad de la información registrada.
13. Identificación única de los certificados de calibración y otros documentos pertinentes.

Se deben tomar acciones para que estos registros no puedan ser destruidos accidentalmente.

Si se utilizan productos o servicios externos se debe asegurar que estos sean del nivel de calidad requerido mediante el acreditamiento de esas fuentes. En caso de que no estén acreditadas se puede realizar una evaluación, pero se deberá aportar evidencia de la capacidad para realizar dicha evaluación.

Se debe tomar en cuenta el efecto acumulativo de las incertidumbres en cada paso sucesivo de la cadena de calibraciones y deben tomarse acciones cuando la totalidad de las incertidumbres comprometen la habilidad para hacer mediciones dentro del máximo error tolerado.

Una cadena de calibraciones implica que el valor de cada patrón en la cadena ha sido determinado utilizando otro patrón de medición, normalmente con una incertidumbre de medición menor, hasta llegar a un patrón nacional o internacional.

Los patrones y el equipo de medición deben calibrarse, ajustarse y utilizarse en un ambiente controlado para asegurar la validez de sus resultados. Se deben considerar la temperatura, la humedad, la iluminación, vibración, control de polvo, interferencia electromagnética y otros factores que afecten los resultados de la medición. Estos factores deben controlarse y registrarse continuamente y cuando sea necesario, aplicar las compensaciones para corregir los resultados de las mediciones indicando en los registros los datos originales y los corregidos, fundamentando las correcciones en bases reales.

Normalmente los fabricantes de un patrón o de un instrumento proporcionan una especificación dando las amplitudes de medición, cargas máximas, y condiciones ambientales límites.

2.7.2 Frecuencia de calibración.

El equipo de medición incluyendo los patrones deben calibrarse a intervalos periódicos adecuados de tal manera que se realice antes de cualquier cambio significativo probable en su exactitud.

Las calibraciones frecuentes son caras, además de que el equipo queda fuera de servicio, se requiere equipo de reemplazo y se puede interrumpir la continuidad de algún trabajo.

Existen muchos factores que intervienen en la frecuencia de calibración. los principales son:

1. El tipo de equipo.
2. Recomendaciones del fabricante.
3. La tendencia de los datos obtenidos en los registros de calibraciones previas.
4. Frecuencia y severidad del uso.
5. La tendencia al desgaste y deriva.
6. La frecuencia de revisión contra otro equipo de medición, particularmente patrones.

7. Frecuencia y formalidad de las calibraciones internas.
8. Las condiciones ambientales (temperatura, humedad, vibraciones, etc.).
9. La exactitud de la medición requerida .
10. La gravedad de las consecuencias por tomar como correcto un valor de medición incorrecto debido a fallas en el equipo de medición.

Como los factores son demasiados no se puede elaborar una lista de intervalos de calibración que pudiera aplicarse universalmente, por lo que es más útil dar directrices de cómo se pueden establecer los intervalos de calibración y una vez establecidos y aplicados rutinariamente revisarlos.

Para decidir los intervalos de calibración existen dos criterios básicos.

1. El riesgo de que el equipo deje de estar conforme a la especificación cuando este en uso, sea bajo.
2. Que el costo de calibración sea mínimo.

2.7.2.1 Selección inicial de los intervalos de calibración.

Para determinar el intervalo inicial de calibración, se realiza mediante la experiencia y de intervalos de calibración empleados por otros laboratorios en equipo similar.

Es conveniente que una vez llevadas a cabo las calibraciones de manera rutinaria los intervalos de calibración se ajusten para optimizar el balance de riesgos y costos, ya que es probable que los resultados obtenidos no sea los óptimos esperados, o que la deriva determinada por la calibración regular muestre que es posible lapsos más prolongados sin incrementar los riesgos, etc.

Existen varios métodos para revisar la frecuencia de calibración. Ningún método es idealmente adecuado para todos los equipos.

2.7.2.2 MÉTODO 1: Ajuste automático o de "escalera"

Cada vez que un dispositivo de un equipo se confirma rutinariamente , el intervalo siguiente se amplía si se encuentra que está dentro de tolerancia , o se reduce si se encuentra fuera de tolerancia. Esta respuesta "escalonada" puede producir un rápido ajuste de los intervalos y se lleva a cabo fácilmente. Cuando se usan y mantienen registros, se hace obvio el posible problema con un grupo de dispositivos que indican la necesidad de un ajuste técnico o de mantenimiento preventivo.

Una desventaja de los sistemas que tratan a los elementos de equipos individualmente puede ser la dificultad para mantener la carga de trabajo de confirmación ininterrumpida y balanceada, y que se requiere de una planeación avanzada detallada.

2.7.2.3 MÉTODO 2: Carta de control

Se eligen los mismos puntos de calibración de cada confirmación y se grafican los resultados contra el tiempo. De estas gráficas se calculan la dispersión y la deriva, ya sea que la deriva sea la deriva media sobre el lapso de confirmación o en el caso de equipo muy estable, la deriva sobre varios lapsos. De estas cifras se puede calcular la deriva efectiva.

El método es difícil de aplicar y solo se puede usar virtualmente con proceso automático de datos. Se requiere un conocimiento considerable de la ley de variabilidad del equipo o de equipo similar.

Es permisible una variación de intervalos de calibración contra los ya establecidos sin invalidar los cálculos, se puede calcular la confiabilidad y en teoría, este da el intervalo de calibración eficiente. Además el cálculo de la dispersión indica si los límites de especificación del fabricante son razonables y el análisis de la deriva encontrada puede ayudar a encontrar la causa de la deriva.

2.7.2.4 MÉTODO 3 : Tiempo calendario

Los elementos del equipo de medición se agrupan inicialmente con base en su similitud de marca, su confiabilidad y estabilidad esperadas. Se asigna al grupo un intervalo de calibración inicialmente con base en intuición ingenieril.

Al término del intervalo se determina la cantidad de dispositivos que son encontrados con errores excesivos o en estado no conforme, y se expresan como la proporción de la cantidad total de dispositivos en ese grupo.

Al determinar los dispositivos no conformes, no se incluyen los que estén obviamente dañados o que se haya regresado como sospechoso o defectuoso, ya que no es probable que causen errores de medición.

Si la proporción de dispositivos no conformes es excesivamente alta, es conveniente reducir el intervalo de calibración.

Si un subgrupo de dispositivos (de un tipo o fabricación particular) no se comporta como el resto de los del grupo, este subgrupo se cambiara a otro con un intervalo diferente.

Es conveniente que el periodo durante el cual se evalúa el desempeño sea lo más corto posible, y compatible con la obtención de una cantidad estadísticamente significativa de dispositivos confirmados para un grupo determinado.

Si la proporción de elementos no conformes en determinado grupo es muy baja, puede ser económicamente justificable incrementar la frecuencia o intervalo de calibración.

2.7.2.5 MÉTODO 4: Tiempo "en horas de operación"

Este es una variación de los métodos anteriores. El método básico permanece intacto pero el intervalo de calibración se expresa en horas de uso en lugar de meses calendario o de tiempo transcurrido.

Se puede acondicionar un elemento del equipo con un indicador de tiempo transcurrido, y se vuelve a confirmar cuando el indicador alcanza un valor especificado. La ventaja teórica importante es que el número de confirmaciones realizadas, y el costo de la calibración, varía en proporción directa con el tiempo de operación del equipo.

Sin embargo las desventajas son muchas e incluyen las siguientes:

1. El método no se puede usar con instrumentos de medición pasivos (atenuadores) o con patrones pasivos (resistores, capacitores, etc.).
2. Conviene que el método no se utilice en equipo que se sabe que se deteriora en almacenamiento, o cuando es manipulado, o ha estado sujeto a ciclos cortos de encendido y apagado.
3. El costo inicial de la compra e instalación de medidores de tiempo es alto y, puesto que los usuarios pueden interferirlos, se requiere de una supervisión que nuevamente incremente los costos.
4. Es difícil lograr un flujo continuo de trabajo ya que el laboratorio de calibración desconoce la fecha en que termina el intervalo de calibración.

2.7.2.6 MÉTODO 5: Prueba en servicio o prueba de "la caja negra"

Este método es complementario a la confirmación completa. Puede dar información parcial útil de las características del equipo entre calibraciones completas y dar una guía de que tan apropiado es el programa de calibración.

Es una variante del método 1 y 2 y es particularmente aplicable a instrumentos y tableros de prueba complejos. Los parámetros críticos se inspeccionan frecuentemente (una o más veces al día) con equipo de calibración portátil o preferentemente con una "caja negra" fabricada específicamente para inspeccionar los parámetros seleccionados. Si se encuentra que el equipo no esta conforme al revisarse con la "caja negra", se envía a confirmación completa.

La ventaja de este método es que proporciona disponibilidad máxima del equipo para ser utilizado. Es práctico para equipo separado geográficamente del laboratorio de calibración, ya que solo se lleva a cabo una calibración completa cuando es necesario o a lapsos de confirmación amplios. El principal problema es decidir los parámetros críticos al diseñar la "caja negra".

2.7.3 ESTADO DE INSPECCIÓN

Mediante el estado de inspección nos vamos a dar cuenta si un equipo tiene cualquier limitación en su uso o de su confirmación

Se debe asegurar que todo el equipo de medición esté etiquetado, codificado o identificado en forma segura y durable para indicar su estado de calibración, esta etiqueta puede ser auto adherible, por una etiqueta unida o adjunta o cualquier otra marca duradera.

Las etiquetas de confirmación, debe indicar la fecha de próxima confirmación, así como permitir la rápida identificación del personal responsable autorizado de la confirmación.

Se deben tomar las medidas necesarias para evitar un mal uso intencional o accidental de las etiquetas.

2.7.4 EQUIPOS QUE NO REQUIEREN CALIBRACIÓN

Hay equipos que por su naturaleza o funcionamiento, no es necesaria su calibración, y son por ejemplo:

1. Equipos que no realizan mediciones.
2. Equipos cuya falla es evidente al operador

3. Equipos cuyo resultado es monitoreado por otro equipo o dispositivo.
4. Equipos cuyo resultado es usado como indicador de una operación y no provee un valor numérico.

2.7.5 CONTROL DE EQUIPO NO CONFORME

El equipo de medición no conforme es aquel que:

1. Haya sufrido daño
2. Haya sido sobrecargado o mal utilizado.
3. Muestre cualquier mal funcionamiento.
4. Cuyo correcto funcionamiento este sujeto a duda.
5. Haya excedido su frecuencia de calibración establecida.
6. Se haya violado la integridad de su sello

Este equipo debe ser retirado del servicio con una identificación o marca notoria, para evitar su uso no intencionado.

Cuando se ha encontrado inexacto o con fallas es usual ajustarlo, reconstruirlo o repararlo para que vuelva a funcionar correctamente. Si esto resulta impráctico es conveniente desecharlo no sin antes como se menciona anteriormente, sea identificado perfectamente ya que existe equipo aparentemente idéntico pero con errores máximos tolerados.

Si las razones de no conformidad se han eliminado el equipo podrá regresar a servicio previa calibración.

Se debe llevar un registro con la descripción de la no conformidad y de las acciones correctivas realizadas.

2.8 AUDITORIAS INTERNAS

La auditoria o revisión se realiza para verificar la adecuada aplicación del sistema.

La realiza personal calificado, capacitado e independiente del área a auditar y puede ser realizada por el personal de la misma empresa o por un consultor independiente.

La auditoria puede realizarse a un grupo seleccionado que pertenezca al sistema de calibración o puede realizarse a todos los elementos del sistema.

Existen algunas normas básicas para una auditoria:

1. Auditar es una función de la gerencia.
2. Los auditores deben estar calificados.
3. Las mediciones se hacen contra normas bien definidas.
4. Las conclusiones se basan en hechos no en suposiciones.

5. Los informes de las auditorías se centran en los sistemas de control, no en las personas.

Si la auditoría se realiza por un grupo de personas, entonces deberá existir un auditor líder, el cual se encargara de organizarlos.

Se debe preparar una lista checable para cada elemento del sistema que será auditado conteniendo lo siguiente:

- Nombre del elemento a evaluar
- Características pertinentes del elemento evaluado
- Sección y párrafo pertinentes del sistema documentado que está en la lista para ser evaluado
- Adecuación e inadecuación de la descripción del sistema.
- Adecuación e inadecuación de la aplicación del sistema.

Los siguientes temas son la base para prepara una lista checable para efectuar la auditoría

- Estructura organizacional
- Equipo y personal
- Controles ambientales
- Procedimientos de calibración
- Intervalos de calibración

- Condiciones fuera de tolerancia
- Fuentes de calibración
- Registros de calibración
- Estado de calibración
- Control de calibraciones subcontratadas
- Almacenaje y manejo.
- Estándares adecuados
- Mantenimiento de las políticas y procedimientos..

2.8.1 Revisión de políticas y procedimientos.

La auditoría al sistema de calibración, inicia con la revisión de las políticas y procedimientos establecidos, seguido por la verificación de el cumplimiento de estas políticas y procedimientos en el sitio de calibración y de inspección.

Si los documentos de las políticas y de los procedimientos no están disponibles en el lugar declarado o si se consideran inadecuados, se levantara un reporte de no conformidad y se entregara al responsable del departamento.

Si el auditor líder lo cree conveniente se continúa con la auditoría de operaciones o bien reprogramara la auditoría hasta que la documentación este en el lugar adecuado y puesta en operación.

2.8.2 Reporte.

Al final de la auditoria se realiza un reporte de resultados indicando la conformidad y/o no conformidad del cumplimiento de las políticas o procedimientos establecidos.

Se deben aportar evidencias de las no conformidades además de especificar claramente con quién esta relacionada, por ejemplo:

- Requisitos de calidad contractuales
- Descripción del sistema de calidad
- Instrucciones de trabajo, etcétera.

Se debe de implementar una lista para verificar los procesos de las acciones correctivas, la lista podrá contener como mínimo:

- Distribución del informe de auditoria
- Lista de no conformidades
- Fecha de corrección de no conformidades
- Fecha de reporte correctivo

El plan de acciones correctivas puede hacerse llegar al grupo auditor de dos formas:

1. Que cada grupo auditado le envíe su plan de acciones correctivas.
2. Que el responsable del área auditada conjunte todas las acciones correctivas y las envíe al grupo auditor.

El auditor líder solicitará las acciones correctivas en un tiempo razonable fijado por la propia empresa.

CONCLUSIONES

La actividad de medir es tan solo una parte del proceso que se realiza en una empresa pero es de vital importancia por lo que podemos decir que si un sistema de aseguramiento metrológico se aplica de manera adecuada, la empresa puede prosperar, de lo contrario, la empresa puede fracasar.

Con la adecuada aplicación del sistema de aseguramiento metrológico, podremos además:

- Tener un mejor control del equipo de inspección, medición y prueba que pudieran afectar adversamente en el establecimiento y el control de calidad del producto y la capacidad de producción.*
- Una fácil detección y corrección de condiciones fuera de tolerancia.*
- Evitar acciones correctivas tardías, las cuales llevan tiempo y costo adicional*

El presente trabajo de aseguramiento metrológico no es el único ni mucho menos

el mejor, por lo que se puede tomar como base para que si a alguien le es útil lo revise y lo adecue, probablemente aumentando requisitos, tomando como base que todo evoluciona y el aseguramiento de calidad no es la excepción.

ANEXOS

ANEXO 1

CÁLCULO DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD

Dispositivo: Vernier digital

Fecha: Junio 13, 1988

Área: Producción

Operadores:

| Muestra | 1. Juan | | | 2. Carmen | | | 3. Marcelino | | |
|--------------|----------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
| 1 | 0.501 | 0.500 | 0.502 | 0.503 | 0.502 | 0.500 | 0.504 | 0.500 | 0.501 |
| 2 | 0.500 | 0.501 | 0.500 | 0.500 | 0.501 | 0.500 | 0.501 | 0.501 | 0.502 |
| 3 | 0.501 | 0.501 | 0.502 | 0.501 | 0.501 | 0.502 | 0.502 | 0.501 | 0.501 |
| 4 | 0.501 | 0.502 | 0.501 | 0.502 | 0.501 | 0.502 | 0.500 | 0.503 | 0.501 |
| 5 | 0.502 | 0.501 | 0.501 | 0.502 | 0.502 | 0.501 | 0.501 | 0.502 | 0.502 |
| 6 | 0.501 | 0.501 | 0.501 | 0.503 | 0.502 | 0.502 | 0.502 | 0.502 | 0.502 |
| 7 | 0.502 | 0.501 | 0.502 | 0.502 | 0.503 | 0.502 | 0.502 | 0.501 | 0.502 |
| 8 | 0.501 | 0.501 | 0.502 | 0.502 | 0.503 | 0.501 | 0.502 | 0.502 | 0.502 |
| 9 | 0.501 | 0.500 | 0.502 | 0.503 | 0.502 | 0.500 | 0.504 | 0.500 | 0.501 |
| 10 | 0.500 | 0.501 | 0.500 | 0.500 | 0.501 | 0.500 | 0.501 | 0.501 | 0.502 |
| Total | 5.010 | 5.009 | 5.013 | 5.018 | 5.018 | 5.010 | 5.019 | 5.013 | 5.016 |
| | $\bar{X}_1 = 0.5011$ | | | $\bar{X}_2 = 0.5015$ | | | $\bar{X}_3 = 0.5016$ | | |

$\bar{X}_r = 0.0005$ (rango de las medias)

Rangos

| Muestra | R1 | R2 | R3 |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 0.002 | 0.003 | 0.004 |
| 2 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| 3 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| 4 | 0.001 | 0.001 | 0.003 |
| 5 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| 6 | 0.000 | 0.001 | 0.000 |
| 7 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| 8 | 0.001 | 0.001 | 0.000 |
| 9 | 0.002 | 0.003 | 0.004 |
| 10 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| Total | 0.011 | 0.014 | 0.016 |
| | $\bar{R}_1 = 0.0011$ | $\bar{R}_2 = 0.0014$ | $\bar{R}_3 = 0.0016$ |

$\bar{R} = 0.0014$

Cálculo de Repetibilidad

$$\left(3.54 * \frac{0.0014}{0.025} \right) 100 = 19.82 \%$$

Cálculo de Reproducibilidad

$$\frac{100}{0.025} \left[\sqrt{(3.14 * 0.0005)^2 - \left(\frac{(3.54 * 0.0014)^2}{30} \right)} \right] = 11.298 \%$$

Cálculo de Repetibilidad y Reproducibilidad, R y R.

$$RR = \sqrt{(19.82)^2 + (11.298)^2} = 22.8138$$

Conclusión:

El sistema requiere mejoras, sin embargo puede utilizarse de manera temporal. Nuestro valor de repetibilidad es mayor que el de Reproducibilidad lo cual quiere decir que el instrumento requiere mantenimiento o calibración o bien no es el adecuado para esa aplicación.

ANEXO 2

CÁLCULO DE INCERTIDUMBRES.

- 1.- En el informe de una resistencia patron se establece el valor de $\pm 150 \mu \Omega$ como una incertidumbre de la medida, con un nivel de confianza del 99 % (equivalente a 2.6σ)
¿Cuál es la incertidumbre típica?

$$U_B = \frac{150}{2.6} = 57.69 \mu \Omega$$

- 2.- En un manual se da el coeficiente térmico de expansión lineal del aluminio a 25°C , $\alpha = 17.53 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, los límites de error son $16.4 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ y $16.92 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

La incertidumbre tipo B es:

$$U_B = \sqrt{\frac{(16.4 \cdot 10^{-6} - 16.92 \cdot 10^{-6})^2}{12}} = 0.1501 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

- 3.- Se calculo la incertidumbre tipo A de una serie de mediciones resultando;

$$U_A = \pm 0.5 \text{ ppm.}$$

y una incertidumbre tipo B

$$U_B = \pm 0.4 \text{ ppm.}$$

Calcular la incertidumbre combinada.

$$U_C^2 = (0.5)^2 + (0.4)^2$$

$$U_C = 0.41 \text{ ppm}$$

4.- A una placa de aluminio con un valor nominal de 1in, se le tomaron 5 lecturas con un sistema de alta exactitud. La media fue de 1.000 0092in, la $S^2 = 23.1 \times 10^{-6} \text{ in}^2$ el detector tiene una exactitud de 18 ppm. Calcular la incertidumbre expandida de la medición para $K=2$.

a) Incertidumbre tipo A.

$$U_A = \frac{t_s}{\sqrt{n}} = \frac{1.14(\sqrt{23.1 \times 10^{-6}})}{\sqrt{5}} = 2.4503 \times 10^{-3} \text{ in}$$

$$s = \sqrt{23.1 \times 10^{-6}}$$

b) Incertidumbre tipo B, se asume rectangular ya que no se especifica otra cosa.

$$U_B = \frac{18 \times 10^{-6}}{\sqrt{3}} = 10.3923 \times 10^{-6} \text{ in}$$

c) Incertidumbre combinada.

$$U_C = \sqrt{U_A^2 + U_B^2}$$

$$U_C = \sqrt{(2.4503 \times 10^{-3})^2 + (10.3923 \times 10^{-6})^2} = 1.0677 \times 10^{-3} \text{ in}$$

d) Incertidumbre expandida.

$$U = U_C \cdot K$$

$$U = 0.1565 \cdot 2 = 2.1354 \times 10^{-3} \text{ in}$$

Expresión final : 1.000 0092 \pm 0.00002354 in

| Num. de observaciones | Grados de libertad | K=1 | K=2 |
|-----------------------|--------------------|------|-------|
| 2 | 1 | 1.84 | 13.97 |
| 3 | 2 | 1.32 | 4.53 |
| 4 | 3 | 1.20 | 3.31 |
| 5 | 4 | 1.14 | 2.87 |
| 6 | 5 | 1.11 | 2.87 |
| 7 | 6 | 1.09 | 2.65 |
| 8 | 7 | 1.08 | 2.52 |
| 9 | 8 | 1.07 | 2.43 |
| 10 | 9 | 1.06 | 2.37 |
| 11 | 10 | 1.05 | 2.32 |
| 12 | 11 | 1.05 | 2.28 |
| 13 | 12 | 1.04 | 2.25 |
| 14 | 13 | 1.04 | 2.23 |
| 15 | 14 | 1.03 | 2.20 |
| 20 | 19 | 1.03 | 2.13 |
| 31 | 30 | 1.02 | 2.09 |
| infinito | infinito | 1.00 | 2.00 |

TABLA DE VALORES PARA VALORES DE F

ANEXO 3

ANEXO 4

GUÍA DE FRECUENCIA (PERIODO) DE CALIBRACIÓN ⁽¹⁾

| Instrumentos patrones | De referencia | De trabajo |
|---|---------------|------------|
| Patrones de longitud | | |
| Lámparas patrón. Interferómetros | 4 años | 1 año |
| Bloques patrón longitudinales: | | |
| Grado 00 | 2 años | 1 año |
| Grado 0 | 1 año | 6 meses |
| Grado 1 | 1 año | 6 meses |
| Grado 2 | 1 año | 6 meses |
| Patrones de diámetro: | | |
| Cilíndricos | 1 año | 6 meses |
| Planos | 1 año | 6 meses |
| Cónicos | 1 año | 6 meses |
| Medidores directos de longitud: | | |
| Calibradores vernier | 6 meses | 4 meses |
| Micrómetro de exteriores | 6 meses | 4 meses |
| Micrómetro de interiores de 2 contactos | 6 meses | 4 meses |
| Micrómetros especiales | 6 meses | 4 meses |
| Medidores de roscas: | | |
| Micrómetros de roscas | 6 meses | 4 meses |
| Perfil para roscas | 1 año | 6 meses |
| Medidores en forma en general: | | |
| Microscópios | 2 años | 1 año |
| Perfílómetros | 2 años | 1 año |
| Patrones angulares: | | |
| Polígonos patrón | 4 años | 4 años |
| Bloques patrón angulares | 2 años | 1 año |

BIBLIOGRAFÍA

1. Peter Jackson y David Ashton

ISO 9000, BS 5750

Implemente calidad de clase mundial

Ed Limusa, México 1996.

2. Eavid Hoyle

ISO 9000 Quality Systems Handbook

Traducido por Ma. José Gómez Caffo, ISO 9000 Manual de Sistemas de Calidad.

Ed Paraninfo, tercera edición, Madrid 1996

3. Alfredo Elizondo Decanini

Manual de Aseguramiento Metroológico Industrial QS 9000

Ediciones Castillo, Monterrey N.L. (1995)

4. C. Robert Pannella

Managing the metrology system: An important element of total quality management.

ASQC Quality Press

Milwaukee, Wisconsin (1992).

Printed in USA.

5. Norma ISO 10012-1: 1992 (NMX-CC-017/1: 1995).

Quality assurance requirements for measuring equipment.

Parte 1: Metrological confirmation system for measuring equipment.

6. Norma ISO 9001: 1994 (NMX-CC-003: 1995).

Quality systems - Model for quality assurance in design / development, production, installation and servicing.

7. Norma ISO 8402: 1994 (NMX-CC-001: 1995).

Quality management and quality assurance. Vocabulary.

8. Rubén J. Lazos Martínez.

“Las mediciones y la calidad”

Publicación técnica CNM-MMD-PT-003 (1996).

9. Lan Instone.

Internet. Simplified Method for Assessing Uncertainties in a Commercial Production Environment.

Hewlett-Packard Hd., Winnersh, Berkshire (1998).

10. Grupo de Asesores en Metrología, SNC.

“Recomendación sobre directrices y criterios de periodos de calibración.”

Revista de la Metrología 1/18-21 (1989).

11.- Documentos de la serie Sistema Nacional de Calibración (SNC-D1).

12.- Larry B. Barrentine.

Concepts for R and R studies.

ASQC Quality Press

Milwaukee, Wisconsin (1991).

Printed in USA.