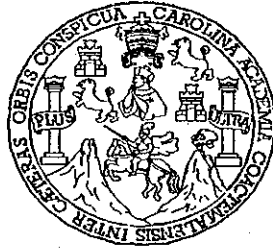


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**NORMATIVAS PARA UN SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE
INSTRUMENTOS
BAJO NORMA ISO 9002**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDDY ROLANDO SAMAYOA BRAN

AL CONFERÍRSE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 1999

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

NORMATIVAS PARA UN SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS BAJO NORMA ISO 9002.

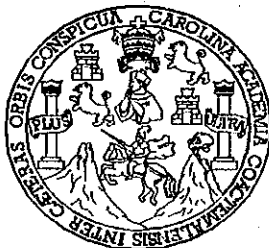


tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha de 19 de octubre de 1998.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Eddy Rolando Samayoa Bran", is written over a horizontal line.

Eddy Rolando Samayoa Bran

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

NOMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL III	Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
VOCAL IV	Br. Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán
VOCAL V	Br. Mauricio Alberto Grajeda Mariscal
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. René Alfonso Aguilar Marroquín
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADOR	Ing. Oscar Mauricio Herrera Ramos
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

GUATEMALA,
17 de marzo de 1.999.

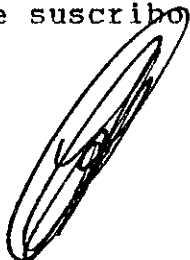
INGENIERO
FRANCISCO GOMEZ RIVERA
DIRECTOR DE ESCUELA DE
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIA
USAC.

Ingeniero Gómez:

En mi calidad de asesor, tengo el agrado de dirigirme a usted para presentarle el trabajo de tesis del estudiante Eddy Rolando Samayoa Bran, titulado "NORMATIVAS PARA UN SISTEMA DE CALIBRACION DE INSTRUMENTOS BAJO NORMA ISO 9002", previo a optar al examen público en la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial.

He realizado las revisiones correspondientes y considero que el trabajo realizado por el estudiante Samayoa Bran, cumple con los requisitos reglamentarios, por lo cual considero que el mismo está apto para su trámite final en esta unidad académica.

Sin otro particular, me suscribo de usted, muy atentamente,

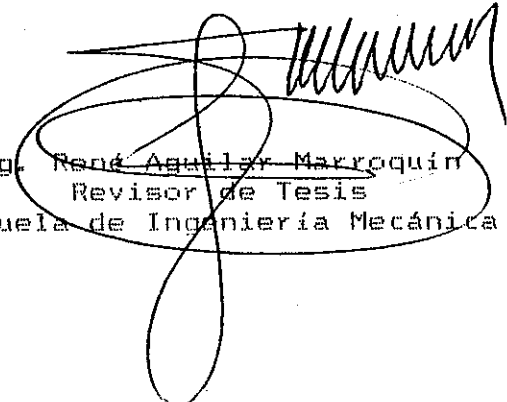


CARLOS HUMBERTO PEREZ RODRIGUEZ
INGENIERO MECANICO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 3.071



Como Catedrático Revisor de esta Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor de Tesis al trabajo de tesis titulado **NORMATIVAS PARA UN SISTEMA DE CALIBRACION DE INSTRUMENTOS REQUERIDA POR LA NORMA ISO 9002**, presentado por el estudiante universitario **Eddy Rolando Samayoa Bran**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. René Aguilar Marroquín
Revisor de Tesis
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, abril de 1999.

ends

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Revisor de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado **NORMATIVAS PARA UN SISTEMA DE CALIBRACION DE INSTRUMENTOS BAJO NORMA ISO 9002**, presentado por el estudiante universitario **Eddy Rolando Samayoa Bran**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR

INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, septiembre de 1999.

ends

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



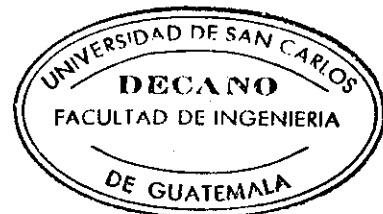
FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **NORMATIVAS PARA UN SISTEMA DE CALIBRACION DE INSTRUMENTOS BAJO NORMA ISO 9002**, presentado por el estudiante universitario Eddy Rolando Samayoa Bran, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE


Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO

Guatemala, septiembre de 1999



emds

DEDICATORIA

A: DIOS SUPREMO CREADOR Y A LA VIRGEN MARIA

Por concederme su protección, luz y fortaleza, durante mi vida, para ver realizadas todas mis metas.

A mis Padres:

Luis Rolando y Ana María, por darme la vida y guiarme a través de ella, con su ejemplo de trabajo, responsabilidad, honradez y por apoyarme tanto en los momentos alegres como difíciles.

A mi abuelitos

(+) Nayita: Por tenerme siempre presente en todas sus oraciones y bendiciones.

(+) Antonio Samayoa F.

A mis hermanas:

Ana Johanna y Ana Rocío por su cariño, consejos y ayuda en todo momento.

A mis tíos:

Edgar, Jorge, Ana Leslie y Marco Antonio

A mis primos:

Karina, Silvia, Lucrecia, Lourdes y José Javier.

A:

Iris por todo su cariño y apoyo

A mi nana:

María Teresa, por su cariño

A: Ing. Roberto Lizama, Ing. Roberto Brincker, Ing. Erick Jiménez, Ing. Carlos Pérez e Inga. Glenda García por su confianza, orientación y enseñanzas en el transcurso de estos años.

A mis amigos por su amistad:

Marco A. Arana, Herbert Sosa, Axel Méndez, Karin De León, Pedro Ardón, Chong Lee, Memphis Zepeda, María Santizo, Luis y José Aguja, Noé Cano, Iván Frese, a todos mis amigos y a mis compañeros de GINSA con los que he compartido gratas experiencias.

A mi ahijado:

Panchito

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

Por la formación académica recibida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	I
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	IV
GLOSARIO.....	V
INDICE DE ABREVIATURAS.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	X
OBJETIVOS.....	XI
1. GENERALIDADES SOBRE CALIDAD, ESTANDARIZACIÓN Y METROLOGÍA.....	12
1.1 Calidad.....	12
1.1.1 Normas de calidad.....	12
1.1.2 Política corporativa.....	12
1.1.3 Especificaciones.....	12
1.2 Descripción de la norma ISO 9002 enfocada a metrología.....	13
1.3 Metrología y trazabilidad.....	13
1.4 Instrumentos.....	14
1.4.1 Estándar de referencia.....	14
1.4.2 Estándar de trabajo.....	14
1.4.3 Medición de calidad.....	14
1.4.4 Uso general.....	14
1.5 Riesgos de la calidad.....	15
1.5.1 Riesgo mínimo.....	15
1.5.2 Riesgo menor.....	15
1.5.3 Riesgo mayor.....	15
1.6 Especificaciones de trabajo.....	15
2. ESTATUS ACTUAL.....	16
2.1 Unidades y rangos utilizados en la planta.....	16
2.1.1 Temperatura.....	16
2.1.2 Presión.....	16
2.1.3 Longitud.....	17
2.2 Tipo de control actual.....	17
2.2.1 Forma de registro actuales.....	17
2.2.2 Frecuencias de calibración actuales.....	17
2.2.3 Programas de calibración actuales.....	18

2.3. Nivel de conocimientos técnicos.....	18
2.3.1 Personal laborante en la empresa.....	18
2.4. Tipo de sustancias medibles.....	19
2.4.1 Vapor.....	19
2.4.2 Agua.....	19
2.4.3 Aire.....	19
2.4.4 Gas.....	20
2.5 Desechos contaminantes de instrumentos.....	20
2.5.1 Ferrosos.....	20
2.5.2 Vidrios.....	20
2.5.3 Compuestos.....	20
3. SELECCIÓN DE EQUIPO Y ESTABLECIMIENTO DE PROCEDIMIENTOS.....	21
3.1 Selección de equipo para la planta.....	21
3.1.1 Estandarización de unidades de trabajo.....	21
3.1.2 Especificaciones y rangos de trabajo.....	21
3.1.3 Determinación de los factores críticos.....	22
3.2 Condiciones de trabajo del laboratorio.....	23
3.2.1 Temperatura.....	23
3.2.2 Humedad.....	23
3.3 Selección de equipo para laboratorio.....	24
3.4 Definición del perfil del mecánico de instrumentos.....	24
3.5 Forma de registro de resultados de calibración.....	25
3.5.1 Certificados de calibración de instrumentos patrón nuevos.....	25
3.5.2 Certificados de calibración de instrumentos patrón calibrados externamente.....	26
3.5.3 Tarjeta de control de instrumentos.....	26
3.5.4 El formato de calibración de instrumentos.....	26
3.5.5 La etiqueta de calibración efectuada.....	26
3.5.6 La hoja de requerimiento de instrumentos.....	27
3.5.7 El inventario de instrumentos.....	27
3.6 Desarrollo de procedimiento de calibración y certificación de instrumentos.....	27
3.6.1 Límites y tolerancias de la calibración.....	28
3.6.2 Intervalos de calibración.....	28
3.6.3 Fin de vigencia de la calibración por falla.....	29
3.6.4 Calibración hecha externamente.....	30
3.6.5 Almacenamiento y manejo de instrumentos.....	30
3.6.6 Control de condiciones de calibración.....	31
3.6.7 Trazabilidad.....	31
3.6.8 Sellado de instrumentos calibrados.....	31
3.6.9 Identificación de los instrumentos.....	32
3.6.10 Registros de calibración.....	33
3.6.11 Etiquetado de instrumentos.....	34
3.6.12 Instrucciones de calibración.....	35

3.6.13 Capacitación.....	35
3.6.14 Listado de instrumentos de medición de la calidad	35
3.6.15 Listado de instrucciones de trabajo:.....	36
3.7 Calibración de termómetros	37
3.8 Calibración de manómetros.....	42
3.9 Calibración de básculas mecánicas y electrónicas	48
3.10 Calibración de graficadores y controladores de temperatura	53
3.11 Calibración de graficadores y controladores de presión.....	56
3.12 Calibración de indicadores de velocidad.....	60
3.13 Calibración de graficadores de humedad	63
3.15 Manejo de desechos de instrumentos fuera de calibración y obsoletos	71
4. MODELO DE APLICACIÓN.....	72
4.1 Relación entre laboratorio de metrología y otros departamentos.....	72
4.2 Revisión del plan de trabajo	74
4.2.1 Anual.....	74
4.2.2 Mensual.....	74
4.3 Sistema de calibración.....	75
4.3.1 Inicio a cero	75
4.3.2 Por máquina	75
4.3.3 Por departamento	75
4.3.4 Por instrumento.....	76
4.3.5 Primer ciclo.....	76
4.4 Preauditorías al sistema de calidad.....	76
4.5 Inducción continua a mecánico de instrumentos.....	76
5. MEJORAMIENTO CONTINUO.....	77
5.1 Revisión y modificación de procedimientos	77
5.2 Auditorías al sistema de calidad	77
5.2.1 No conformidad	77
5.2.2 Razón de la no conformidad	78
5.2.3 Plan de acción	78
5.2.4 Evidencias.....	78
5.3 Implementación continua del sistema	78
5.4 Ingreso de nuevos instrumentos al sistema	79
6. CONCLUSIONES	80
7. RECOMENDACIONES.....	82
8. BIBLIOGRAFÍA.....	83
9. ANEXOS	84

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

TABLAS

I	Frecuencia de calibración de instrumentos	29
II	Instrucciones de trabajo	36

FIGURAS

1	Manómetro de tubo bourdón	47
2	Manómetro de pesos muertos	48
3	Juego de masas patrón	52
4	Báscula electrónica	53
5	Graficador y controlador de presión	60
6	Graficador de humedad	71
7	Hoja de inventario para análisis de instrumentos de la planta de manufactura	84
8	Tarjeta de control	85
9	Formato de calibración de Instrumentos	86
10	Solicitud de instrumentos a bodega	87
11	Formato de solicitud de equipo por laboratorio de instrumentos	88

GLOSARIO

Auditoría	Es un examen independiente de las actividades establecidas y los resultados basados en objetivos.
Báscula	Balanza para medir pesos grandes
Certificado	Documento que da un resguardo para asegurar resultados
Cronograma	Calendario de programación de actividades en forma gráfica.
Error	Diferencia algebraica entre el valor transmitido o medido por el instrumento y el valor real de la variable.
Error de cero	El error de un instrumento cuando su indicador cuando no está en funcionamiento marca valor en su escala y el valor se mantiene a lo largo de toda la escala, puede ocurrir arriba o debajo de la línea de referencia.
Error de margen	Es el error de un instrumento se va incrementando a medida que aumenta la variable.
Error de linealidad	Es el error que aumenta y disminuye conforme se va incrementando el valor de la variable. Puede ser que los valores de inicio y final sean correctos, pero en el intermedio de ellos existe un error variable.

Escala	Relación existente entre una longitud y su presentación.
Humedad relativa	Relación que existe entre la presión del vapor de agua que hay presente en una sustancia y la presión de saturación del vapor a la temperatura de la sustancia.
Instrucción	Curso que sigue un proceso que se está instruyendo. Es el conjunto de reglas para ejecutar algo o para manejar algo.
Instrumento	Es un utensilio, herramienta, aparato o máquina que sirve para un trabajo o una operación.
Intervalo	Distancia entre dos puntos o tiempo entre dos períodos
Límite	Valor al que tiende una función o una sucesión.
Manómetro	Instrumento destinado a la medición de presiones en gases o líquidos.
Neumática	Utilización del aire comprimido como medio de trabajo en la industria y preferentemente el accionamiento y mando de máquinas y equipos de explotación
Graficador	Instrumento que registra la información de manera gráfica de los resultados del comportamiento de una o más variables.
Lecturas iniciales	Lecturas del instrumento antes de ejercer algún tipo de ajuste comparadas con el instrumento patrón.

Lecturas patrón	Lecturas del instrumento patrón comparadas con el instrumento a calibrar.
Lecturas finales	Lecturas del instrumento calibrado después de realizada la calibración y los ajustes necesarios.
Perfil:	Conjunto de rasgos peculiares que caracterizan a una persona
Precisión	Tolerancia de medida del instrumento, define los límites de los errores cuando el instrumento se emplea en condiciones de servicio
Procedimiento	Método que se utiliza para ejecutar una acción.
Presión	Fuerza que ejerce un cuerpo sobre cada unidad de superficie.
Tacómetro	Aparato para medir la velocidad de rotación de un eje.
Teflon	Material plástico antiadherente resistente a la temperatura y disolventes. Es utilizado para evitar fugas de presión.
Temperatura	Indice de nivel térmico en el cual se encuentra una determinada cantidad de calor.
Termómetro	Instrumento utilizado para medir la temperatura.

Tolerancia

Rango mínimo o máximo dentro del cual puede fluctuar la magnitud de una variable.

Tubo bourdon

Elemento mecánico de un instrumento constituido básicamente por un tubo en espiral que reacciona a los cambios de presión de una sustancia, transmitiendo un movimiento que por medio de otros mecanismo sirve para indicar o registrar la magnitud de la presión de la sustancia.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

BASC	Abreviatura de báscula.
°C	Grados Celcius
COGRAFPRES	Controlador y graficador de presión
COGRAFTEMP	Controlador y graficador de temperatura.
ER	Estándar de referencia
ET	Estándar de trabajo
°F	Grados Farenheit
GRAFH	Graficador de humedad.
IP	Indicador de presión
ISO	International Estándar Organization, (Organización Internacional de Estandares).
IT	Indicador de temperatura
INVED	Indicador de velocidad
kg	kilogramos
OIML	Organización Internacional de Metrología Legal
PSI	Poundal square inches, libras sobre pulgada cuadrada Lb/pul ² .
Pascales	Unidad de presión en sistema de unidades internacional
rpm	Revoluciones por minuto
%RH	Porcent Relativi Humity, Porcentaje de Humedad Relativa

INTRODUCCIÓN

Parte de las políticas de reducción de costos de muchas compañías en el mundo es la producción de bienes en lugares donde la mano de obra tenga menor costo, siempre y cuando estos lugares brinden una calidad aceptable para el producto que fabriquen.

En la norma ISO 9002 las compañías han encontrado un procedimiento para mantener la misma calidad del producto sin importar su procedencia. Dentro de esta norma juega un papel importante el control de equipos de inspección, medición y ensayo dentro de los procesos productivos de toda industria.

La presente tesis proporciona un marco de referencia de los procedimientos para calibrar dichos instrumentos, que son la base del aseguramiento de la calidad de todo producto.

También se incluyen los formatos que ayudan a mejorar en el registro y control de los procedimientos de calibración.

La tesis, tomó como base de investigación aquellos instrumentos que más se utilizan para el control de procesos en las empresas industriales.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar un sistema de calibración de instrumentos con el cual se logre la calibración y certificación de los instrumentos en una planta de manufactura, utilizando las especificaciones internacionales para fomentar la calidad en la manufactura de productos.

ESPECÍFICOS

- Listar los equipos de medición y ensayo comunes en la mayoría de procesos industriales.
- Seleccionar equipos de inspección, medición y ensayo, así como su exactitud.
- Establecer procedimiento para calibración de instrumentos y frecuencias de calibración.
- Establecer el perfil del técnico responsable del proceso de calibración de instrumentos.
- Determinar los factores críticos de operación de los equipos de la planta de manufactura.
- Establecer las condiciones bajo las cuales deben realizarse los procesos de calibración de instrumentos.

1. GENERALIDADES SOBRE CALIDAD, ESTANDARIZACIÓN Y METROLOGÍA

1.1 Calidad

Es la totalidad de propiedades y características de un producto o servicio que da a este la habilidad de satisfacer necesidades implícitas o establecidas.

1.1.1 Normas de calidad

Son los lineamientos o procedimientos bajo los cuales se guía la calidad de un producto o servicio.

1.1.2 Política corporativa

La junta directiva de la empresa tiene la responsabilidad ejecutiva de definir y documentar su política corporativa, incluyendo sus objetivos y compromisos, a la vez deben cumplir las expectativas y necesidades de sus clientes.

1.1.3 Especificaciones

Es el documento necesario para elaborar cualquiera de los productos que se manufacturan en una fábrica. En este documento se proporcionan las condiciones requeridas para obtener un producto con él o los estándares de calidad que se determinen.

1.2 Descripción de la norma ISO 9002 enfocada a metrología

ISO 9002 forma parte de un conjunto de tres normas internacionales que tratan sobre los requisitos de los sistemas de la calidad que pueden utilizarse para el aseguramiento externo de la calidad, representando el sistema de calidad adecuado para que un suministrador demuestre su capacidad. ISO 9002 es el modelo para el aseguramiento de la calidad en la producción, la instalación y el servicio posventa de conformidad de los requisitos especificados.

Un sistema de control metrológico bien establecido y trabajando en forma integral respalda el sistema de aseguramiento de la calidad y hace posible el aumento de la productividad.

1.3 Metrología y trazabilidad

La metrología como ciencia de las mediciones, establece un sistema de medición integrado y la creación de las condiciones previas para el desarrollo ordenado de verificación y calibración de equipos de medición bajo normas o estándares internacionales.

Trazabilidad es la habilidad de traza la historia, aplicación y localización de un artículo o actividad por identificación registrada con datos, fechas y nombres. En metrología es la relación que existe entre un instrumento y aquel por medio del cual ha sido calibrado.

1.4 Instrumentos

1.4.1 Estándar de referencia

Es un cuerpo o instrumento de la más alta exactitud dentro de un sistema de calibración. Son usados para calibrar otros instrumentos, como por ejemplo: una masa patrón. Estos son traceables hasta estándares de referencia nacionales o internacionales.

1.4.2 Estándar de trabajo

Es un cuerpo físico como un estándar de referencia, es utilizado para la calibración de una gran cantidad de instrumentos. Para conservar mejor el estándar de referencia se calibra primero respecto a éste el estándar de trabajo, con el cual luego se calibran los instrumentos deseados. Ejemplo: masa patrón para uso en la planta.

1.4.3 Medición de calidad

Son los instrumentos instalados en los equipos de la planta cuya precisión y exactitud es importante para la obtención y aseguramiento de la calidad del producto. Por ello, son sujetos a un programa de recalibración periódica siguiendo las instrucciones de calibración correspondientes a cada tipo de instrumento de que se trate.

1.4.4 Uso general

Son el tipo de instrumentos instalados en los equipos cuyas lecturas no resultan determinantes para la obtención y aseguramiento de la calidad del producto, por lo que no requieren ser calibrados.

1.5 Riesgos de la calidad

Los riesgos de calidad se dan en instrumentos cuando éstos poseen un error fuera de las tolerancias y/o las especificaciones del fabricante y éstas son:

1.5.1 Riesgo mínimo

Este riesgo se da cuando los resultados de la calibración efectuada a un instrumento dan como resultado diferencias que son menores que la tolerancia especificada por el fabricante.

1.5.2 Riesgo menor

Este riesgo se da cuando los resultados de la calibración efectuada a un instrumento dan como resultado diferencias mayores que la tolerancia especificada por el fabricante.

1.5.3 Riesgo mayor

En Instrumentos de referencia, este riesgo se da cuando los resultados de la calibración efectuada a un instrumento utilizado como estándar de referencia dan como resultado diferencias mayores que la tolerancia especificada por el fabricante.

1.6 Especificaciones de trabajo

Especificación de trabajo es el término empleado para definir el documento que especifica los valores óptimos de operación de las variables de control de una máquina en el proceso de producción.

2. ESTATUS ACTUAL

Es muy importante establecer dentro del proceso de desarrollo para sistemas de calibración, el estatus actual de toda planta de manufactura, para lo cual se detalla a continuación los puntos básicos a evaluar consistente en:

2.1 Unidades y rangos utilizados en la planta

En la industria se utilizan diferentes sistemas y equipos de medición de variables es por eso de la importancia de determinar las unidades y rangos de trabajo que se utilizan en la planta en estudio, para poder determinar si son los adecuados y por qué no.

2.1.1 Temperatura

Es importante determinar donde se utilizan sistemas de temperatura para controlar el proceso y clasificar los equipos por las unidades y rangos del instrumento, indicando también su ubicación (Anexo 1), comúnmente en nuestra industria son utilizados los sistemas de unidades: Internacional (grados centígrados) y el Inglés (grados fahrenheit).

2.1.2 Presión

En toda industria sea pequeña o grande se utiliza presión como elemento de trabajo, desde un compresor pequeño de aire hasta una caldera produciendo vapor. En este caso utilizamos como instrumentos de medición: manómetros, graficadores, controladores, etc., y se deben clasificar por las unidades y rangos de trabajo del instrumento, indicando también su ubicación (Anexo 1). Al igual que en temperatura se

utilizan los Sistemas Internacional e Inglés, las unidades más utilizadas son en pascales, bar, psi, etc.

2.1.3 Longitud

Es necesario establecer en que sistema de medición se trabajan los distintos procesos dentro de la planta y enumerar los diferentes tipos de instrumentos de medición que utilizan cada máquina y su ubicación (Anexo 1).

En la industria guatemalteca se utilizan los sistemas de unidades: Internacional (metros) y el Inglés (yardas, pies) y en muchas una mezcla de ambos.

2.2 Tipo de control actual

2.2.1 Forma de registro actuales

Se debe investigar si la industria posee alguna forma de registro de los instrumentos que se utilizan en la planta, si hubieran, que tipo de registros son, como por ejemplo ingreso de bodega, inspección de ingreso, algún tipo de calibración o prueba de funcionamiento y exactitud realizada y que tipo de control se lleva sobre ellos ya sea escrito o por medio de un sistema de computadora.

2.2.2 Frecuencias de calibración actuales

La mayoría de industrias instalan instrumentos en los diferentes equipos de proceso sin realizar ningún tipo de prueba de verificación de funcionamiento y error, solamente confiando que es un instrumento nuevo y es poco probable que este llegue a tener algún tipo de falla. Otras industrias en cambio realizan pruebas de funcionamiento y calibración. Al realizar la evaluación de la empresa se debe investigar si se realiza algún tipo de prueba a los diferentes instrumentos, si se encontrara registros de alguna

prueba se debe investigar que tipo de prueba y/o calibración se realizan y las frecuencias en que se están realizando y si éstas son las adecuadas para el instrumento, así como para el tipo de proceso en el cual trabaja, pues las frecuencias varían mucho dependiendo del ambiente de trabajo del instrumento.

2.2.3 Programas de calibración actuales

Si la empresa lleva algún tipo de programa o programas de calibración, se debe estudiar e investigar si estos son efectivos y muestran un real control sobre registros, frecuencias de calibración, ubicación de los instrumentos de controlan el proceso.

2.3. Nivel de conocimientos técnicos

2.3.1 Personal laborante en la empresa

Los conocimientos del personal laborante en la empresa o industria en el área de mantenimiento es importante para lograr así determinar el nivel académico de los mismos y poder partir desde un punto real de los recursos humanos con que se cuenta y poder seleccionar así a la persona o personas para hacerse cargo del área de instrumentación. Se deben evaluar los siguientes conocimientos:

a. Electricidad básica

Lectura e interpretación de diagramas,
Conexión de equipos monofásicos 110 voltios

b. Neumática

Lectura e interpretación de diagramas
Conexión de equipos neumáticos

c. Mecánica general

Sistemas de lubricación

Mecánica dinámica

2.4. Tipo de sustancias medibles

Existe gran variedad de elementos o sustancias que se pueden medir y controlar en un proceso están:

2.4.1 Vapor

Estado físico que presenta una sustancia cuando la presión a la que se encuentra es igual o mayor que la presión de saturación.

2.4.2 Agua

Sustancia químicamente compuesta de oxígeno e hidrógeno capaz de cambiar de estado de acuerdo con las variaciones de presión y temperatura a las cuales se someta.

2.4.3 Aire

Sustancia en estado gaseoso compuesta principalmente por oxígeno y nitrógeno, presente en la naturaleza de modo abundante, lo cual lo hace apto para su uso a gran escala a nivel industrial.

2.4.4 Gas

Sustancia cuyo estado es tal que existe entre sus moléculas una gran separación y actividad cinética, constituyendo un medio elástico que tiende a ocupar el espacio en que es confinado.

2.5 Desechos contaminantes de instrumentos

Como subproducto de instrumentos o equipos de medición que fallan y no tienen reparación se producen ciertos elementos contaminantes al ambiente, se debe investigar cual es su destino final y si existe algún programa de reciclaje de desechos para evitar contaminación, los cuales podemos clasificar en una forma general en:

2.5.1 Ferrosos

Elementos de carácter metálico como el bronce, hierro, acero, provenientes de manómetros y otros instrumentos.

2.5.2 Vidrios

El vidrio es un elemento que resulta más común del desecho de instrumentos como termómetros, manómetros, etc.

2.5.3 Compuestos

Son seleccionados como elementos compuestos sustancias contaminantes no definidos directamente.

3. SELECCIÓN DE EQUIPO Y ESTABLECIMIENTO DE PROCEDIMIENTOS

Teniendo el análisis de los equipos de instrumentos instalados dentro de toda la planta se prosigue con los siguientes puntos para la selección del equipo:

3.1 Selección de equipo para la planta

3.1.1 Estandarización de unidades de trabajo

Cuando se inicia un sistema de calibración de instrumentos, se debe buscar la estandarización de las unidades de trabajo, así como los equipos. Es por esto que se debe seleccionar el sistema de unidades más conveniente para la empresa.

Al lograr la estandarización de equipos de instrumentación se debe obtener el respaldo técnico y de repuestos de la casa de distribución de estos equipos, ésto facilitará el entrenamiento del personal a cargo dentro de la empresa, así como una disminución de costo de almacenaje de repuestos.

3.1.2 Especificaciones y rangos de trabajo

Al seleccionar los instrumentos de la planta como equipo de trabajo hay que tomar las especificaciones y rangos de trabajo como factores de inicio.

a. **Rangos de trabajo:** son los rangos a los cuales funcionan los equipos o dicho de otra forma el margen de operación entre el mínimo valor y el máximo, para seleccionar los equipos de acuerdo a estas características, pues es importante que al seleccionar

equipos éstos no queden muy ajustados en sus rangos de trabajo, ni que éste quede muy amplio.

b. Especificaciones de trabajo: el Departamento de Calidad establece las especificaciones entre las cuales puede fluctuar una variable; Por ejemplo: 50 +/-5 psi de vapor, ésto indica que la presión de trabajo es de 50 psi pero acepta una variación dentro del proceso de +/- 5 psi, y por lo tanto el instrumento debe ser capaz de desplegar esa variación, en este caso el instrumento tiene que poseer una división mínima de 5 psi para cumplir con la especificación de trabajo. La división del instrumento también pueden ser submúltiplos de 5 psi como 0.2 psi, 0.5 psi, 1 psi, etc. pero esta división de menor escala implica un costo más elevado del instrumento por su alta precisión.

3.1.3 Determinación de los factores críticos

El siguiente factor importante para la selección del equipo es el lugar donde va a ser instalado, por los diversos factores que pueden afectarlo en su estado físico, así como también en su calibración. Entre estos factores podemos mencionar:

a. Altos niveles de humedad y temperatura: existen instrumentos que se deterioran muy fácilmente por estar ubicados en lugares expuestos a humedad y temperatura como por ejemplo instrumentos expuestos al vapor de agua en un lugar propenso a fugas. Una solución para ésto sería la utilización de instrumentos que poseen una alta resistencia a estos elementos o se deben buscar otras alternativas para la medición a distancia.

b. Vibración: es otro factor muy crítico en diferentes instrumentos principalmente en manómetros, en este caso se deben aumentar las frecuencias de calibración del instrumento de las establecidas para a las situaciones normales.

c. **Suciedad:** otros factor es la suciedad por grasa, aceite, y polvo que provocan un desgaste en las piezas al funcionar éstos mezclados como un elemento corrosivo en algunos instrumentos, así como su deterioro. Esto afecta principalmente en instrumentos que poseen partes móviles.

3.2 Condiciones de trabajo del laboratorio

El laboratorio de metrología o de instrumentos podemos definirla como el área de trabajo donde el personal encargado de los instrumentos, realiza las calibraciones de los instrumentos de la planta. También, en él se guardan los estándares de trabajo y/o los estándares de referencia que posee la empresa y donde se guarda el historial de las calibraciones efectuadas en los instrumentos. Esta área de trabajo debe poseer condiciones controladas de temperatura y humedad para hacer que las calibraciones sean certificadas media vez los equipos sean transportables.

3.2.1 Temperatura

La temperatura es un factor crítico en el momento de efectuar las calibraciones, pues este puede alterar los resultados de las calibraciones al arrojar datos con un grado de error, la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML), recomienda que las condiciones de temperatura donde se realizan las calibraciones se encuentren dentro de un rango de 19 a 22°C de temperatura.

3.2.2 Humedad

La humedad es otro factor crítico al momento de realizar una calibración y de la misma forma la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML) recomienda que los porcentajes de humedad relativa se encuentren entre el 48 y 58 % RH.

3.3 Selección de equipo para laboratorio

Teniendo seleccionadas las unidades de trabajo y los diferentes equipos de instrumentos a utilizar dentro de la planta, se procede a la selección del equipo de laboratorio. Debe poseer las siguientes características para poder ser utilizado con toda seguridad para realizar las calibraciones:

a. Alta precisión: la precisión de cualquier equipo del laboratorio debe ser mayor que cualquier instrumento de la planta para poder así determinar el grado de error del instrumento para hacer aceptado o rechazado.

b. Trazabilidad: los instrumentos seleccionados para laboratorio deben poseer una trazabilidad de calibración contando con el certificado respectivo, es difícil encontrar equipos que posean certificados de calibración pero la mayoría de grandes corporaciones de fabricantes de equipos de medición y control poseen esta opción con un ligero incremento en el precio, si no, existe la alternativa de contactar con laboratorios en Estados Unidos, México, El Salvador y Costa Rica que prestan estos servicios de certificación de equipos.

3.4 Definición del perfil del mecánico de instrumentos

Es la persona responsable de efectuar la calibración de los instrumentos la cual consiste en el conjunto de actividades destinadas a determinar los valores de error de medición de los instrumentos por medio de la comparación de sus lecturas con aquellas obtenidas a partir de un instrumento de referencia de exactitud conocida, y la eliminación de las desviaciones por medio de ajuste hasta que el error quede dentro de una tolerancia especificada, siguiendo la instrucción de calibración correspondiente a cada tipo de instrumento y con la frecuencia requerida y especificada para el mismo, así

como de mantener actualizados los registros de calibración de los instrumentos. Debe poseer conocimientos de:

a. Electricidad básica

Conocimientos básicos de seguridad en trabajos con electricidad
Lectura e interpretación de diagramas,
Conexión de equipos monofásicos 110 voltios

b. Neumática

Lectura e interpretación de diagramas
Conexión de equipos neumáticos
Instalación neumática
Conocimientos de los diferentes tipos de válvula neumáticas.

c. Mecánica general

Sistemas de Lubricación. Conocimientos básicos de seguridad en trabajos con equipos.

3.5 Forma de registro de resultados de calibración

3.5.1 Certificados de calibración de instrumentos patrón nuevos

Los certificados de calibración de los instrumentos patrón nuevos recibidos por la planta se debe guardar en el archivo correspondiente del laboratorio de instrumentos por un período de un año según dicta la norma ISO 9002.

3.5.2 Certificados de calibración de instrumentos patrón calibrados externamente

Cada certificado de calibración de los instrumentos patrón que sean calibrados externamente se debe guardar en el archivo correspondiente del Laboratorio de Instrumentos por un período de un año según dicta la norma ISO 9002.

3.5.3 Tarjeta de control de instrumentos

Deberá conservarse en el archivo correspondiente del Laboratorio de Instrumentos de modo que muestre la información de las calibraciones hechas durante el último año.

Cuando la tarjeta en la cual se lleva no posee más espacios para registros ha de utilizarse una nueva conservando cada una de las anteriores adjuntas a ésta, para mostrar la continuidad o historial de las calibraciones efectuadas. (Anexo 2).

3.5.4 El formato de calibración de instrumentos

En este formato se anotan los resultados de la calibración de los instrumentos. Se deben guardar en el archivo durante un año según requiere norma ISO 9002. (Anexo 3).

3.5.5 La etiqueta de calibración efectuada

Se adhiere al instrumento cada vez que éste se calibra. Su duración o vigencia es la misma que la de la calibración, y se reemplaza por una etiqueta nueva cada vez que el instrumento se calibra.

3.5.6 La hoja de requerimiento de instrumentos

Esta hoja se conserva por el mecánico de instrumentos en tanto actualiza la información contenida en la tarjeta de calibración del instrumento, cuando un instrumento nuevo haya sido despachado por la bodega. Una vez hecho, la hoja se debe desechar. (Anexo 4).

3.5.7 El inventario de instrumentos

A de contarse con registros de los inventarios de los instrumentos para facilitarse se puede llevar por medio de un computador en el Laboratorio de Instrumentos. Esta información se copia en un disco de computadora a modo de archivo de seguridad, mismo que se conserva en el Laboratorio de Instrumentos.

Este inventario se actualizará a diario de ser necesario debido a los cambios en la información relativa a los instrumentos que deban registrarse.

3.6 Desarrollo de procedimiento de calibración y certificación de instrumentos

El desarrollo del procedimiento general de calibración y las instrucciones de trabajo estarán designadas al ingeniero a cargo del sistema de calibración de instrumentos dentro de la planta de manufactura.

Objetivo del procedimiento

Establecer y mantener un sistema por medio del cual se realice la calibración y certificación de los instrumentos de la planta utilizados para monitorear y controlar aquellas cualidades físicas que a lo largo del proceso se han establecido como necesarias para la obtención de la calidad del producto.

Alcance del procedimiento

El procedimiento será aplicado en los Departamentos de Ingeniería, Mantenimiento, Producción Calidad y Compras.

Desarrollo del procedimiento

El presente procedimiento se realiza atendiendo a los siguientes puntos:

3.6.1 Límites y tolerancias de la calibración

Las calibraciones efectuadas por el Laboratorio de Instrumentos son hechas basadas en las instrucciones y/o especificaciones del fabricante.

Únicamente los instrumentos utilizados como estándares de referencia, estándares de trabajo y los de medición de la calidad que aparecen en el listado, más adelante son sujetos a un programa de recalibración periódica.

El resto de instrumentos instalados en los equipos de la planta son catalogados como instrumentos de uso general y no son por tanto sujetos a este programa, calibrándose únicamente al ingresar a la planta e identificándose con una etiqueta con un número correlativo.

3.6.2 Intervalos de calibración

Los instrumentos para medición de la calidad son calibrados de acuerdo al tipo de instrumento de que se trate refiriéndose al siguiente listado obtenido de los fabricantes en la tabla I..

Tabla I
Frecuencia de calibración

Tipo de equipo o instrumento	Frecuencia de calibración
Estándares de referencia	Cada 2 años
Estándares de trabajo	Anual
Aparato calibrador de pesos muertos	Anual
Graficador de temperatura/humedad	Annual
Termómetros	Anual
Masas de laboratorio	Anual
Controladores y graficadores de temperatura	Anual
Básculas	Trimestral
Controladores y graficadores de presión	Anual
Manómetros	Anual
Indicadores de velocidad	Semestral
Graficadores de humedad	Semestral

Las desviaciones máximas permitidas son indicadas en las instrucciones de calibración de cada instrumento. Los intervalos de calibración serán establecidos y asignados de acuerdo a las recomendaciones de fabricante, mismos que serán revisados de acuerdo a la experiencia que se vaya obteniendo con el aparato puesto ya en servicio.

3.6.3 Fin de vigencia de la calibración por falla

Si algún instrumento presenta fallas en su operación dando por tanto lecturas erróneas o dudosas, presenta daño físico, falla en operación, o fuera encontrado operando fuera del período de vigencia de su calibración, deberá reportarse al Laboratorio de Instrumentos para que esta situación sea investigada y corregida. Si la falla no puede ser corregida, el instrumento deberá ser reemplazado.

3.6.4 Calibración hecha externamente

Cuando estándares de referencia, estándares de trabajo o instrumentos (tales como algunas básculas) no puedan ser calibrados por el Laboratorio de Instrumentos por no tener un patrón de referencia, tales instrumentos y/o equipos deberán calibrarse por medio de un contratista externo, quien reportara la calibración efectuada indicando los resultados de la calibración, así como proporcionando información sobre los estándares usados, datos de su certificación misma y trazabilidad para su aceptación por el Departamento de Ingeniería. Estos informes de calibración se guardarán en archivo durante un año.

3.6.5 Almacenamiento y manejo de instrumentos

Almacenamiento: con la finalidad de prevenir que la buena condición y exactitud de un instrumento sea alterada o disminuida, todos los instrumentos serán manejados, transportados y almacenados con el cuidado respectivo, conservándose en su empaque o envoltura original de ser posible.

Manejo de instrumentos: cuando un equipo o instrumento salga para calibración externa, será dotado de un empaque adecuado para prevenir posibles daños ocurridos por su manejo y transporte. Los instrumentos nuevos que ingresen a la planta serán revisados por el Laboratorio de Instrumentos y se les colocará una identificación consistente en un número correlativo correspondiente según el inventario del instrumento de que se trate. A los instrumentos para medición de la calidad, se les agregará además una etiqueta de constancia de calibración efectuada indicando la fecha de la calibración, la de la próxima calibración y el nombre de quien lo calibró.

3.6.6 Control de condiciones de calibración

Calibración dentro del laboratorio de instrumentos: las condiciones de temperatura y humedad en el Laboratorio de Instrumentos serán monitoreadas y controladas para prevenir que cualquier cambio repentino de éstas puedan influenciar negativamente en los resultados de las calibraciones de los instrumentos.

Calibración fuera del laboratorio de instrumentos: en cuanto a instrumentos más grandes localizados en la planta que por su naturaleza no sea posible calibrar en estas condiciones, éstas serán tomadas en cuenta debidamente si así lo requirieran las instrucciones de calibración del mismo o bien así sea especificado.

3.6.7 Trazabilidad

Todos los estándares de referencia empleados por el Laboratorio de Instrumentos para la calibración de los instrumentos y equipos de la planta son trazables a estándares nacionales e internacionales, conocidos y aprobados por el Departamento de Ingeniería, los cuales son descritos en los certificados de calibración correspondientes.

3.6.8 Sellado de instrumentos calibrados

Para prevenir desajustes, daño o deterioro de los instrumentos y equipos utilizados para la calibración de instrumentos, dichos instrumentos serán guardados en el Laboratorio de Instrumentos, mismo que será conservado cerrado y a cuyo interior ingresará sólo personal autorizado.

En donde sea posible, cada instrumento calibrado será dotado de un sello, consistente en una tira de cinta autoadhesiva colocada sobre la tapa de su empaque

original si lo tuviera, u otro procedimiento similar, para que el instrumento conserve en lo posible su calibración.

Asimismo, los instrumentos serán almacenados hasta su uso final en muebles y estantes apropiados, y el personal proveerá el debido cuidado cuando la transporte, clasifique u ordene.

3.6.9 Identificación de los instrumentos

Todo instrumento o equipo que ingrese a la planta para ser usado como estándar de referencia, estándar de trabajo o bien como instrumento para medición de la calidad, recibirá a su ingreso un número de identificación único, correlativo, de acuerdo al inventario de instrumentos correspondiente.

Identificación de estándares de referencia: estos recibirán un número seguido de las letras 'ER', lo cual lo distinguirá como un estándar de referencia.

Identificación de estándares de trabajo: estos recibirán un número seguido de las letras 'ET', lo cual lo distinguirá como un estándar de trabajo.

Identificación de instrumentos de medición de calidad: los instrumentos para la medición de la calidad recibirán un código consistente en una abreviatura según el tipo de instrumento de que se trate, seguida de un número correlativo, de acuerdo al número existente registrado en el inventario de ese tipo específico de instrumento hasta ese momento.

3.6.10 Registros de calibración

La información relevante respecto a los instrumentos sujetos a calibración según este procedimiento se registra en la computadora personal instalada para este propósito en el laboratorio de instrumentos.

Esta comprende como mínimo el nombre del instrumento en cuestión, ya sea manómetros, masas patrón usadas como estándar de trabajo, etc. El número de inventario del instrumento, su ubicación en la planta o equipo en donde está instalado, su rango, fecha de última y de próxima calibración. Pudiera agregarse información adicional de utilidad respecto al instrumento, tal como modelo, número de serie, gráfico que utiliza, precisión, grado de error, etc. Esta información se conserva por un año. También se conservan por un año los certificados de calibración de los instrumentos calibrados externamente.

Tiempo de almacenaje de registros: durante un año se conserva registros escritos con la información sobre las calibraciones efectuadas en los instrumentos según se detalla en las instrucciones de trabajo respectivas, tales como la tarjeta de control de instrumentos y el formato de calibración.

Estas tarjetas se conservan en el archivo correspondiente del Laboratorio de Instrumentos de modo que muestre la información de las calibraciones hechas durante el último año.

Tarjetas de control

En esta se anota la información de las diferentes calibraciones (fecha, estado del instrumento, etc.) y la información relativa al instrumento, para mostrar la continuidad o historial de las calibraciones efectuadas durante el último año (Anexo 2).

Formato de calibración de instrumentos: En este se anotan los resultados de la calibración de los instrumentos. Se guarda en el archivo durante un año (Anexo.3).

Realización de registros: Solamente la persona a cargo de las calibraciones y personal específicamente autorizado podrá tener acceso a los archivos de la computadora y demás archivos del Laboratorio de Instrumentos con el objeto de introducir cambios en éstos o hacer actualizaciones o modificaciones.

La información contenida en la computadora será protegida por un código o pasaporte de seguridad para que solamente el encargado y personal autorizado pueda accederla o modificarla. Esta información se copia en un disco de computadora a modo de archivo de seguridad, mismo que se conserva en el Laboratorio de Instrumentos. El inventario de instrumentos dentro de la computadora se actualizará a diario de ser necesario debido a los cambios en la información relativa a los instrumentos que deban registrarse.

3.6.11 Etiquetado de instrumentos

Todos los instrumentos para medición de la calidad llevarán una etiqueta como constancia de su calibración. Asimismo, llevarán esta etiqueta aquellos equipos o instrumentos utilizados como estándares siempre y cuando resulte conveniente. Es decir, la información contenida en esta etiqueta ayudaría en el caso de una masa de referencia de 25 kg. en la cual prácticamente no afecta su peso. Sin embargo, no sería posible colocarla en un termómetro de referencia de vidrio o en una masa muy pequeña (1 gramo), aunque la información respecto a su estado de calibración fuera igualmente importante tenerla a la vista y no solamente en un archivo.

3.6.12 Instrucciones de calibración

El Laboratorio de Instrumentos desarrolla las instrucciones de trabajo concernientes a la calibración de los instrumentos en observancia a las instrucciones contenidas en los manuales de los fabricantes, así como en los estándares internacionales.

Introducción de modificaciones y/o nuevas instrucciones

Las instrucciones podrán ser mejoradas o bien añadirse a este procedimiento las instrucciones adicionales necesarias de acuerdo a las necesidades de calibración de instrumentos nuevos que se vayan adquiriendo.

3.6.13 Capacitación

Los certificados de capacitación obtenidos por el personal que ejecuta la calibración de los instrumentos luego de su asistencia a cursos específicos, se archivarán por lo menos por el tiempo que según el documento mismo indica como el de su propia vigencia.

3.6.14 Listado de instrumentos de medición de la calidad

Los instrumentos que son utilizados para medir y controlar los procesos de calidad son:

Termómetros

Manómetros

Básculas mecánicas y electrónicas

Graficadores y controladores de temperatura

Graficadores y controladores de presión

Indicadores de velocidad

Graficadores de humedad

3.6.15 Listado de instrucciones de trabajo

Del presente procedimiento se derivan las siguientes Instrucciones de Trabajo descritas en la tabla II:

Tabla II
Instrucciones de Trabajo

Instrucción de trabajo	No. de instrucción
Instrucción para calibración de termómetros	001
Instrucción para calibración de manómetros	002
Instrucción para calibración de básculas mecánicas y Electrónicas	003
Instrucción para calibración de controladores y graphicadores de temperatura	004
Instrucción para calibración de controladores y graphicadores de presión	005
Instrucción para calibración de indicadores de velocidad	006
Instrucción para calibración de graphicadores de humedad.	007

Fuente: ICAITI, OIML

3.7 Calibración de termómetros

Alcance

La presente instrucción de trabajo es aplicable a los termómetros instalados en los equipos de la planta.

Calibración

Proceda a precalentar la unidad de calibración de baño en aceite que se encuentra en el Laboratorio de Instrumentos, encendiendo el aparato a modo que las resistencias eléctricas de ambas cavidades comiencen a generar el calor necesario para calentar el aceite hasta la temperatura deseada.

Ajustar el aparato de manera que la temperatura de una cavidad sea un poco superior a la de la otra, y de modo que ambas temperaturas queden uniformemente espaciadas y dentro de la primera mitad del rango de medición del termómetro (25% y 50 %). Una vez hecha esta calibración, ajusta el aparato para que las temperaturas queden dentro de la mitad superior del rango del termómetro (75% y 90%), a modo de finalmente lograr la calibración en cuatro puntos del mismo.

Enciende el agitador de que está provista cada cavidad, para que el calor se distribuya uniformemente en el aceite.

Seguidamente, introduce cuidadosamente el termómetro patrón que corresponde a las temperaturas de trabajo fijadas, en el espacio respectivo de cada cavidad hasta que su bulbo esté completamente sumergido en el aceite. De esta manera, se evita un choque térmico y se logra que el termómetro patrón indique una temperatura real pues se ha ido calentando lentamente junto con el aceite.

Deja que el aparato caliente el aceite y espera durante unos minutos mas luego de haber alcanzado la temperatura de trabajo establecida con el propósito de que ésta temperatura se estabilice.

Mientras que esto ocurre, desmonta de los equipos de la planta o bien retira de la Bodega de Repuestos y Suministros los termómetros que desea calibrar, y los lleva al Laboratorio de Instrumentos. Si el termómetro es un instrumento nuevo de la bodega, llena la respectiva requisición provisional que ampara su retiro temporal.

Ya en el laboratorio, inspecciona el termómetro verificando que se encuentra en buen estado, con todas sus partes, y que la columna de mercurio no está seccionada. Si la columna se encuentra seccionada, saca del archivo correspondiente las instrucciones sugeridas por el fabricante del termómetro para realizar ésta reparación (anexo 6), y procede a efectuarla según se le indica en éstas.

Si el termómetro se encuentra en buen estado, lo introduce cuidadosamente hasta que su bulbo se encuentre completamente sumergido en el aceite, primero en la cavidad que se encuentra a menor temperatura, y espera unos minutos hasta que su lectura se estabilice.

Luego, saca del archivo y procede a anotar la lectura del termómetro así como la respectiva lectura del termómetro patrón en la tarjeta de calibración. Si se trata de un Instrumento nuevo de la bodega a calibrar por primera vez, anota los datos del termómetro y los de su calibración en una tarjeta de control de instrumentos nueva.

Seguidamente, procede extraer cuidadosamente el termómetro a calibrar de la primera cavidad del aparato calibrador y lo coloca en la segunda cavidad, es decir, en la de mayor temperatura y se anota su lectura.

A continuación se ajustan las temperaturas de las cavidades con aceite para calibrar el termómetro en la mitad superior de su rango.

Luego, procede a anotar las lecturas del termómetro así como las respectivas lecturas de los termómetros patrón en la tarjeta de calibración.

A continuación, se ajusta la escala móvil del termómetro a modo de que en su nueva posición ésta indique con mayor exactitud las cuatro temperaturas registradas.

El error máximo aceptable es considerado como el valor mínimo en que esté dividida la escala del instrumento.

Lleva de regreso el termómetro ya calibrado al mismo equipo y/o lugar de donde fue retirado. Si pertenece a la bodega, recupera y desecha la requisición provisional correspondiente.

Una vez realizadas todas las calibraciones necesarias, procede a retirar de la unidad de calibración los termómetros patrón utilizados.

Los limpia y los guarda en su lugar correspondiente dentro del Laboratorio de Instrumentos.

Desconecta los agitadores y apaga las resistencias de la unidad de calibración.

Fuera de calibración y pérdida de vigencia de calibración por falla

Si durante la calibración el termómetro muestra algún tipo de error, el cual excede el límite de tolerancia, o si algún instrumento de la planta es reportado y llevado

a Laboratorio por presentar desajuste o mostrar lecturas dudosas, procede a efectuar el ajuste correspondiente.

Coloca el termómetro en el aparato calibrador y verifica si los ajustes logran que el termómetro funcione adecuadamente. Repite este proceso hasta que el termómetro quede dentro de la tolerancia.

Si el instrumento no puede ser ajustado, no puede regresar a servicio y es destruido.

Calibración externa

Únicamente los termómetros utilizados como estándares de referencia son calibrados externamente por una empresa contratista con procedimientos aprobados y patrones traceables hasta estándares nacionales o internacionales aprobados para este propósito.

Intervalo de calibración

Los instrumentos serán calibrados anualmente.

Almacenamiento y manejo

Este se realiza por personal capacitado. Las calibraciones se realizan en el Laboratorio de Instrumentos. Los instrumentos ya calibrados son almacenados en la bodega de repuestos y suministros proveyéndoles el cuidado necesario a su condición.

Control de condiciones de calibración

Las calibraciones son hechas en el Laboratorio de Instrumentos el cual conserva las condiciones de temperatura y humedad requeridas para tal propósito.

Trazabilidad

Los instrumentos son calibrados haciendo uso de estándares de trabajo calibrados respecto a estándares de referencia nacionales o internacionales aceptables para este propósito.

Sellado de instrumentos calibrados

En lo posible, los instrumentos son guardados en sus cajas y empaques originales a los cuales se les añade una tira de cinta autoadhesiva con el objeto de que la calibración efectuada no sea alterada.

Identificación de los instrumentos

A los instrumentos que sean calibrados por primera vez se les agregará un código representativo del mismo consistente en las iniciales, IT abreviatura de la palabra indicadores de temperatura, y a continuación de este se agregará el número correlativo según inventario.

Registros de la calibración

Se conservarán como registros la información contenida en el sistema computarizado, las tarjetas de control de instrumentos y los formatos de calibración.

Etiquetado

Una vez realizada la calibración, la etiqueta de calibración es removida y en su lugar es colocada una nueva etiqueta.

3.8 Calibración de manómetros

Alcance

La presente instrucción de trabajo es aplicable a los manómetros instalados en los equipos de la planta.

Calibración

De acuerdo al programa de calibración, procede a desmontar el manómetro a calibrar del equipo donde se encuentre instalado en la planta, o bien si se trata de uno nuevo, lo solicita al encargado de la Bodega de Repuestos y Suministros, llenando la respectiva requisición provisional. lleva el manómetro al Laboratorio de Instrumentos.

Seguidamente, saca de su caja y revisa el aparato calibrador de pesos muertos (Figura 2). Lo coloca sobre la mesa de trabajo asegurándose que está bien apoyado y nivelado sobre ésta. Verifica que tiene suficiente aceite en su depósito, y que éste se encuentre limpio.

Revisa el manómetro a calibrar (figura 1), verificando que no tiene partes faltantes, rotas o sueltas visibles. Verifica que el tubo bourdon está limpio, removiendo cualquier suciedad en éste que pueda contaminar el aceite del Aparato Calibrador.

Agrega sellador de teflón en cinta al colocar el manómetro en la conexión provista para éste en el aparato calibrador, a modo de que la presión no se pierda ni existan fugas.

Seguidamente, procede a ir agregando uno por uno los discos correspondientes al cilindro o pistón del aparato calibrador, con lo que la presión se transmite hasta el manómetro a calibrar. Dependiendo del área del pistón usado y del disco elegido, así es el valor de la presión transmitida al manómetro. Por ejemplo, si el área del pistón es de 0.05 pulgadas cuadradas y se usan los discos código WG-232, la presión transmitida es de 2 psi por cada disco WG-232 que se agregue al pistón.

O bien, si se usan los discos código WG-229, se transmite una presión de 100 psi. por cada disco agregado al pistón.

Dependiendo del rango del manómetro a calibrar, coloca uno a uno los discos necesarios para que la presión ejercida vaya coincidiendo con la lectura del manómetro en las indicaciones principales de su carátula, tomándose cuatro lecturas uniformemente espaciadas a lo largo de su rango hasta llegar al límite superior de medición del manómetro.

En el formato de calibración respectivo, va anotando el valor de cada presión ejercida por el aparato calibrador así como la lectura correspondiente registrada en el manómetro. Seguidamente, va retirando uno por uno los discos colocados en el pistón y va anotando nuevamente la presión correspondiente registrada en el manómetro.

El error máximo a tolerar en un manómetro dado depende de la división mínima que aparezca en su escala. Así, los manómetros calibrables más comunes en la planta y su respectiva precisión son: 0-30psi, 0.5psi; 0-60psi, 1psi; 0-100psi, 1psi; 0-200psi, 2psi; 0-300 psi, 1 psi; 0-600 psi, 5 psi.

Si las lecturas están dentro de la tolerancia da por terminada la calibración. Anota la fecha de la calibración y la fecha de la próxima calibración que le corresponde en su tarjeta de control. Si se trata de un instrumento que va a ser calibrado por primera vez, anota los datos del manómetro y los de su calibración en una tarjeta de control nueva.

Desmonta el manómetro del aparato calibrador y lo lleva de regreso ya calibrado al mismo equipo y/o lugar de donde fue retirado. Si pertenece a la bodega, recupera y desecha la requisición provisional correspondiente.

Luego, instala el manómetro ya calibrado en el mismo equipo y lugar de donde fue retirado el instrumento original.

Una vez realizadas todas las calibraciones necesarias, procede a retirar del pistón del aparato de calibración todos los discos que han sido utilizados, y los coloca en su lugar correspondiente dentro de la caja misma del aparato.

Revisa el aceite en el depósito del aparato calibrador verificando que no se ha contaminado por posible suciedad existente dentro de los manómetros calibrados. Si el aceite se ha contaminado, desarma y limpia la unidad, y lo reemplaza con ese mismo tipo de aceite, el cual existe almacenado en la bodega de repuestos y suministros.

En caso esté limpio, revisa el nivel del aceite en depósito del aparato calibrador y lo rellena si es necesario a modo de que quede listo para su próximo uso.

Luego, limpia y guarda el aparato para calibración en su lugar correspondiente dentro del Laboratorio de Instrumentos.

Fuera de calibración y pérdida de vigencia de calibración por falla

Si durante la calibración el manómetro muestra algún tipo de error, el cual excede el límite de tolerancia, tal como error de cero, error de margen, de linealidad; o si algún instrumento de la planta es reportado y llevado a laboratorio por presentar desajuste o mostrar lecturas dudosas, procede a efectuar el ajuste correspondiente siguiendo las instrucciones contenidas en el respectivo manual de instrumento.

Coloca el manómetro en el aparato calibrador y verifica si los ajustes logran que el manómetro funcione adecuadamente. Repite este proceso hasta que el manómetro quede dentro de la tolerancia.

Si el instrumento no puede ser ajustado, no puede regresar a servicio y es destruido.

Calibración externa

No aplica para los manómetros en sí. Únicamente el aparato calibrador de pesos muertos es calibrado externamente, por medio de instrucciones y estándares nacionales o internacionales aprobados.

Intervalo de calibración

Los instrumentos serán calibrados anualmente.

Almacenamiento y manejo

Este se realiza por personal capacitado. Las calibraciones se realizan en el Laboratorio de Instrumentos. Los instrumentos ya calibrados son almacenados en la bodega de repuestos y suministros proveyéndoles el cuidado necesario a su condición.

Control de condiciones de calibración

Las calibraciones son hechas en el Laboratorio de Instrumentos el cual conserva las condiciones de temperatura y humedad requeridas para tal propósito.

Trazabilidad

Los instrumentos son calibrados haciendo uso de estándares de trabajo calibrados respecto a estándares de referencia nacionales o internacionales aceptables para este propósito.

Sellado de instrumentos calibrados

En lo posible, los instrumentos son guardados en sus cajas y empaques originales a los cuales se les añade una tira de cinta autoadhesiva con el objeto de que la calibración efectuada no sea alterada.

Identificación de los instrumentos

A los instrumentos que sean calibrados por primera vez se les agregará un código representativo del mismo consistente en las iniciales IP, abreviatura de la palabra indicador de presión, y a continuación de éste se agregará el número correlativo según inventario.

Registros de la calibración

Se conservarán como registros la información contenida en el sistema computarizado, las tarjetas de control de instrumentos y los formatos de calibración.

Etiquetado

Una vez realizada la calibración, la etiqueta de calibración es removida y en su lugar es colocada una nueva etiqueta.

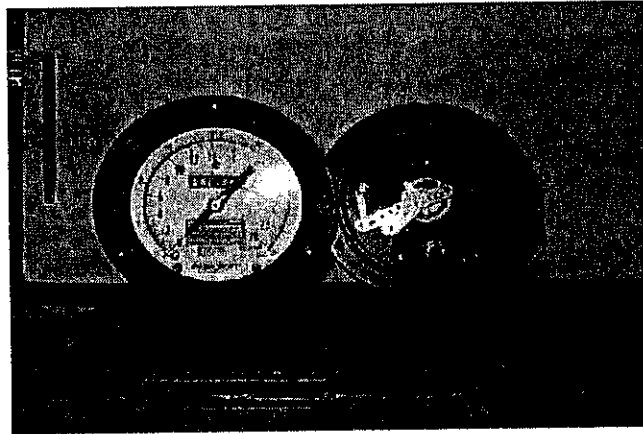


Figura 1

Manómetros marca Ashcroft de tubo bourdón

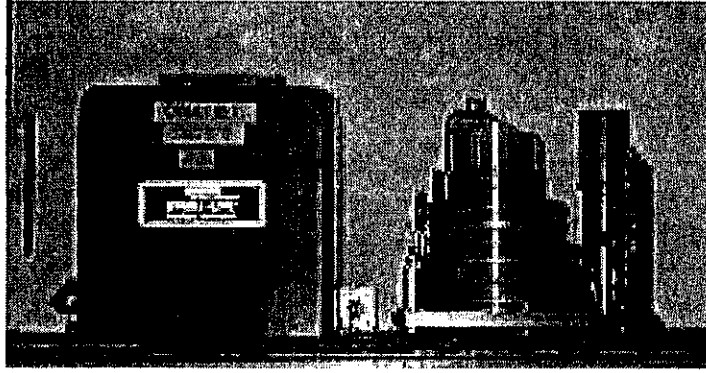


Figura 2

Manómetro de pesos muertos marca ALTEK capacidad 0-600psi

3.9 Calibración de básculas mecánicas y electrónicas

Alcance

La presente instrucción de trabajo es aplicable a las básculas al servicio del proceso de la planta.

Calibración

De acuerdo al programa de calibración, se procede a llevar las masas patrón que se van a utilizar al lugar donde se encuentra la báscula. Se elige las masas (Figura 3) a usar de acuerdo a la capacidad de la báscula indicada en el inventario, a modo de que sean suficientes para lograr cuatro lecturas intermedias uniformemente espaciadas en su rango o escala de medición, es decir a 25, 50, 75 y 100% de su capacidad de medición.

Procede a verificar que la báscula se encuentra limpia, en especial la plataforma de pesado así como el mecanismo interno de ésta. Procede a limpiar y remover toda suciedad presente. Verifica que la plataforma de pesado se encuentra bien colocada en su lugar correspondiente.

Seguidamente, verifica que la báscula se encuentra bien apoyada y sobre un piso horizontal.

En el caso de básculas mecánicas verifica que todos los pesos deslizantes de las barras frontales están en su posición de 0. Asimismo verifica que la báscula no tengan presentes piezas o elementos sueltos o fuera de su lugar. Verificar que el seguro de fijación del mecanismo interno ha sido liberado. Este seguro evita daños al equipo al ser este movido o trasladado de lugar. Si el seguro está colocado, lo retira suavemente y verifica que el mecanismo se puede mover libremente.

Verifica que la báscula indica 0 en su dial, carátula o indicador. Con sus manos, ejerce y aumenta presión suavemente sobre la plataforma de pesado verificando que la báscula no está trabada.

La aguja debe moverse lineal y suavemente, sin fricción ni trabones, hasta alcanzar el valor correspondiente a la presión ejercida.

En el caso de básculas electrónicas (Figura 4) apaga la báscula por un momento y luego la vuelve a encender. Espera unos minutos a que se estabilicen sus condiciones de operación. Verifica que la pantalla permanece iluminada, no errática, y que no muestra mensajes como "Batería", o alguna señal de alarma. Verifica que muestra un valor 0.

En básculas mecánicas la aguja debe moverse lineal y suavemente, sin fricción, ni trabones, hasta alcanzar nuevamente el valor 0. Con sus manos ejerce suavemente presión sobre la plataforma de pesado. El indicador debe mostrar un valor cambiante hasta estabilizarse en el valor correspondiente a la presión ejercida. No debe ejercer tanta presión como para sobrepasar la capacidad de la báscula.

Seguidamente, retira lentamente la presión ejercida sobre la plataforma de pesado. El indicador debe mostrar un valor cambiante hasta estabilizarse nuevamente en el valor 0.

De acuerdo a las instrucciones contenidas en el manual correspondiente a la báscula procede a efectuar la calibración.

Agrega las masas patrón correspondientes y anota los resultados de la calibración el formato de reporte.

Las básculas son seleccionadas de acuerdo al material que ha de pesarse en ellas, así como las tolerancias correspondientes. Si existe desviación de la tolerancia especificada, se efectúan los ajustes de cero, span y linealidad según sea necesario.

Las masas patrón a usarse deben ser acordes a la capacidad de pesado de la báscula y nunca exceder ésta.

Fuera de calibración

Si durante la calibración la báscula muestra algún tipo de error, el cual excede el límite de tolerancia, procede a efectuar el ajuste correspondiente siguiendo las instrucciones contenidas en el respectivo manual de instrumento.

Si no se contara con el manual o si el instrumento no puede ser ajustado se requerirá la ayuda de personal contratista especializado externo a la empresa.

Calibración externa

Tanto las masas utilizadas como estándares de referencia como las básculas cuya capacidad exceda la cantidad de masas para calibración disponibles en la planta serán calibradas externamente por proveedores aprobados quienes utilizarán procedimientos y estándares nacionales o internacionales.

Intervalo de calibración

Las básculas serán calibradas trimestralmente.

Almacenamiento y manejo

Este se realiza por personal capacitado. Las básculas que por su propio diseño pueden ser transportadas de un lugar a otro de la planta, serán tratadas con todo cuidado a modo de proteger su condición cuando este traslado sea requerido.

Control de condiciones de calibración

Las calibraciones son hechas como se describe en el procedimiento.

Trazabilidad

Las masas utilizadas como estándares de trabajo son calibradas haciendo uso de estándares de referencia calibrados a su vez frente a estándares nacionales o internacionales aceptables para este propósito.

Identificación de los instrumentos

A los instrumentos que sean calibrados por primera vez se les agregará un código representativo del mismo consistente en las iniciales BASC, abreviatura de la palabra báscula, y a continuación de éste se agregará el número correlativo según inventario.

Registros de la calibración

Se conservarán como registros la información contenida en el sistema computarizado, las tarjetas de control de instrumentos y los formatos de calibración.

Etiquetado

Una vez realizada la calibración, la etiqueta de calibración es removida y en su lugar es colocada una nueva etiqueta.



Figura 3

Masas patrón de 1 kilogramo a 1 gramo

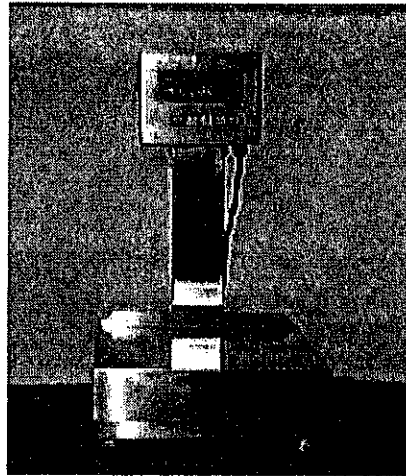


Figura 4
Báscula electrónica Metler Toledo

3.10 Calibración de graficadores y controladores de temperatura

Alcance

La presente instrucción de trabajo es aplicable a los aparatos controladores y graficadores de temperatura utilizados en la planta.

Calibración

De acuerdo al programa de calibración, se procede a revisar que el aparato a calibrar no tenga el tubo capilar ni doblado ni roto.

Se revisa detenidamente el aparato verificando que no tiene partes dañadas, dobladas, ni rotas. Se limpia según sea necesario.

Se sujeta el bulbo a la mitad de la temperatura del gráfico y se comparan las lecturas entre el graficador y el termómetro de referencia. Se ajusta el largo del eslabón conector y la posición del brazo de salida de modo que el brazo de salida y el brazo de la pluma estén paralelos, así como que se forma un ángulo recto entre el eslabón y el brazo de salida con la pluma a la mitad de la gráfica. Se sujeta el bulbo a aproximadamente el 80% de la temperatura máxima de la gráfica. Se ajusta la plumilla para que marque correctamente. Se sujeta el bulbo a 20% de la temperatura del gráfico y se ajusta la plumilla. Se sujeta el bulbo nuevamente a 80% de la temperatura máxima del gráfico y se ajusta la plumilla. Se sujeta el bulbo a la mitad de la temperatura del gráfico y se ajusta la plumilla. En el formato de calibración respectivo, se anota el valor de cada lectura.

La tolerancia o error máximo aceptable consiste en la división mínima del gráfico empleado.

Si se encontrara una diferencia, se ajusta el tornillo micrométrico hacia abajo o hacia arriba dependiendo del error encontrado. Se afloja el seguro que está sobre el pivote ajustable haciéndolo que se acerque hacia el resorte del bourdón para disminuir acción, o alejándolo para aumentar.

Se comparan nuevamente las lecturas del graficador y las del termómetro de referencia. Si alguna diferencia persiste, se repinten los ajustes de la calibración hasta que la plumilla indique correctamente, tanto en bajas como en altas temperaturas.

Cuando las lecturas están dentro de la tolerancia da por terminada la calibración. anota la fecha de la calibración y la fecha de la próxima calibración que le corresponde en su tarjeta de control.

Fuera de tolerancia

Si durante la calibración el instrumento muestra y conserva algún tipo de error que exceda el límite de tolerancia establecido, no puede regresar a servicio y es reemplazado.

Calibración externa

No aplica.

Intervalo de calibración

Los instrumentos serán calibrados anualmente.

Almacenamiento y manejo

Las calibraciones se realizan por personal técnico capacitado.

Control de condiciones de calibración

Las calibraciones se realizan según se describe en el procedimiento.

Trazabilidad

Los instrumentos son calibrados haciendo uso de estándares de trabajo calibrados respecto a estándares de referencia nacionales o internacionales aceptables para este propósito.

Identificación de los instrumentos

A los instrumentos que sean calibrados por primera vez se les agregará un código representativo del mismo consistente en las iniciales COGRAFTMP, abreviatura de las palabras controlador y graficador de temperatura, y a continuación de este se agregará el número correlativo según inventario.

Sellado de instrumentos calibrados

En lo posible, los instrumentos son guardados en sus cajas y empaques originales a los cuales se les añade una tira de cinta autoadhesiva con el objeto de que la calibración efectuada no sea alterada.

Registros de la calibración

Se conservarán como registros la información contenida en el sistema computarizado, las tarjetas de control de instrumentos y los formatos de calibración.

Etiquetado

Una vez realizada la calibración, la etiqueta de calibración es removida y en su lugar es colocada una nueva etiqueta.

3.11 Calibración de graficadores y controladores de presión

Alcance

La presente instrucción de trabajo es aplicable a los aparatos graficadores de presión utilizados en la planta.

Calibración

De acuerdo al programa de calibración, se procede a revisar que el aparato a calibrar.

Se revisa detenidamente el aparato verificando que no tiene partes dañadas, dobladas, ni rotas. Se limpia según sea necesario.

Se comparan las lecturas entre el graficador (figura 5) y el manómetro de referencia. En el formato de calibración respectivo, se va anotando el valor de cada lectura, obteniendo cuatro mediciones uniformemente espaciadas a lo largo de su rango de medición.

La tolerancia o error máximo aceptable consiste en la división mínima del gráfico empleado.

Si se encontrara una diferencia, se ajusta el tornillo micrométrico hacia abajo o hacia arriba dependiendo del error encontrado.

Se afloja el seguro que está sobre el pivote ajustable haciéndolo que se acerque hacia el resorte del bourdón para disminuir acción, o alejándolo para aumentar.

Se comparan nuevamente las lecturas del graficador y las del manómetro de referencia. Si alguna diferencia persiste, se repiten los ajustes de la calibración hasta que la plumilla indique correctamente, tanto en bajas como en altas presiones.

Cuando las lecturas están dentro de la tolerancia da por terminada la calibración, anota la fecha de la calibración y la fecha de la próxima calibración que le corresponde en su tarjeta de control.

Fuera de tolerancia

Si durante la calibración el instrumento muestra y conserva algún tipo de error que exceda el límite de tolerancia establecido, no puede regresar a servicio y es reemplazado.

Calibración externa

No aplica.

Intervalo de calibración

Los instrumentos serán calibrados anualmente.

Almacenamiento y manejo

Las calibraciones se realizan por personal técnico capacitado.

Control de condiciones de calibración

Las calibraciones se realizan según se describe en el procedimiento.

Trazabilidad

Los instrumentos son calibrados haciendo uso de estándares de trabajo calibrados respecto a estándares de referencia nacionales o internacionales aceptables para este propósito.

Identificación de los instrumentos

A los instrumentos que sean calibrados por primera vez se les agregará un código representativo del mismo consistente en las iniciales COGRAFPRES, abreviatura de las palabras controlador y graficador de presión, y a continuación de éste se agregará el número correlativo según inventario.

Sellado de instrumentos calibrados

En lo posible, los instrumentos son guardados en sus cajas y empaques originales a los cuales se les añade una tira de cinta autoadhesiva con el objeto de que la calibración efectuada no sea alterada.

Registros de la calibración

Se conservarán como registros la información contenida en el sistema computarizado, las tarjetas de control de instrumentos y los formatos de calibración.

Etiquetado

Una vez realizada la calibración, la etiqueta de calibración es removida y en su lugar es colocada una nueva etiqueta.

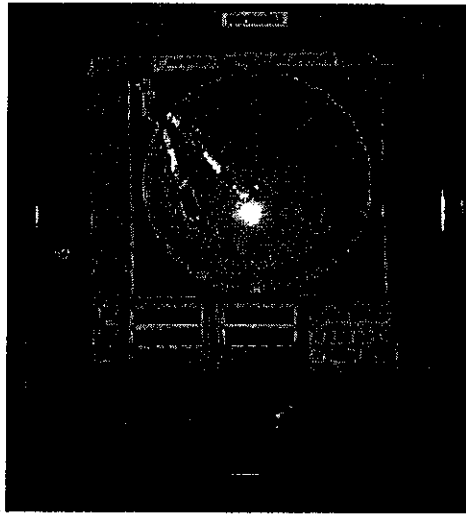


Figura 5

Graficador y controlador Taylor de presión modelo Comander 1900

3.12 Calibración de indicadores de velocidad

Alcance

Es aplicable a los indicadores de velocidad de rotación de la planta.

Calibración

De acuerdo al programa de calibración, se procede a revisar detenidamente el instrumento correspondiente verificando que esté bien conectado y que sus lecturas aparecen con claridad. Luego de esta revisión, junto con el tacómetro usado como estándar de trabajo se dispone a hacer la calibración.

En el formato de calibración respectivo, se anota el valor de las lecturas obtenidas por ambos instrumentos funcionando en paralelo, midiendo diferentes velocidades de operación de la máquina. La tolerancia de las lecturas es de +/- 1 r.p.m.

Si fuera necesario, ajuste el indicador hasta que las lecturas que muestre queden dentro de la tolerancia.

Si las lecturas están dentro de la tolerancia da por terminada la calibración. Se anota la fecha de la calibración y la fecha de la próxima calibración que le corresponde en su tarjeta de control.

Una vez realizadas todas las calibraciones necesarias, procede a guardar el instrumento de referencia en su lugar correspondiente dentro del Laboratorio de Instrumentos.

Fuera de tolerancia y pérdida de vigencia de calibración por falla

Si durante la calibración el indicador muestra diferencias o error, el cual excede el límite de tolerancia; o si algún instrumento de la planta falla o es reportado al laboratorio por presentar desajuste o mostrar lecturas dudosas, se procede a efectuar la calibración correspondiente.

Si es comprobado que el instrumento se encuentra fuera de tolerancia y no puede ajustarse o corregirse, no puede regresar a servicio y es reemplazado.

Calibración externa

Únicamente el tacómetro utilizado como estándar de referencia es calibrado externamente atendiendo procedimientos y patrones nacionales o internacionales aprobados.

Intervalo de calibración

Los instrumentos serán calibrados semestralmente.

Almacenamiento y manejo

Las calibraciones se realizan por personal capacitado quien dará a los instrumentos el cuidado necesario a su condición.

Control de condiciones de calibración

Las calibraciones son hechas según se explica en el procedimiento

Trazabilidad

Los instrumentos son calibrados haciendo uso de estándares de trabajo calibrados respecto a estándares de referencia nacionales o internacionales aceptables para este propósito.

Identificación de los instrumentos

A los instrumentos que sean calibrados por primera vez se les agregará un código representativo del mismo consistente en las iniciales INDVE, abreviatura de las palabras

indicador de velocidad, y a continuación de éste se agregará el número correlativo según inventario.

Registros de la calibración

Se conservarán como registros la información contenida en el sistema computarizado, las tarjetas de control de instrumentos y los formatos de calibración.

Etiquetado

Una vez realizada la calibración, la etiqueta de calibración es removida y en su lugar es colocada una nueva etiqueta.

3.13 Calibración de graficadores de humedad

Alcance

La presente instrucción de trabajo es aplicable a los graficadores de humedad y temperatura Omega modelo CT485B-110V-G-AL (Figura 7) utilizados en los laboratorios físico, químico y de instrumentos de la planta.

Calibración

De acuerdo al programa de calibración, se procede a verificar detenidamente la condición del instrumento correspondiente y se toman algunas lecturas. Luego de esta revisión, junto con el equipo usado como estándar de referencia se dispone a hacer la calibración.

Cambio de los códigos de calibración

Los códigos de calibración pueden ser cambiados por varias razones:

- * Los códigos del sensor y del graficador no son iguales.
- * Un sensor de repuesto ha sido instalado y los códigos de calibración deben ser cambiados.
- * Se desea que el graficador muestre lecturas más cercanas a las de otro instrumento.
- * Desea efectuarse una recalibración, para lo cual se siguen los pasos indicados más adelante.

Para cambiar los códigos de calibración:

- 1.- Abra la puerta del panel de control del graficador
- 2.- Ponga el interruptor de encendido en la posición OFF (0)
- 3.- Presione y mantenga presionado el botón SET mientras pone el interruptor de encendido en ON. Este botón es uno de los tres botones de alarma. Después de escuchar un sonido beep, se verá en la pantalla -188 y luego aparecerá CH.
- 4.- En este momento, libere el botón SET. Un código de calibración de dos caracteres deberá aparecer ahora en la pantalla con el primer carácter parpadeando. Este código de calibración deberá coincidir con el código del sensor.
- 5a.- Si el primer carácter es correcto, oprima el botón SET y vaya al paso 6.

- 5b.- Si el primer carácter no es correcto, presione el botón HIGH para incrementar el valor del carácter o el botón LOW para disminuir el valor del carácter. Cuando este carácter esté correcto, presione el botón SET.
- 6.- El segundo carácter deberá estar ahora parpadeando. Si no, presione el botón SET hasta que lo haga.
- 7a.- Si el segundo carácter del código de calibración de humedad está correcto, presione el botón SET y vaya al paso 8.
- 7b.- Si el segundo carácter no es correcto, presione el botón HIGH para aumentar el valor del carácter o el botón LOW para disminuir el valor del carácter. Cuando este carácter esté correcto, presione el botón SET.
- 8.- Un solo carácter de código de calibración de temperatura deberá estar parpadeando en la pantalla. Si no, presione el botón SET otra vez.
- 9a.- Si el código de temperatura es correcto, oprima el botón SET y vaya al paso 10.
- 9b.- Si el código de temperatura no es correcto, presione el botón HIGH para aumentar el valor del carácter o el botón LOW para disminuir el valor del carácter. En este momento, se verán los códigos de temperatura y humedad en la pantalla tal como se ingresaron. De esta manera, puede verificarse que se ingresaron correctamente.
- 10.- La unidad deberá ejecutar la secuencia de encendido. Si no lo hace, presione el botón SET hasta que lo haga. Mientras la unidad ejecuta la secuencia de encendido, observe la pantalla para ver que los códigos de calibración son los que deben ser y que han sido ingresados correctamente.

- 11.- Si cualquier código de temperatura o humedad es incorrecto, repita los pasos 1-10. Después de hechos los cambios, asegure la puerta del panel de control si es necesario.

- 12.- Si se han alterado los códigos de temperatura o humedad para hacer que las lecturas del graficador coincida con las de otro aparato, o si se ha hecho la recalibración del instrumento, el código del sensor deberá ser cambiado para mostrar los cambios hechos al graficador. Para recalibrar, siga los pasos siguientes.

Calibración al 33%

- a. Se conecta el sensor del aparato a la cámara de humedad relativa conteniendo primero la solución de calibración al 33% de humedad usando cloruro de magnesio saturado, utilizando para esto también el cable de extensión del sensor.

- b. Después que la lectura del sensor alcanza el equilibrio (luego de una hora), tome una lectura.

Caso 1: la lectura al 33% es muy baja por n cuentas, así que disminuya el código de humedad por n cuentas.

Ejemplo 1: la lectura obtenida es de 31%. El error es de -2 porque 31 es dos cuentas menor que 33%. El código inicial de humedad de 87 (en este ejemplo) debe ser reducido a 67 (-2 cuentas).

Caso 2: la lectura al 33% es muy alta por n cuentas, así que aumente el código de humedad por n cuentas.

Ejemplo 2: se obtiene una lectura de 37%. El error es +4 debido a que 37 es 4 cuentas mas alto que 33%. El código inicial de humedad de 65 en este ejemplo debe ser incrementado a A5 (+4 cuentas; A sigue después de 9).

c. Cambie el primer dígito antes de proceder al siguiente paso, debido a que un cambio en el primer dígito afecta las lecturas a lo largo del rango. Siga la parte descrita al comienzo para fijar los códigos de calibración en el graficador. Luego, rechequee que la lectura es 33. Si no lo es, ajuste el primer dígito del código nuevamente. Luego de presionar el botón SET, el segundo dígito comenzará a parpadear.

d. Seguidamente, coloque el sensor en el medio salino de 75% usando NaCl.

e. Luego de que el sensor se estabiliza (después de 1 hora), tome una lectura (el segundo dígito mostrado puede haber cambiado).

f. Siga los pasos para calibración al 75%.

Calibración al 75%

Caso 1: la lectura al 75% es muy baja por n cuentas, así que disminuya el código de humedad por n cuentas.

Ejemplo 1: la lectura obtenida es de 72%. El error es de -3 porque 72 es tres cuentas menor que 75%. El código inicial de humedad de 67 (del Caso 1: ejemplo 1 en la sección previa) debe ser reducido a 64 (-3 cuentas)

Caso 2: la lectura al 75% es muy alta por n cuentas, así que aumente el código de humedad por n cuentas.

Ejemplo 2: se obtiene una lectura de 76%. El error es +1 debido a que 76 es 1 cuenta mas alta que 75%. El código inicial de humedad de A5 (del Caso 2: ejemplo 2 de la sección previa) debe ser aumentado a A6 (+1 cuenta).

Al cambiar el segundo dígito no se afecta las lecturas al 33% y menores. Revise para ver que la lectura es 75. Si no, ajuste el segundo dígito del código otra vez. Siga la parte descrita a continuación para terminar el proceso de calibración.

Calibración de las lecturas de temperatura

Para calibrar la temperatura, fije el instrumento en °F (no use °C) y coloque el sensor en un medio conocido y estable entre 60°F y 90°F. Lea la pantalla después de permitir que el sensor alcance el equilibrio después de 15 minutos de calentamiento.

Si la lectura es muy baja por n cuentas, disminuya el código de temperatura (código siguiendo la letra T) por n cuentas. Si la lectura es muy alta por n cuentas, aumente el código de temperatura por n cuentas.

Al cambiar el código de temperatura no se afectará la calibración de humedad.

La tolerancia de las lecturas es de +/- 1°C entre -17° y 49°C; y de +/- 3% a 25°C entre 20% y 90% del rango; +/-5% a menos de 20%, sobre 90% a 25°C.

Si las lecturas están dentro de la tolerancia se da por terminada la calibración. Se anota la fecha de la calibración y la fecha de la próxima calibración que le corresponde en su tarjeta de control.

Una vez realizadas todas las calibraciones necesarias, se procede a guardar el equipo de referencia en su lugar correspondiente dentro del Laboratorio de Instrumentos.

Fuera de tolerancia y pérdida de vigencia de calibración por falla

Si durante la calibración el registrador muestra diferencias o error, el cual excede el límite de tolerancia; o si algún instrumento de la planta falla o es reportado al laboratorio por presentar desajuste o mostrar lecturas dudosas, se procede a efectuar la calibración correspondiente.

Si es comprobado que el instrumento se encuentra fuera de tolerancia y no puede ajustarse, no puede regresar a servicio y deberá ser reemplazado.

Calibración externa

Únicamente el instrumento utilizado como estándar de referencia es calibrado externamente atendiendo procedimientos y patrones nacionales o internacionales aprobados.

Intervalo de calibración

Los instrumentos serán calibrados cada semestralmente.

Almacenamiento y manejo

Las calibraciones se realizan en el Laboratorio de Instrumentos por personal capacitado quien dará a los instrumentos el cuidado necesario a su condición.

Control de condiciones de calibración

Las calibraciones son hechas según se explica en el procedimiento.

Trazabilidad

Los instrumentos son calibrados haciendo uso de estándares de trabajo calibrados respecto a estándares de referencia nacionales o internacionales aceptables para este propósito.

Identificación de los instrumentos

A los instrumentos que sean calibrados por primera vez se les agregará un código representativo del mismo consistente en las iniciales GRAFH, abreviatura de las palabras graficador de humedad, y a continuación de éste se agregará el número correlativo según inventario.

Registros de la calibración

Se conservarán como registros la información contenida en el sistema computarizado, las tarjetas de control de instrumentos y los formatos de calibración.

Etiquetado

Una vez realizada la calibración, la etiqueta de calibración es removida y en su lugar es colocada una nueva etiqueta.

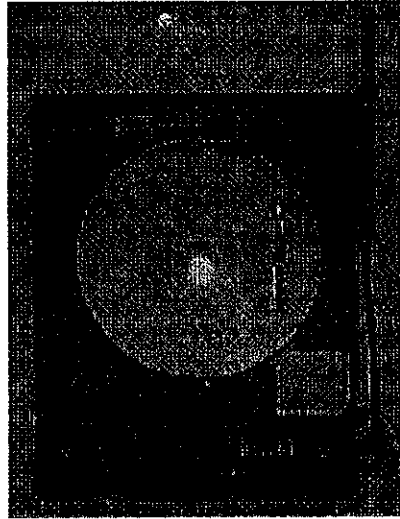


Figura 6

Graficadores de humedad y temperatura Omega modelo CT485B-110V-G-AL

3.15. Manejo de desechos de instrumentos fuera de calibración y obsoletos

Todo desecho proveniente de instrumentos debe ser clasificado y entregado al departamento de subproductos o departamento encargado de los desechos de la fábrica, y éstos deben venderse o llevarse a los lugares encargados del reciclaje de los mismos en el caso del vidrio y los diferentes elementos metálicos. En el caso de elementos contaminantes como el mercurio proveniente de termómetros se debe almacenar en un recipiente sellado en el laboratorio de instrumentos en un lugar fuera de peligro de derrames del recipiente, y periódicamente donarlo a universidades para ser utilizado por estudiantes, pues el mercurio es un alto contaminante.

4. MODELO DE APLICACIÓN

Tomando como base para el desarrollo del modelo de aplicación una fábrica de neumáticos el modelo de aplicación se detalla a continuación:

4.1 Relación entre laboratorio de metrología y otros departamentos

El Departamento de Metrología debe tener relación con otros departamentos para aplicar con eficacia el sistema, entre estos departamentos están:

Departamento de Ingeniería

El Laboratorio de Metrología o de instrumentos tiene una relación muy estrecha con el Departamento de Ingeniería el cual está encargado de bodega de suministros y repuestos, mantenimiento y laboratorio de metrología.

- **Laboratorio de Metrología y Mantenimiento:** es importante remarcar que la función del Departamento de Calibración de Instrumentos se concreta a una función de apoyo cuando existan dudas en el funcionamiento de instrumentos y no participando de manera directa en el mantenimiento de los mismos.

- **Laboratorio de Metrología y bodega de suministros y repuestos:** en este caso existe mucha relación con la bodega de suministros y repuestos y es fundamental para el correcto funcionamiento del sistema, pues aquí es el punto más crítico cuando el sistema ya está en marcha; bodega de suministros y repuestos debe notificar al laboratorio de metrología el ingreso de nuevos instrumentos para su calibración, así como establecer como norma que no se entregarán instrumentos utilizados para la medición de la calidad

si no están certificados por el laboratorio de metrología, también debe establecer la forma de entrega de instrumentos por parte de bodega a mantenimiento por reparación o para nuevos proyectos para que así el laboratorio de metrología lleve el control de ubicación y calibración (Anexo 4). Es importante que la bodega de suministros y repuestos tenga una norma para el buen almacenaje y resguardo los equipos o instrumentos ya calibrados contra golpes, temperatura, humedad y mala manipulación.

Departamento de calidad

Establece las especificaciones de trabajo basadas a normas nacionales o internacionales y basadas en estas el laboratorio de metrología debe establecer si los instrumentos existentes dentro de la planta de manufactura los cumplen o no, y así notificar de la evaluación al Departamento de Calidad para entrar en un consenso sobre la decisión que medidas se tomarán si no cumplieran con lo requerido.

Departamento de Producción

El Departamento de Producción es de principal importancia para poder ejecutar el sistema se debe trabajar conjuntamente con este Departamento, pues en ocasiones se deben parar equipo de producción para la calibración de sus instrumentos, o bien se coordina con ellos algún tiempo muerto de la máquina. Lográndose la calibración de los equipos por parte del laboratorio de metrología y la certeza de su funcionamiento por parte del Departamento de Producción. Para poder establecer un método con producción para solicitar un equipo se utiliza un formato que permite llegar a un acuerdo con el Departamento de Producción (Anexo 5).

Departamento de Compras

El Departamento de Compras juega un papel muy importante con el Laboratorio de Metrología pues debe coordinar con el Ingeniero a cargo del sistema de calibración de instrumentos sobre las decisiones de compra de nuevos equipos de instrumentación para la planta, si éstos cumplen con las especificaciones, rangos y precisión necesaria requerida por el Departamento de Calidad y Producción, pues si estos no lo son no pueden entrar en funcionamiento dentro de la planta y al ser adquiridos se convierten en un gasto innecesario.

4.2 Revisión del plan de trabajo

Existen varias formas en las cuales se puede llevar el control del sistema y dos de estas son:

4.2.1 Anual

Se hace un inventario anual de todos los instrumentos por medio del sistema en la computadora ordenándolos en forma ascendente desde las fechas de vencimiento de la más próxima a las más lejanas.

4.2.2 Mensual

Se utiliza de la misma forma que el plan anual, solamente que la revisión mensual permite llevar un mejor control sobre los instrumentos. Para ayuda de la revisión mensual se puede realizar un cronograma por instrumento o máquina para tener una forma más fácil, y este puede colocarse en una pizarra para que el personal tenga presente los vencimientos próximos a parte del sistema de la computadora que en ciertas ocasiones se vuelve un poco tedioso.

4.3 Sistema de calibración

El sistema de calibración da inicio cuando ya se posee el listado de equipo de instrumentos dentro de la planta que monitorean o controlan procesos que afectan a la calidad. Existen muchas formas para iniciar el sistema de calibración de instrumentos y entre estas:

4.3.1 Inicio a cero

En base a esto se inicia la calibración de los instrumentos comenzando con aquellos con los que se posea instrumentos patrón de trabajo.

4.3.2 Por máquina

En esta forma se dividen los equipos de instrumentos por máquina y se calibra todos los instrumentos de la máquina para que tenga en su mayoría de instrumentos una misma fecha de vencimiento de calibración. Los registros se guardan en archivos por máquina.

4.3.3 Por departamento

Es similar al de calibración por máquina sólo en este caso se dividen los instrumentos por departamento. Los registros se guardan en archivos por departamento.

4.3.4 Por instrumento

Se hace la clasificación de los diferentes tipos de instrumentos. Luego se inicia primero la calibración de un tipo de instrumento y hasta que este se termina se inicia con el siguiente. Los registros de los mismos se guardan en archivos por tipo de instrumento.

4.3.5 Primer ciclo

Luego de la primera calibración de los instrumentos se debe iniciar un programa escalonado de calibración de los instrumentos, para evitar el recargo de trabajo por el vencimiento de instrumentos en gran cantidad, la mejor forma es la calibración por máquina ya que de esta forma se puede programar la calibración de la misma conjuntamente con del departamento de producción en algún tiempo muerto del equipo, ahorrando en tiempo de detención del equipo por calibración y una disminución en el costo de horas extras de la persona encargada de las calibraciones.

4.4 Preauditorías al sistema de calidad

El ingeniero encargado del sistema de calibración de instrumentos junto al auditor interno del sistema de calidad deben evaluar las posibles fallas en el sistema, pues es más fácil que una persona fuera del sistema encuentre fallas y así aplicar las medidas correctivas necesarias para su mejor funcionamiento.

4.5 Inducción continua a mecánico de instrumentos

El mecánico de instrumentos debe estar siempre informado sobre las modificaciones a instrucciones de trabajo, así como la capacitación en nuevas técnicas de calibración y conocimientos de nuevos equipos para poder desarrollar de mejor forma su función.

5. MEJORAMIENTO CONTINUO

5.1 Revisión y modificación de procedimientos

Los procedimientos de trabajo y las instrucciones deben revisarse frecuentemente por el ingeniero a cargo del sistema de calibración de instrumentos. Dentro del mejoramiento continuo se deben revisar las especificaciones de trabajo periódicamente dentro de la planta para verificar que no hayan existido modificaciones que pueden afectar alguna instrucción de trabajo. Ej.: cambio de técnica o nuevo equipo de mayor precisión.

5.2 Auditorías al sistema de calidad

Las auditorías al sistema de calidad son efectuadas por personal externo de la empresa, el cual evaluará el sistema en su totalidad desde procedimientos hasta las instrucciones, tanto escrita, como la efectuada dentro de la planta.

5.2.1 No conformidad

La no conformidad es dictada por el auditor del sistema de calidad y es una falta al sistema de calibración de instrumentos, ésta puede ser por no efectuar una calibración, no efectuar una calibración en la fecha establecida, detección de fallas en las instrucciones de trabajo como no concordancia con las frecuencias de calibraciones, los rangos de calibración y alcance de las mismas.

5.2.2 Razón de la no conformidad

Se debe explicar la razón de la no conformidad, las causas que originan la no conformidad y las posibles consecuencias de la misma en el proceso de calidad.

5.2.3 Plan de acción

En base a la no conformidad se establece un plan de acción el cual tendrá como objetivo eliminar la no conformidad y sus causas en una fecha establecida donde la persona encargada se compromete a solventar este problema. Es importante al establecer el plan de acción que la fecha establecida sea real y no una fecha que no podamos cumplir.

5.2.4 Evidencias

En la fecha estipulada el auditor del sistema de calidad pedirá un informe del plan de acción ejecutado y éste se presentará con las evidencias que demuestren que está solventado o si está en proceso para el mismo.

5.3 Implementación continua del sistema

Para que un sistema sea efectivo siempre debe estar mejorando continuamente y la forma de realizarlo es buscando y analizando las posibles fallas. Basados en estas posibilidades debemos buscar métodos más efectivos, que nos presenten soluciones simples y no muy complicadas. El entrenamiento continuo del personal encargado del sistema brindará un soporte más al sistema pues ellos son los que pueden aportar más ideas al mejoramiento del sistema. Las experiencias que se irá obteniendo en el proceso de colocar en marcha y ya en funcionamiento el sistema nos ayudarán a adecuar los procedimientos e instrucciones a nuestros recursos y necesidades.

5.4 Ingreso de nuevos instrumentos al sistema

En toda industria existe proceso de modernización y el sistema debe estar atento al ingreso de nuevos equipos o modificaciones a los actuales para realizar modificaciones a las instrucciones ya existentes o a la introducción de nuevas instrucciones para que quede dentro del sistema el nuevo instrumento.

6. CONCLUSIONES

1. Durante el proceso de investigación de la tesis se evidenció que en la industria guatemalteca los equipos de medición y ensayo utilizados en la mayoría de procesos industriales, es posible agruparlos en cuatro categorías: masa, longitud, temperatura y electricidad.
2. La selección de equipos de medición y ensayo basa su exactitud en el tipo de especificación del proceso y del producto.
3. Las frecuencias de calibración deben programarse con base a las sugerencias del fabricante, así como la evaluación del medio ambiente en el que se ubica el instrumento.
4. La forma de calibrar el equipo y los instrumentos, dependerá de las instrucciones del fabricante y de los medios con que se cuente dentro de la industria, pero esta tesis puede servir de guía para dicho fin.
5. El perfil del técnico profesional de calibración de instrumentos debe contar con conocimientos de instrumentación eléctrica e instrumentación mecánica.
6. Entre los factores críticos de operación, los de mayor importancia son: vibración, susceptibilidad a impactos y fuera de rango de trabajo; así también calor, humedad y falta de capacitación del personal.

7. La forma ideal de realizar los procesos de calibración de instrumentos es a través de laboratorios con condiciones climáticas controladas de temperatura y humedad.

7. RECOMENDACIONES

1. Para iniciar el sistema de identificación de los equipos o instrumentos que estarán dentro del procedimiento de calibración de instrumentos, se deben enumerar aquellos que controlen puntos críticos dentro del proceso que afectan a la calidad del producto.
3. Para el registro de los datos de calibración deben utilizarse formatos que en forma sencilla puedan llenarse y así facilitar el control de la información. Para este fin, pueden utilizarse los formatos que en la tesis fueron diseñados.
4. Es de vital importancia crear formas de cómo la bodega deba resguardar los instrumentos para evitar el daño a los mismos que invalida la calibración efectuada y los deterioran.
5. Las frecuencias de calibración pueden ser modificadas en rangos mayores o menores de tiempo, siempre y cuando éstos no sobrepasen el tiempo recomendado por las normas internacionales o las establecidas por el fabricante

8. BIBLIOGRAFÍA

1. International Standard Organization. "ISO 9002 Quality Systems – Model for quality assurance in final inspection and testing", 1994.
2. "Politics OIML (Organization International Metrology Legal)", 1995.
3. ICAITI. **Manuales de calibración de instrumentos.** Guatemala , 1994.
4. Decanini, Alfredo Elizondo. **Manual de aseguramiento metrológico industrial.** México: Editorial Castillo, 1997

Anexo 2

Fig. 8 Tarjeta de control

TARJETA DE CONTROL				
Instrumento	Marca	Rango	Calibración	# Inventario
Fecha	Descripción			Observaciones

Anexo 3

Fig. 9 Formato de calibración de instrumentos

FORMATO DE CALIBRACION DE INSTRUMENTOS			
Instrumento:	No.	Depto.	Temp. °C RH %
¿Quién calibró?	Fecha de calibración / /		Próxima calibración / /
Rango	Precisión		Error aceptable
Lecturas			
Iniciales	Patrón	Finales	
			Error encontrado

Anexo 4

Fig. 10 Solicitud de instrumentos a bodega

Solicitud de instrumentos a bodega

Instrumento

Manómetro

0-30 Psi	0-60 Psi	0-100 Psi	0-200 Psi	0-600 Psi	0-1000 Psi	Otros Rango	_____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Termómetro

40 - 120 °C	40 - 205 °C	Otros Rango	_____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Otros

Instrumento _____

Rango

Máquina a instalar

Bodega entrega instrumento # inventario

Se entregó a bodega instrumento # inventario

Departamento

Mecánico

Anexo 5

Fig. 11 Formato de solicitud de equipo por Laboratorio de Instrumentos

Formato de solicitud de equipo Laboratorio de Instrumentos	
Equipo solicitado	Fecha solicitada
Departamento	Tiempo estimado
Motivo de calibración	
Abrobación	
Fecha aprobada	Tiempo aprobado
Observaciones	
Gerente de ingeniería	
Gerente de producción	

Anexo 6

Instrucciones para rejuntar separaciones de líquido en termómetros de vidrio. Miller & Weber, Inc.

Todos nuestros termómetros de precisión están cerrados en nitrógeno bajo una extremadamente alta presión mientras se introduce el mercurio en la porción más baja del capilar. Este proceso, cuando es acompañado de un tubo lavado en ácido y mercurio triplemente destilado, aunque costoso, reduce grandemente la frecuencia de las separaciones en la porción capilar del termómetro. Sin embargo, debido a mal uso, o por trato rudo durante su transporte, ocurren separaciones.

Muchas instrucciones para rejuntar separaciones comienzan con *"El Mercurio puede ser retraído dentro del bulbo al sumergirlo en una mezcla adecuada de hielo seco y alcohol..."*. Esta afirmación no es suficientemente específica. Nosotros le recomendamos determinar el tipo de separación a partir de las ilustraciones proporcionadas y proceder de acuerdo a las instrucciones detalladas con cada una.

Separación en la parte superior de la columna de mercurio

La mayoría de los termómetros bien contruidos contienen una cámara de expansión o burbuja en el extremo superior del capilar. Ésta cámara sirve para un doble propósito. Uno, para acomodar un sobre flujo de mercurio cuando el termómetro es sometido a temperaturas que exceden el rango de su escala y dos, como medio para rejuntar este tipo de separación. Mientras sujeta el instrumento en una posición exactamente vertical, caliente lentamente el bulbo hasta que los segmentos separados y una porción de la columna principal (intacta) entren en la cámara. (Debe tenerse gran cuidado para asegurar que el mercurio no llene más de la mitad o hasta tres cuartas partes del volumen de la cámara. De lo contrario, se romperá el bulbo. La presión del nitrógeno forzará el rejuntamiento del mercurio.

Sosteniendo aún el termómetro verticalmente, examine la columna mientras ésta se enfría y contrae para asegurarse de que está intacta.

Separación en la cámara de contracción

La separación del mercurio en la cámara de contracción es un problema enteramente diferente. Muchos termómetros contienen rangos de escala que comienzan bien arriba de la temperatura ambiente, como de 98 a 152°C con divisiones de 0.2. Estos termómetros están provistos de una cámara o agrandamiento que previene que el mercurio entre al bulbo a temperaturas ambiente. Una fuerte sacudida del instrumento puede causar una separación en esta cámara.

El procedimiento para rejuntrar este mercurio es relativamente simple si el mercurio separado está en la forma de una partícula (pequeña cantidad) invierta el termómetro y dele unos golpecitos suavemente contra la palma de la mano. Esto causará una mayor separación, agregando un volumen y peso adicionales a la porción separada. El termómetro debe entonces enderezarse y sujetarse firmemente en la mano con el bulbo hacia afuera y con el brazo extendido en un ángulo de 270 grados. El termómetro debe entonces ser girado junto con el brazo al balancear éste a lo largo de un arco desde 270 a 180 grados. La fuerza centrífuga generada de esta manera rejuntrará el mercurio separado con la porción principal. Si la separación original consistiera en un volumen grande, sólo el último paso de balanceo deberá ser seguido.

Muchos termómetros contienen una escala de rango bien abajo de la temperatura ambiente (tal como el ASME 43F de -61 a -29°F) e incorporan una cámara similar arriba de la porción de la escala principal para permitir la expansión del mercurio a las temperaturas del ambiente. El principio de la separación y reparación son exactamente como el anterior y las instrucciones anteriores deben ser seguidas.

Separación en la porción inferior de la columna

Separaciones de este tipo son menos frecuentes y más difíciles de reparar. Hay muchas más variables y ninguna explicación cubrirá todos los tipos de termómetros.

El procedimiento general es sujetar sólo el bulbo a una temperatura suficiente para retraer todo el mercurio dentro del bulbo. Un lento y cuidadoso regreso a la temperatura del ambiente devolverá una columna intacta. Nuestra experiencia ha mostrado que problemas adicionales pueden ser causados en éstos procedimientos y nosotros apuntamos las siguientes precauciones:

Debe tenerse mucho cuidado in el caso en que un termómetro en el cual el rango es tal que en el punto de congelación del mercurio -38.8°C (casi lo mismo en $^{\circ}\text{F}$), aún queda mercurio en el capilar. Si el termómetro es devuelto rápidamente a la temperatura ambiente después del congelamiento, existe la posibilidad de que el bulbo se raje. Este agrietamiento es causado por el mercurio descongelándose en el capilar más lentamente que el mercurio en el bulbo creando por consiguiente un impase a la expansión del mercurio. Para evitar éste rompimiento, debe tenerse mucho cuidado para permitir que el mercurio en el bulbo se licúe al mismo ritmo que el mercurio en el capilar.

Cuando el termómetro se deja regresar a temperatura ambiente, debe tenerse extremo cuidado para asegurar que el termómetro no sea agitado o colocado al más mínimo ángulo mientras que el gas nitrógeno y luego el mercurio vuelven dentro del capilar. Si no se toma este cuidado, el mercurio entrará al capilar antes que todo el gas. Esto causará que burbujas de gas se formen en el bulbo y a su vez cause considerable inexactitud la cual puede ser indetectable cuando el termómetro sea puesto en servicio. Si acaso esto ocurre, el instrumento debe ser devuelto para reparación.