



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Gestión Industrial

**MODELO DE METROLOGÍA PARA UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE BALANZAS,
CONFORME LA NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA NTG/ISO/IEC 17025:2017,
REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE
ENSAYO Y CALIBRACIÓN**

Inga. Ingrid Irene Monge López

Asesorada por la Mtra. Licda. Dalia Mercedes Larissa García Gutiérrez

Guatemala, junio de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MODELO DE METROLOGÍA PARA UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE BALANZAS,
CONFORME LA NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA NTG/ISO/IEC 17025:2017,
REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE
ENSAYO Y CALIBRACIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

INGA. INGRID IRENE MONGE LÓPEZ
ASESORADO POR LA MTRA. LICDA. DALIA MERCEDES LARISSA GARCÍA
GUTIÉRREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
MAESTRA EN ARTES EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, JUNIO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

JURADO EVALUADOR QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE DEFENSA

DECANO	Mtro. Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Alvarez Cotí
EXAMINADORA	Dra. Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola
EXAMINADORA	Mtra. Inga. Carola Berioska García García
SECRETARIA	Mtra. Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**MODELO DE METROLOGÍA PARA UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE BALANZAS,
CONFORME LA NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA NTG/ISO/IEC 17025:2017,
REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE
ENSAYO Y CALIBRACIÓN**

Tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 14 marzo de 2016.


Inga. Ingrid Irene Monge López

Ref.APT-2019-014

En mi calidad como 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 Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación de la Maestría en Artes en Gestión Industrial titulado: "MODELO DE METROLOGÍA PARA UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE BALANZAS, CONFORME LA NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA NTG/ISO/IEC 17025:2017, REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN" presentado por la Ingeniera Industrial Ingrid Irene Monge López quien se identifica con Carné 200010929, procedo a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

"Id y Enseñad a Todos"

Maestro. Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, junio de 2019.

Cc: archivo/L.Z.L.A.

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y verificar la aprobación del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado **“MODELO DE METROLOGÍA PARA UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE BALANZAS, CONFORME LA NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA NTG/ISO/IEC 17025:2017, REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN”** presentado por la Ingeniera Industrial **Ingrid Irene Monge López** quien se identifica con Carné 200010927, correspondiente al programa de Maestría en Artes en Gestión Industrial; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Maestro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, junio de 2019.


Cc: archivo/L.Z.L.A.

Ref.APT-2019-014

Como Coordinadora de la Maestría en Artes en Gestión Industrial doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado **"MODELO DE METROLOGÍA PARA UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE BALANZAS, CONFORME LA NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA NTG/ISO/IEC 17025:2017, REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN"** presentado por la Ingeniera Industrial Ingrid Irene Monge López quien se identifica con Carné 200010927.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Doctora. Ing. Alba Maritza Guerrero Spínola
Coordinador(a) de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, junio de 2019.

Cc: archivo/L.Z.L.A.

Ref.APT-2019-014

En mi calidad como Asesora de la Ingeniera Industrial **Ingrid Irene Monge López** quien se identifica con carné No. **200010927** procedo a dar el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado **"MODELO DE METROLOGÍA PARA UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE BALANZAS, CONFORME LA NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA NTG/ISO/IEC 17025:2017, REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN"** quien se encuentra en el programa de Maestría en Artes en Gestión Industrial en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Maestra. Licda. Dalia Mercedes Larissa García Gutiérrez
Asesor(a)

Lcda. Dalia García Gutiérrez M. Sc.
Colegiado No. 12,411

Guatemala, junio de 2019.

Cc archivo/L.Z.L.A.

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme vida y sabiduría, pues sin su ayuda este momento no fuera posible.
Mis padres	Violeta López de Monge, por su amor y apoyo incondicional para alcanzar mis metas y René Monge, aunque esté en cielo, su amor será siempre mi inspiración.
Mis hermanos	Oswaldo y Edgar Monge López, por el apoyo incondicional y ser una importante influencia en mi carrera.
Mis sobrinas y cuñada	Por su cariño y apoyo.
José Luis Méndez	Por su cariño, apoyo y comprensión.
Amigos	Por su amistad incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios, a la cual le debo todos mis conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por su aporte en mi formación profesional.
Escuela de Estudios de Postgrado	Por complementar mi formación profesional, en la integración de la teoría con la práctica.
Maestra Dalia García	Por su asesoría en el planteamiento de la investigación.
Doctora Alba Guerrero	Por su asesoría para finalizar este trabajo de investigación
Maestro Edgar Alvarez	Por todo su apoyo y brindarme su asesoría para finalizar este trabajo de investigación
Doctora Aura Marina de Peña	Por el asesoramiento metodológico para el logro de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XIII
OBJETIVOS	XVII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Metrología	1
1.1.1. Calibración	2
1.1.2. Balanza	3
1.1.3. Ajuste	4
1.1.4. Resolución (d).....	5
1.1.5. Intervalo de escala de verificación (e).....	6
1.1.6. Número de intervalos de escala de verificación (n).....	7
1.1.7. Incertidumbre	7
1.2. Métodos de calibración	8
1.2.1. Calibración por comparación directa con un patrón	9
1.2.1.1. Linealidad	10
1.2.1.2. Excentricidad	11
1.2.1.4. Discriminación	13

1.2.2.	Patrón	13
1.2.3.	Trazabilidad	13
1.2.4.	Fuente de trazabilidad	14
1.2.5.	Certificado de calibración	14
1.2.6.	Laboratorio de calibración	14
1.3.	Norma	15
1.3.1.	Norma Técnica Guatemalteca NTG/ISO/IEC 17025:2017	15
1.3.2.	OIML R 111-1:2004 E.....	16
1.3.2.1.	Clases de exactitud de instrumentos de pesaje	17
1.3.2.2.	Clasificación de los instrumentos.....	18
1.3.2.3.	Error máximo permitido	19
1.3.2.4.	Error.....	20
1.4.	Herramientas de calidad	21
1.4.1.	Diagrama causa-efecto	22
1.4.2.	Diagrama de Pareto.....	22
1.4.3.	Matriz FODA	23
2.	DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL LABORATORIO	25
2.1.	Visión	25
2.2.	Misión.....	26
2.3.	Estructura organizacional	26
2.4.	Análisis FODA del laboratorio.....	27
2.5.	Clientes	28
2.6.	Actividades.....	28
2.7.	Informe de servicios.....	29
2.8.	Proceso de calibración	30
2.9.	Factores que intervienen en el proceso de calibración	32

2.9.1.	Factores humanos	32
2.9.2.	Instalaciones	32
2.9.3.	Condiciones ambientales.....	33
2.9.4.	Equipo.....	35
2.9.5.	Manipulación de las pesas	36
2.10.	Diagnóstico situacional	37
3.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	45
3.1.	Fase: 1. Análisis del cumplimiento de requisitos en los certificados de calibración de balanzas.....	45
3.1.1.	Cumplimiento de los requisitos en los certificados de calibración de balanzas.....	46
3.2.	Fase 2. Establecer las principales pruebas de calibración para balanzas.....	48
3.2.1.	Excentricidad	48
3.2.2.	Prueba de repetibilidad.....	49
3.2.3.	Discriminación.....	51
3.2.4.	Linealidad.....	51
3.3.	Fase 3. Determinación de un proceso que permita recibir, evaluar y tomar decisiones para gestionar quejas	52
3.4.	Discusión de resultados.....	53
4.	PROPUESTA DE MODELO DE CALIBRACIÓN	57
4.1.	Diseño de formato para certificado.....	58
4.2.	Implementación de un proceso que permita recibir, evaluar y tomar decisiones para gestionar las quejas	61
4.2.1.	Política para medir quejas o inconformidades	61
4.2.2.	Seguimiento a la disminución de quejas	62

4.3.	Plan de capacitación para personal que realiza un servicio de calibración de balanzas	65
4.3.1.	Capacitación	65
4.4.	Plan de trazabilidad	68
4.4.1.	Establecimiento del intervalo de calibración y verificación	69
4.5.	Trazabilidad de los resultados de medición para laboratorios	70
4.5.1.	Comparación del modelo propuesto con los requisitos establecidos en la política ILAC-P10:01.....	71
	CONCLUSIONES.....	73
	RECOMENDACIONES	75
	BIBLIOGRAFÍA.....	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Calibrar es comparar	3
2.	Partes de una balanza	4
3.	Ajuste de balanza	5
4.	Prueba de linealidad	11
5.	Prueba de repetitividad	13
6.	Clases de exactitud de los instrumentos	18
7.	Diagrama de error	20
8.	Organigrama	26
9.	Diagrama de flujo del servicio de calibración	31
10.	Área de calibración	33
11.	Termohigrómetro	35
12.	Equipo de calibración	36
13.	Pesos de calibración	37
14.	Cuestionario a personal del laboratorio	38
15.	Encuesta a clientes	39
16.	Diagrama de causa y efecto del proceso de calibración de balanzas ..	41
17.	Diagrama de Pareto para determinar las principales causas	42
18.	Posiciones de carga para prueba de excentricidad	48
19.	Porcentaje de no conformidades	55
20.	Diseño de formato parte 1	58
21.	Diseño de formato parte 2	59
22.	Diseño de formato parte 3	60
23.	Flujograma de proceso	64

24.	Cuestionario para evaluar desempeño	67
-----	---	----

TABLAS

I.	Errores máximos permitidos	17
II.	Clasificación de balanzas	18
III.	Errores máximos permitidos	19
IV.	Matriz FODA	24
V.	Análisis FODA	27
VI.	Servicios del laboratorio	29
VII.	Tabulación de encuesta	40
VIII.	Cálculo de frecuencias	42
IX.	Ejemplo de prueba de excentricidad	49
X.	Ejemplo de prueba de repetibilidad	50
XI.	Ejemplo de prueba de discriminación.....	51
XII.	Ejemplo de prueba de linealidad	52
XIII.	Información preliminar	57
XIV.	Apertura de queja	62
XV.	Cierre de acción.....	63
XVI.	Control de equipo	69

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
S	Desviación estándar
f	Frecuencia
f Ac	Frecuencia acumulada
g	Gramo
SI	Sistema internacional
Σ	Sumatoria

GLOSARIO

Certificado de calidad	Documento que enuncia los parámetros de especificaciones y emite los resultados de los análisis de un producto.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas
Competencia	Conocimientos, habilidades y destrezas que se traducen en comportamientos; que es necesario tener, adquirir o desarrollar para lograr un desempeño eficiente en un cargo.
Diagrama de flujo	Forma esquemática de representar ideas y conceptos en relación. También se utiliza para especificar algoritmos de manera gráfica.
FODA	Análisis de la situación de una empresa u organización a través de sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, y de esta manera planificar una estrategia del futuro.
LNM	Laboratorio Nacional de Metrología
Metrología	Ciencia de la medida, incluye el estudio, mantenimiento y aplicación del sistema de pesas y medidas.

Modelo	Arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo.
Norma	Documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que suministra; para uso común, reglas y directrices o características para las actividades o sus resultados; encaminados al logro del grado óptimo de orden en un contexto dado.
NTG	Norma Técnica Guatemalteca
OGA	Oficina Guatemalteca de Acreditación
OIML	Organización Internacional de Metrología Legal
Patrón de referencia	Patrón que, generalmente posee la máxima calidad metrológica disponible en un sitio dado o en una organización, a partir del cual se derivan las mediciones hechas.
Proceso	Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

RESUMEN

En virtud de que, el laboratorio de calibración de balanzas, empresa objeto de la investigación, carece de un sistema acreditado, surge la necesidad de mejorar el proceso de calibración a través de diseñar un modelo de metrología basado en los requisitos de la Norma Técnica Guatemalteca NTG/ISO/IEC 17025:2017.

Como resultado del diagnóstico y análisis realizado al laboratorio, se identifica que el 50 % de la no satisfacción de los clientes, corresponde a que el laboratorio no emite certificados que cumplan con alguna normativa internacional, que permita su confiabilidad.

El modelo de metrología propuesto para el laboratorio de calibración de balanzas, incluye el diseño de un certificado de calibración que respalde su confiabilidad, por medio de la utilización del método de Comparación Directa con un Patrón, asimismo, el modelo de metrología incluye el desarrollo de un proceso para gestión de quejas, implementación de un plan para capacitación del personal y otro para trazabilidad de las pesas; conforme los lineamientos de la Norma Técnica Guatemalteca NTG/ISO/IEC 17025:2017.

Lo anterior permitirá garantizar la trazabilidad en todas las mediciones a las empresas que soliciten este servicio, como las farmacéuticas, hospitales, tabacaleras, industrias alimenticias, bebidas, entre otras.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El laboratorio de calibración de balanzas se ha caracterizado por prestar servicios de calibración y vender tecnología de punta a las distintas industrias en las que sirve. Aunque el laboratorio carece de un sistema de acreditación, debe ofrecer servicios de calidad en sus procesos; sin embargo, no ha sido evidenciado, según la perspectiva de sus clientes, de acuerdo con los reclamos tanto de forma física, vía telefónica y correos electrónicos.

Como consecuencia, se decidió realizar un análisis a los servicios que brinda el laboratorio, durante un período de 5 meses consecutivos. Logrando identificar que un 50 % de los clientes están inconformes porque el laboratorio no emite certificados o informes basados en alguna norma. Situación que ocasiona desventaja ante la competencia por no tener un portafolio de servicios completo.

La mayoría de las empresas se encuentran certificadas o están en ese proceso, esto se ha visto ya como un requisito indispensable presentar la certificación de sus equipos, los cuales deben estar calibrados por un laboratorio que emita certificados basados en alguna norma, ya que permite dar confiabilidad a los clientes en cuanto a la exactitud de los productos ofrecidos. Por lo que contar con certificación y trazabilidad de los equipos calibrados, se hace un requisito obligatorio.

Asimismo, se identificó a través de un conteo, durante ese período de 5 meses, que la solicitud de contratos de calibración de balanzas programados,

había disminuido durante los últimos 3 meses, lo cual ponía al laboratorio en riesgo a punto iniciar con la rescisión de contratos al personal.

Formulación del problema

Pregunta central

¿Qué debe contener un modelo de metrología para un laboratorio de calibración de balanzas conforme la Norma Técnica Guatemalteca NTG/ISO/IEC 17025:2017?

Preguntas de investigación

1. ¿Cómo determinar si un certificado cumple con los requisitos?
2. ¿Cómo asegurar la confiabilidad de las pruebas de calibración de balanzas?
3. ¿Qué proceso se aplicará para seguimiento de no conformidad?

Delimitación del problema

La investigación se realizó en un laboratorio de calibración de balanzas, ubicado en la zona 11 de la ciudad de Guatemala.

Según las necesidades del laboratorio, se consideró un proyecto viable, debido a que la alta dirección cuenta con los recursos financieros, dispone del personal técnico y administrativo, equipamiento, así como del lugar para realizar las calibraciones. El tiempo requerido para implementar una mejora en el servicio de calibración de balanzas se estimó en un periodo de 4 meses.

Con la implementación del proyecto de mejora en el servicio de calibración de balanzas, se pretende lograr la satisfacción del cliente e incrementar los servicios y las ventas de sus equipos, para que posteriormente pueda acreditarse al laboratorio.

OBJETIVOS

General

Presentar un modelo de metrología para un laboratorio calibración de balanzas conforme la Norma Técnica Guatemalteca NTG/ISO/IEC 17025:2017.

Específicos

1. Dar cumplimiento a los requisitos en los certificados de acuerdo a la Norma Técnica Guatemalteca 17025:2017.
2. Desarrollar un procedimiento para realizar las pruebas de calibración de balanzas.
3. Determinar un proceso que permita recibir, evaluar y tomar decisiones para gestionar las quejas.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

A continuación se describen las técnicas, métodos y procedimientos utilizados para cumplir los objetivos planteados para la investigación.

Tipo de estudio

El estudio utilizado para la implementación de un modelo de metrología para calibración de balanzas fue de tipo descriptivo con enfoque cuantitativo, pues se recolectaron datos sobre diferentes aspectos del personal y clientes, asimismo se realizó un análisis y medición de estos, incluyendo las condiciones y entorno del laboratorio.

A continuación se describen las actividades realizadas en la investigación de tipo descriptivo.

- Realización de un análisis interno y externo del laboratorio.
- Investigación de los requerimientos y normativas para desarrollar el modelo de calibración de balanzas.
- Análisis e interpretación de las variables que influyen en la aplicación de la Norma NTG/ISO/IEC 17025:2017.
- Análisis de las pruebas de calibración.

Diseño de la investigación

El diseño utilizado en la investigación es de tipo no experimental, debido a que no hubo intervención en el desarrollo de la investigación, y no se manipularon las variables, en virtud de que los datos obtenidos fueron proporcionados por el personal y clientes del laboratorio. Asimismo, esta investigación se basa fundamentalmente en la observación de la situación del servicio de calibración en el laboratorio y cómo se da en su contexto natural.

Variables e indicadores

Es importante mencionar que, antes de iniciar el trabajo de investigación, se estableció cuáles serían las variables que se deseaban medir y la manera en que se realizaría.

Una variable puede tomar diferentes valores dependiendo del enfoque que se le dé. Las variables utilizadas en esta investigación son cualitativas y cuantitativas. En lo que respecta al enfoque cualitativo, se desarrollaron preguntas, antes, durante y después de la investigación, así como el análisis de esta información, las cuales se aprovecharon para descubrir las preguntas más importantes relacionadas al servicio de calibración.

También se utilizó el enfoque cuantitativo para analizar las mediciones obtenidas, y como su intención es buscar la exactitud numérica, los resultados son informes estadísticos, utilizando herramientas de calidad.

Con las variables cualitativas y cuantitativas se determinó la forma de trabajo, la adquisición de la información, el análisis y la toma de datos de los servicios de calibración.

INTRODUCCIÓN

Para el diseño de un modelo metrológico en el laboratorio de calibración de balanzas, empresa objeto de la investigación, ubicado en la zona 11 de la ciudad de Guatemala, se utilizó la línea de investigación basada en normas que contengan requisitos para cumplir con los Sistemas de gestión de la calidad.

En el año 1978 se fundó el laboratorio de calibración de balanzas, el cual se ha caracterizado por prestar servicios de calibración y vender tecnología de punta en las distintas industrias a las que sirve, entre las que destacan: farmacéuticas, hospitales, instituciones educativas, azucareras, tabacaleras, industrias de alimentos y bebidas, entre otras.

Aunque el laboratorio carece de un sistema de acreditación, debe ofrecer servicios de calidad en sus procesos. Sin embargo, para la mayoría de sus clientes, el laboratorio ya no está cumpliendo con sus expectativas, generando inconformidades a través de llamadas telefónicas, correos electrónicos y de forma presencial.

Como consecuencia, se decidió realizar el trabajo de investigación al laboratorio de calibración de balanzas, con la finalidad de presentar un modelo metrológico, el cual permitirá mejorar el proceso de calibración para aumentar la confianza de los clientes, sobre todo si se puede demostrar que el laboratorio cumple con la trazabilidad de las mediciones.

El trabajo de investigación consta de cuatro capítulos. En el número uno se presenta el marco teórico, las definiciones relacionadas a los temas de metrología, las normas aplicables a la investigación y las herramientas de calidad utilizadas.

En el capítulo dos se realizó el diagnóstico situacional de la empresa, a través de un análisis FODA, así como al proceso de calibración y a los factores que intervienen en él; entre los cuales se encuentran los humanos, instalaciones, condiciones ambientales, equipo y manipulación de las pesas.

En el capítulo tres, la presentación y discusión de resultados, para lo cual se revisó el cumplimiento de los requisitos en los certificados de calibración de balanzas, según la Norma NTG/ISO/IEC 17025:2017. Se establecieron las principales pruebas de calibración para balanzas: excentricidad, repetibilidad, discriminación y linealidad. Asimismo, se determinó un proceso que permita recibir, evaluar y tomar decisiones para gestionar quejas.

Por último, en el capítulo cuatro se presenta el modelo de metrología para el laboratorio, el cual comprende el diseño de certificado de calibración de balanzas, desarrollo de un proceso para gestión de quejas, implementación de un plan para capacitación del personal y otro para trazabilidad de las pesas, bajo los lineamientos de la *Norma técnica guatemalteca* NTG/ISO/IEC 17025:2017.

1. MARCO TEÓRICO

Para desarrollar un proceso de calibración de balanzas es imprescindible conocer algunos conceptos básicos, utilizados para el trabajo de investigación.

1.1. Metrología

En el *Vocabulario internacional de metrología* (2012) se define como la “Ciencia de las mediciones y sus aplicaciones. La metrología incluye todos los aspectos teóricos y prácticos de las mediciones, cualesquiera que sean su incertidumbre de medida y su campo de aplicación” (p. 27).

Por su parte, Marban & Pellecer (2002) afirman que: “la metrología es la ciencia de las mediciones y que medir es comparar con algo (unidad) que se toma como base de comparación” (p. 1).

Asimismo, González & Zeleng (1995) sostienen que metrología “es la ciencia que trata de las medidas, de los sistemas de unidades adoptados y los instrumentos usados para efectuarlas e interpretarlas” (p. 41).

En conclusión, la metrología se puede definir como la rama de las ciencias que se ocupa de las mediciones. Por lo que cada resultado entregado por un laboratorio debe ser confiable, y dichas mediciones realizadas, deben tener una trazabilidad metrológica.

1.1.1. Calibración

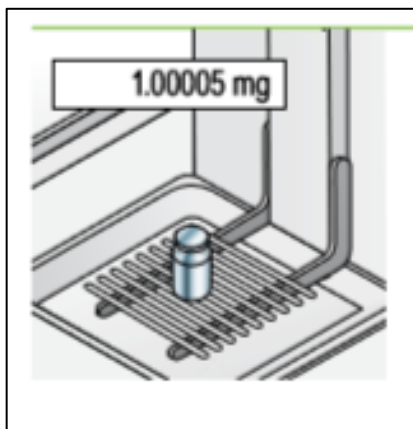
Según la *Guía para la declaración del alcance en laboratorios de calibración* (2017) define calibración como: “Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones especificadas, la relación entre los valores de magnitudes indicados por un instrumento o por un sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada o un material de referencia, y los correspondientes valores reportados por patrones” (p. 3).

De la misma forma, en la *Guía ABC de la pesada* (2012) define una calibración como la “determinación de la desviación entre el valor medido y el valor real de la magnitud medida en unas condiciones de medición predeterminadas” (p. 28).

Es importante indicar que todos los equipos utilizados para las calibraciones, incluidos los equipos para mediciones auxiliares que tengan un efecto significativo en la exactitud o en la validez del resultado de calibración, deben ser calibrados antes de ser puestos en servicio (Norma Técnica Guatemalteca NTG/ISO/IEC 17025:2017).

Por lo anterior se puede concluir que una calibración de balanzas es la comparación entre la indicación proporcionada por el instrumento de pesaje contra un valor predefinido usando pesos, mismos que deben ser calibrados para llevar a cabo un proceso de calibración, tal y como se muestra en la figura 1.

Figura 1. **Calibrar es comparar**



Fuente: Mettler Toledo. Guía ABC de la pesada. p. 28

1.1.2. Balanza

También conocida como instrumento de pesaje. En la *Norma COGUANOR* NGO 4015 (1999) se hace referencia como al “instrumento de medida que sirve para determinar la masa de un cuerpo, utilizando la acción de la gravedad sobre dicho cuerpo” (p. 1).

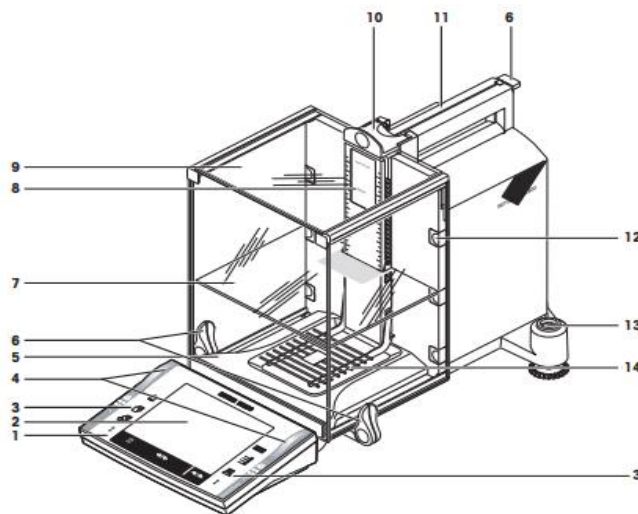
Mientras que el Instituto Nacional de Metrología de Colombia (2015) define una balanza como un “instrumento que sirve para comparar masas o para determinar masas” (p. 13).

También el Diario Oficial de la Federación Mexicana (2015) apoya la definición de que una balanza es un instrumento de medición que, utilizando la acción de la gravedad, determina la masa de un cuerpo.

Por lo anterior se puede definir como balanza al instrumento de pesaje que sirve para medir la masa de un cuerpo, la cual está constituida por una celda de carga que permite mostrar en la pantalla la indicación de la masa.

Figura 2. Partes de una balanza

1	Terminal (consulte los detalles en el manual de instrucciones: parte 2)	2	Pantalla (pantalla táctil sensible al tacto)
3	Tecclas	4	Sensores SmartSens
5	Plata colector	6	Mango/acoplamiento para el manejo de las puertas de la pantalla de protección
7	Estante intermedia	8	Nombre de modelo
9	Pantalla de protección de vidrio	10	Mango para el manejo de la puerta superior de la pantalla de protección
11	Guía de la puerta superior de la pantalla de protección y mango para el transporte	12	Abrazaderas desmontables para cables de alimentación o mangueras
13	Burbuja de nivel / Sensor de inclinación	14	Receptor de carga de rejilla



Fuente: Mettler Toledo. Instrucciones de manejo Balanzas analíticas Excellence. p.9

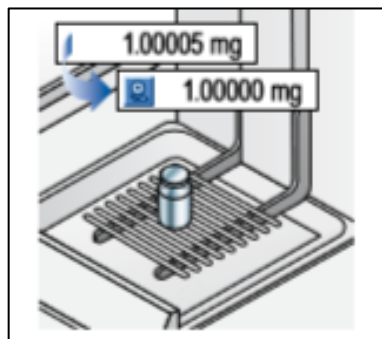
1.1.3. Ajuste

Según el *Vocabulario internacional de metrología* (2012) define ajuste como el “conjunto de operaciones destinada a llevar un instrumento de medida a un estado de funcionamiento conveniente para su utilización” (p. 45).

Por su parte, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo (España) define ajuste como “la operación por medio de la cual se lleva un instrumento de medida (balanza) a un estado de funcionamiento conveniente para su utilización”.

En consecuencia, un ajuste es el conjunto de operaciones que se realizan en la balanza o instrumento de pesaje, para cambiar el valor medido y hacerlo coincidir con un valor predefinido utilizando los pesos calibrados, para su funcionamiento adecuado.

Figura 3. **Ajuste de balanza**



Fuente: Mettler Toledo. Guía ABC de la pesada. p.28

1.1.4. Resolución (d)

De acuerdo a la *Guía ABC de la pesada* (2012) “la resolución de una balanza es la diferencia más pequeña legible en la indicación entre dos valores medidos. En una indicación digital, esta diferencia es el escalón numérico más pequeño, también llamado valor de escala” (p. 20).

Por su parte, en la *Norma COGUANOR* NGO 4015 (1999), la resolución o el intervalo de escala real (d) “es la diferencia entre dos indicaciones consecutivas” (p. 4).

Según el *Vocabulario internacional de metrología* (2012), la resolución es la “mínima variación de la magnitud medida que da lugar a una variación perceptible de la indicación correspondiente” (p. 49).

En conclusión, la resolución de una balanza es el cambio más pequeño que el instrumento puede detectar, en un valor medido.

1.1.5. Intervalo de escala de verificación (e)

Según la Norma COGUANOR NGO 4015 (1999) señala que es el “valor, expresado en unidades de masa, utilizado para la clasificación y verificación de un instrumento” (p. 4).

Este valor, también es conocido como “División de la escala de verificación” (Diario Oficial de la Federación Mexicana, 2015).

En otras palabras, se puede determinar que los errores máximos permitidos, están relacionados a este dato (e). Si el caso fuera, que la balanza en su etiqueta no presentara este valor (e) se debe aplicar la siguiente condición:

Si $d \leq 1$ mg, entonces $e = 10d$

Si $d > 1$ mg, entonces $e = d$

1.1.6. Número de intervalos de escala de verificación (n)

En la Norma COGUANOR NGO 4015 (1999) “Es el cociente entre la capacidad máxima y el intervalo de escala de verificación” (p.4). Es decir, con el cálculo de este dato se contribuye a la clasificación de los instrumentos de pesaje.

1.1.7. Incertidumbre

De acuerdo a la *Guía ABC de la pesada* (2012) es el “parámetro atribuido al resultado de medición que caracteriza la dispersión de los valores que pueden asignarse razonablemente a la magnitud medida” (p. 27).

El Ministerio de Industria, Energía y Turismo (España) define la incertidumbre como el “parámetro asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían razonablemente ser atribuidos al mensurando” (p. 9).

El *Vocabulario internacional de metrología* (2012) señala la incertidumbre como el “parámetro que indica la dispersión que razonablemente puede atribuirse a un valor medido” (p. 34).

Por su parte, la *Política de la incertidumbre de medición para laboratorios de ensayo y de calibración y laboratorios de análisis clínicos* (2018) hace referencia a que “la incertidumbre expandida de la medición reportada está declarada como la incertidumbre estándar de la medición multiplicado por el factor de cobertura $k=2$ de manera que la probabilidad de cobertura corresponda a aproximadamente el 95%” (p.9).

Por lo anteriormente expresado, la incertidumbre en una calibración se entiende por la incerteza con que se han determinado los resultados. Asimismo, se pueden mencionar algunos factores de incertidumbre que intervienen en una calibración: los patrones de pesos utilizados, la repetibilidad de la balanza, la resolución con que se obtienen las medidas, entre otros.

1.2. Métodos de calibración

Según la *Guía para la declaración del alcance en laboratorios de calibración* (2017) define método como la “metodología internacional, regional, nacional, del fabricante, o propia del laboratorio utilizado por el laboratorio para realizar la calibración” (p. 5).

La Norma Técnica Guatemalteca NTG/ISO/IEC 17025:2017 establece como requisito que los informes de ensayo y certificados de calibración, deben incluir la “identificación del método utilizado” (p. 30).

Según la *Guía metas* (2005) hace referencia a los métodos más comunes de calibración, los cuales son utilizados en metrología técnica e industrial.

- Calibración por comparación directa con un patrón
- Calibración por transferencia
- Calibración por sustitución
- Calibración por equilibrio
- Calibración por simulación
- Calibración por reproducción
- Calibración por puntos fijos

El modelo propuesto para realizar la calibración de balanzas será por comparación directa con un patrón, debido a que es un método normalizado, con el cual se dará cumplimiento a los requerimientos indicados en la Norma Técnica Guatemalteca NTG/ISO/IEC 17025:2017.

1.2.1. Calibración por comparación directa con un patrón

Según la *Guía metas* (2005) define que en “este método se comparan directa e instantáneamente los valores proporcionadas por el equipo (instrumento de medición o medida materializada) bajo calibración, contra los valores proporcionados por un patrón” (p. 5).

Para asegurar la correcta realización de las pruebas de calibración por comparación directa con un patrón, la *Guía ABC de la pesada* (2012) recomienda comprobar que se cumplan con las siguientes condiciones:

- La balanza se encuentra en correcto estado de funcionamiento (pantalla, corta-aíres, función de tara, indicación de sobrecarga entre otros).
- La balanza está nivelada.
- El equipo se encuentra conectado el tiempo suficiente y no necesita tiempo de calentamiento.
- La puesta a cero es correcta. El equipo deberá ser puesto a cero al comienzo de cada prueba.
- Al inicio de las pruebas, se realizarán dos de tres pesadas para preparar el equipo.
- Las condiciones ambientales (temperatura, humedad del aire, presión atmosférica) deberán ser estables a lo largo de las pruebas.

- En las condiciones de instalación se valorarán las posibles perturbaciones causadas por vibraciones, corrientes de aire o fallos de la red eléctrica.

Antes de realizar las pruebas, no interrumpir el proceso y reanudarlo posteriormente ni realizar ajustes a cero a mitad de las pruebas. A continuación se describen las 3 pruebas que se deben realizar en el proceso de calibración por comparación directa con un patrón.

1.2.1.1. Linealidad

Según la *Guía ABC de la pesada* (2012), la linealidad se puede definir como la “propiedad de una balanza de seguir la relación lineal entre la carga depositada y el valor de medida indicado” (p. 23).

Por su parte, Creus (2009), la linealidad es “la aproximación de una curva de calibración a una línea recta especificada. Se expresa en forma de desviación máxima con relación a una línea recta que pasa a través de los puntos dados correspondientes a 0 % y a 100 % de la variable medida” (p. 23).

Con lo anterior se puede determinar que el objetivo de esta prueba es comprobar la capacidad del instrumento, de proporcionar indicaciones concordantes con el valor de las pesas patrón, siguiendo una relación lineal. Asimismo, las cargas de pesas patrón a emplear se escogerán de manera que se cubra al menos cinco divisiones, incluyendo: carga mínima, puntos medios y carga máxima.

Figura 4. **Prueba de linealidad**



Fuente: Mettler Toledo. *Elija la báscula adecuada*. p.6.

1.2.1.2. Excentricidad

En la *Guía ABC de la pesada* (2012) se afirma que la carga de excentricidad es la “desviación del valor medido por carga descentrada (excéntrica). La carga excéntrica aumenta con el peso de la carga y con su distancia hasta el centro del soporte de la carga” (p. 25).

La Norma COGUANOR NGO 4015 (1999) agrega que para esta prueba “se debe aplicar una carga correspondiente a 1/3 de la suma de la capacidad máxima y del efecto máximo aditivo de tara correspondiente” (p. 14).

Según el *Sistema interamericano de metrología* (2009), esta prueba consiste en colocar una carga en diferentes posiciones del platillo de la balanza, de acuerdo a las posiciones que se hacen referencia a continuación:

- Centro
- Frontal izquierda
- Posterior izquierda

- Posterior derecha
- Frontal derecha

1.2.1.3. Repetibilidad

Según Creus, afirma que “es la capacidad de reproducción de las mediciones sucesivas de un mensurando” (p. 30).

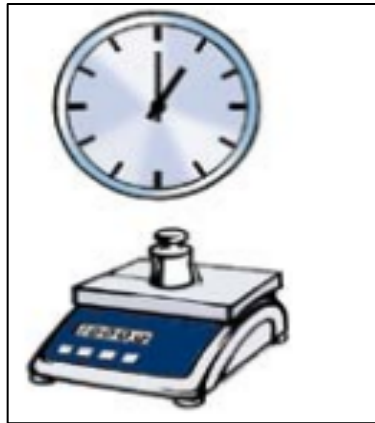
Según la Norma Técnica Guatemalteca NTG 4015 (2006) indica que en la prueba de repetibilidad, “deben realizarse dos series de pesajes: una con carga de aproximadamente 50 % y otra con una carga cercana a 100 % de Max.” (p. 89).

Sáez & Font (2001) hacen referencia que, al repetir una medición bajo las mismas condiciones, significa que ninguno de los factores que intervienen en la prueba deberán cambiar, es decir:

- El mismo procedimiento de medición
- El mismo operador
- El mismo aparato medidor, utilizado bajo las mismas condiciones
- El mismo lugar
- Repetición de la medición dentro de un intervalo de tiempo corto

En conclusión, se puede determinar que la prueba de repetibilidad tiene por objeto comprobar la capacidad de una balanza para proporcionar los mismos resultados en pesadas repetidas con igual carga y en las mismas condiciones de medida. Para realizar esta prueba se tomarán 10 mediciones consecutivas.

Figura 5. **Prueba de repetitividad**



Fuente: Mettler Toledo. *Elija la báscula adecuada*. p.7.

1.2.1.4. Discriminación

Según la Norma Técnica Guatemalteca NTG 4015 (2006) indica que la prueba de discriminación es la “capacidad de un instrumento para reaccionar a pequeñas variaciones de carga” (p. 15).

1.2.2. Patrón

De acuerdo con lo establecido en la *Guía para la declaración del alcance en laboratorios de calibración* (2017) hace referencia a los “patrones utilizados por el proveedor del patrón para determinar la trazabilidad al SI” (p. 6).

1.2.3. Trazabilidad

Creus (2009) considera que la trazabilidad es la “propiedad de un resultado de medición que nos permite relacionar ese resultado con el respectivo patrón internacional de la magnitud que se está midiendo” (p. 28).

Asimismo, la Norma ISO 9000:2005 hace referencia a que la trazabilidad es la “capacidad para seguir la historia, la aplicación o la localización de todo aquello que está bajo consideración” (p. 15).

Un laboratorio debe tener un programa y un procedimiento para la calibración de sus patrones de referencia, los cuales deben ser calibrados por un organismo que pueda proveer la trazabilidad. Estos patrones de referencia deben ser calibrados antes y después de cualquier ajuste. (Norma Técnica Guatemalteca NTG/ISO/IEC 17025:2017).

1.2.4. Fuente de trazabilidad

Según la Guía para la declaración del alcance en laboratorios de calibración (2017), lo define como el “nombre del laboratorio del que se obtiene la trazabilidad” (p.6).

1.2.5. Certificado de calibración

La Norma Técnica Guatemalteca NTG/ISO/IEC 17025 (2017) indica que los “informes de ensayo y los certificados de calibración se denominan algunas veces certificados de ensayo e informes de calibración respectivamente” (p.23).

1.2.6. Laboratorio de calibración

De acuerdo con lo establecido en la política de la incertidumbre de medición para laboratorios de ensayo y de calibración y laboratorios de análisis clínicos (2018), se define como el “laboratorio que ofrece servicios de calibración y además medición” (p. 4).

Asimismo, es importante indicar que “los laboratorios de calibración deben demostrar evidencia de que pueden proveer calibraciones a los clientes de acuerdo al método, procedimiento de calibración/medición o tipo de instrumento/material a ser calibrado/medido” (*Política de la incertidumbre de medición para laboratorios de ensayo y de calibración y laboratorios de análisis clínicos*, 2018 p.7).

1.3. Norma

Según González & Zeleng definen que norma “es la misma solución que se adopta para resolver un problema repetitivo, es una referencia respecto a la cual se juzgará un producto o una función y, en esencia, es el resultado de elección colectiva y razonada” (p. 25).

Carro & González (2008) definen la norma como un documento, elaborado voluntariamente, que contiene especificaciones técnicas obtenidas de la experiencia y avances de la tecnología, es de conocimiento público, puede ser aprobada por un organismo acreditado al efecto.

Por lo anterior, es importante que los laboratorios establezcan las condiciones, criterios y procedimientos que deben realizar para la calibración de las balanzas, los cuales deben regirse a normas internacionales, las cuales se detallan en este capítulo.

1.3.1. Norma Técnica Guatemalteca NTG/ISO/IEC 17025:2017

Es el documento de los requisitos que permiten a los laboratorios demostrar que operan de forma competente y que tienen la capacidad de generar resultados válidos. Asimismo, en esta norma se incluyen los métodos utilizados en los ensayos y las calibraciones, tales como los métodos

normalizados, métodos no normalizados y los desarrollados por el propio laboratorio. Esta norma es aplicable a todas las organizaciones que realizan ensayos o calibraciones.

1.3.2. OIML R 111-1:2004 E

La recomendación OIML R 111-1 E (2004) hace referencia a las principales características físicas y los requisitos metrológicos que deben tener las pesas utilizadas en la verificación de instrumentos de pesaje. Esta norma define las clases de exactitud E1, E2, F1, F2, M1, M2 y M3.

De acuerdo a la *Guía metas* (2005) el tipo de material de los pesos se clasifica en:

- a. Clase E1 y E2: la dureza y resistencia del material debe ser similar o mejor que la del acero inoxidable austenítico.
- b. Clase F1 y F2: la dureza y fragilidad del material debe ser al menos igual que la del bronce o al menos igual que la del acero inoxidable.
- c. Clase M1, M2 y M3: el material debe ser resistente para la corrosión y oxidación, su superficie no puede ser tratada. Estas pesas deben ser de hierro fundido o de un material mejor que este.

En la tabla I se detallan los errores máximos permisibles para los pesos que se utilizan para calibrar balanzas.

Tabla I. Errores máximos permitidos





Nominal value*	Class E ₁	Class E ₂	Class F ₁	Class F ₂	Class M ₁	Class M ₁₋₂	Class M ₂	Class M ₂₋₃	Class M ₃
5 000 kg			25 000	80 000	250 000	500 000	800 000	1 600 000	2 500 000
2 000 kg			10 000	30 000	100 000	200 000	300 000	600 000	1 000 000
1 000 kg		1 600	5 000	16 000	50 000	100 000	160 000	300 000	500 000
500 kg		800	2 500	8 000	25 000	50 000	80 000	160 000	250 000
200 kg		300	1 000	3 000	10 000	20 000	30 000	60 000	100 000
100 kg		160	500	1 600	5 000	10 000	16 000	30 000	50 000
50 kg	25	80	250	800	2 500	5 000	8 000	16 000	25 000
20 kg	10	30	100	300	1 000		3 000		10 000
10 kg	5.0	16	50	160	500		1 600		5 000
5 kg	2.5	8.0	25	80	250		800		2 500
2 kg	1.0	3.0	10	30	100		300		1 000
1 kg	0.5	1.6	5.0	16	50		160		500
500 g	0.25	0.8	2.5	8.0	25		80		250
200 g	0.10	0.3	1.0	3.0	10		30		100
100 g	0.05	0.16	0.5	1.6	5.0		16		50
50 g	0.03	0.10	0.3	1.0	3.0		10		30
20 g	0.025	0.08	0.25	0.8	2.5		8.0		25
10 g	0.020	0.06	0.20	0.6	2.0		6.0		20
5 g	0.016	0.05	0.16	0.5	1.6		5.0		16
2 g	0.012	0.04	0.12	0.4	1.2		4.0		12
1 g	0.010	0.03	0.10	0.3	1.0		3.0		10
500 mg	0.008	0.025	0.08	0.25	0.8		2.5		
200 mg	0.006	0.020	0.06	0.20	0.6		2.0		
100 mg	0.005	0.016	0.05	0.16	0.5		1.6		
50 mg	0.004	0.012	0.04	0.12	0.4				
20 mg	0.003	0.010	0.03	0.10	0.3				
10 mg	0.003	0.008	0.025	0.08	0.25				
5 mg	0.003	0.006	0.020	0.06	0.20				
2 mg	0.003	0.006	0.020	0.06	0.20				
1 mg	0.003	0.006	0.020	0.06	0.20				

Fuente: Norma OIML R 111-1: 2004 (E), p.12.

1.3.2.1. Clases de exactitud de instrumentos de pesaje

De acuerdo a la Norma NTG/ISO 4015:2006 existen instrumentos o balanzas de clase especial, alta, media y ordinaria. A continuación se detallan en la figura 6 las clases de exactitud de los instrumentos de pesaje y sus símbolos.

Figura 6. **Clases de exactitud de los instrumentos**

Nombre	Símbolo marcado en el instrumento	Denominación utilizada en esta norma
Exactitud especial		I
Exactitud alta		II
Exactitud media		III
Exactitud ordinaria		IIII

Fuente: Norma NTG 4015:2006. p. 26.

1.3.2.2. Clasificación de los instrumentos

Según la Norma NTG/ISO 4015:2006, para calcular la clasificación de las balanzas, se proporciona la columna de división de escala de verificación, tal y como se demuestra en la tabla II.

Tabla II. **Clasificación de balanzas**

Clase de exactitud	División de escala de verificación, e	Número de divisiones de escala de verificación, $n = \frac{Max}{e}$		Capacidad mínima Min (Límite inferior)
		mínimo	máximo	
Especial (I)	$0.001 \text{ g} \leq e^*$	50 000**	-	100 e
Alta (II)	$0.001 \text{ g} \leq e \leq 0.05 \text{ g}$ $0.1 \text{ g} \leq e$	100 5 000	100 000 100 000	20 e 50 e
Media III	$0.1 \text{ g} \leq e \leq 2 \text{ g}$ $5 \text{ g} \leq e$	100 500	10 000 10 000	20 e 20 e
Ordinaria (IIII)	$5 \text{ g} \leq e$	100	1 000	10 e

Fuente: norma NTG 4015:2006. p.27.

1.3.2.3. Error máximo permitido

También como tolerancia “es la diferencia máxima, positiva o negativa, permitida por la normativa, entre la indicación de un instrumento y el valor verdadero correspondiente, determinado por masas patrones, estando previamente a cero el instrumento, sin carga y en posición de referencia” (Norma COGUANOR NGO 4015:1999 p. 6).

Según el *Vocabulario internacional de metrología* (2012), el error máximo permitido, “es el valor extremo del error de medida, con respecto a un valor de referencia conocido, permitido por especificaciones o reglamentaciones, para una medición, instrumento o sistema de medida dado” (p. 52).

En la Norma NTG/ISO 4015:2006, como se indica en la tabla IV, se proporcionan los errores máximos permitidos en la verificación inicial para cargas crecientes y decrecientes.

Tabla III. Errores máximos permitidos

Errores máximos permitidos en la verificación inicial	Para cargas, m , expresadas en divisiones de escala de verificación, e			
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IIII
$\pm 0.5 e$	$0 \leq m \leq 50\,000$	$0 \leq m \leq 5\,000$	$0 \leq m \leq 500$	$0 \leq m \leq 50$
$\pm 1.0 e$	$50\,000 < m \leq 200\,000$	$5\,000 < m \leq 20\,000$	$500 < m \leq 2\,000$	$50 < m \leq 200$
$\pm 1.5 e$	$200\,000 < m$	$20\,000 < m \leq 10\,000$	$2\,000 < m \leq 10\,000$	$200 < m \leq 1\,000$

Fuente: Norma NTG 4015:2006. p.29.

Es importante mencionar que, para las balanzas que ya están en uso, el valor de la columna de errores máximos permitidos se deberá multiplicar por 2,

Donde:

E= error de medición

Emp1= error máximo permitido en la verificación inicial

Emp2= error máximo permitido en el servicio

1.4. Herramientas de calidad

“Estas herramientas se pueden utilizar cuando existe algún problema, pero no por esto significa que se pueden emplear las siete herramientas a la vez, sino que es válido el utilizar dos o tres de estas herramientas” (Guajardo, 2003, p. 145).

Camisón, Cruz & González (2006) resaltan que estas herramientas aplicadas y utilizadas correctamente permiten la resolución del 95 % de los problemas de los puestos de trabajo, quedando solo un 5 % de los casos en que se necesitan otras herramientas” (p.1226).

Guajardo en el año 2003 menciona cuáles son las siete herramientas básicas de la calidad: “Diagrama de causa-efecto (Ishikawa), hojas de verificación y/o recopilación de datos, histograma, diagrama de Pareto, estratificación, diagrama de dispersión y gráficas de control” (Guajardo, 2003, p. 145).

En el desarrollo de la presente investigación, únicamente se utilizarán algunas de estas siete herramientas básicas de calidad, como el diagrama de causa-efecto y diagrama de Pareto.

1.4.1. Diagrama causa-efecto

Conocido también como diagrama de pescado o Ishikawa; es útil para presentar en forma gráfica y ordenada las causas que afectan en la calidad de un proceso, producto o servicio; este tipo de diagrama ayuda a conceptualizar en forma sencilla la problemática de todo tipo, además es conveniente para realizar el análisis inicial de un problema (Guajardo, 2003, p. 149).

Camisón, Cruz & González (2006) indican que un diagrama causa-efecto, se utiliza para recoger de manera gráfica todas las posibles causas de un problema o identificar los aspectos necesarios para alcanzar un determinado objetivo (p. 1239).

La forma de elaborar un diagrama causa-efecto es siguiendo los siguientes pasos:

- Definir de forma breve el problema analizar.
- Escribir el problema en la parte derecha y trazar una línea horizontal.
- Delinear flechas diagonales hacia la línea central, en la parte superior de las flechas escribir factores que pueden originar el efecto.
- Mientras se acerca cada flecha más a la línea central se escribe las causas que divide el factor correspondiente (Guajardo, 2003, p. 150).

1.4.2. Diagrama de Pareto

Camisón, Cruz & González (2006) argumentan que un diagrama de Pareto “es un tipo de distribución de frecuencias que se basa en el principio de Pareto, a menudo denominado regla 80/20, el cual indica que el 80 % de los problemas son originados por un 20 % de las causas” (p. 1234).

Es una herramienta de calidad para efectuar mejoras:

- Como una técnica de análisis de problemas de calidad.
- Para establecer objetivos concretos.
- Como un indicador para los efectos de las mejoras.
- Como una herramienta de comunicación (Carot, 1998, pp. 360).

1.4.3. Matriz FODA

Para García & Cano (2000) el FODA es una técnica utilizada para el análisis y resolución de problemas denominada FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas), el cual deriva el nombre de los elementos de análisis, es decir, son los recursos con los que se cuenta que dan la posibilidad de llegar al objetivo, y por otra parte, conocer el impacto de las debilidades, así como de las amenazas y oportunidades que el medio ofrece.

Por su parte, Guerrero (2014) resalta que “el objetivo del análisis FODA se centra en la necesidad de visualizar las variables que intervienen en el diagnóstico a partir de una matriz que combina tanto los factores internos como los factores externos de la empresa en estudio” (p. 45).

De acuerdo con esta técnica, el Instituto Politécnico Nacional (2002), indica que “tanto las amenazas como las oportunidades podrían quedar agrupadas en las siguientes categorías: factores económicos, sociales o políticos, factores del producto o tecnológicos, factores demográficos, mercados y competencia, y otros” (p. 3).

Asimismo, “las fortalezas y debilidades internas varían considerablemente para diferentes instituciones; sin embargo, pueden muy bien

ser categorizadas en administración y organización, operaciones, finanzas y otros factores específicos para la institución” (Instituto Politécnico Nacional, 2002).

Tabla IV. **Matriz FODA**

FACTORES INTERNOS FACTORES EXTERNOS	Lista de Fortalezas F1. F2. ... Fn.	Lista de Debilidades D1. D2. ... Dr.
Lista de Oportunidades O1. O2. ... Op.	FO (Maxi-Maxi) <i>Estrategia para maximizar tanto las F como las O.</i> 1. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX (O1, O2, F1, F3 ...)	DO (Mini-Maxi) <i>Estrategia para minimizar las D y maximizar las O.</i> 1. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX (O1, O2, D1, D3, ...)
Lista de Amenazas A1. A2. ... Aq.	FA (Maxi-Mini) <i>Estrategia para maximizar las fortalezas y minimizar las amenazas.</i> 1. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX (F1, F3, A2, A3, ...)	DA (Mini-Mini) <i>Estrategia para minimizar tanto las A como las D.</i> 1. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX (D1, D3, A1, A2, A3, ...)

Fuente: Instituto Politécnico Nacional, 2002.

2. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL LABORATORIO

En 1978 se funda el laboratorio de calibración de balanzas, el cual es objeto de estudio, ubicado en la zona 11 de la ciudad de Guatemala, se ha caracterizado por mantener un modelo de negocio sostenible en el mercado, esto le ha permitido prestar servicios de calibración de balanzas y vender tecnología de punta en las distintas industrias a las que sirve, lo que la convierte en una empresa pionera e innovadora en esta rama.

Con el objetivo de mantener a la empresa dentro de los cambios constantes de cara a la globalización, el laboratorio dirige sus esfuerzos en proveer el mejor producto y servicio a la industria, tanto a empresas nacionales como multinacionales, líderes en sus respectivas áreas, mismo que es respaldado por el recurso humano con el que cuenta, y le permite asegurar que los equipos vendidos y el servicio de calibración sean de calidad, al contar con un soporte técnico.

2.1. Visión

“Ser una empresa reconocida a nivel regional, demostrando calidad, validez y exactitud en sus servicios de calibración de equipo a la industria, conforme los requerimientos de la Norma Técnica Guatemalteca NTG/ISO/IEC 17025:2017”.

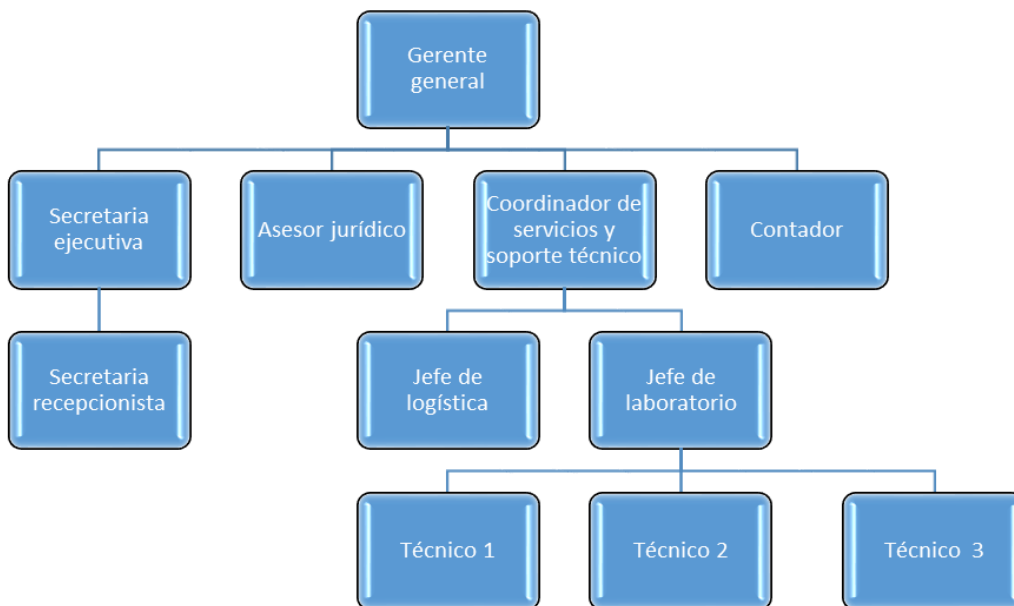
2.2. Misión

“Somos una empresa proveedora de equipo y servicios de mantenimiento de alta tecnología, realizamos calibraciones confiables a instrumentos de pesaje; logrando satisfacer las necesidades de los clientes con nuestra asesoría y garantía previas y posteriores a la compra”.

2.3. Estructura organizacional

A continuación, en la figura 8 se presenta el organigrama del laboratorio de calibración de balanzas.

Figura 8. Organigrama



Fuente: elaboración propia.

2.4. Análisis FODA del laboratorio

Se desarrolló un análisis FODA del laboratorio, para determinar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del laboratorio. Como puede verse en la figura 9.

Tabla V. Análisis FODA

FACTORES INTERNOS FACTORES EXTERNOS	FORTALEZAS	DEBILIDADES
		1. Infraestructura e instalaciones adecuadas. 2. Capacidad financiera de inversión. 3. Equipos de alta tecnología. 4. Representación de marcas suizas.
OPORTUNIDADES	Estrategia FO (Maxi-Maxi)	Estrategia DO (Mini-Maxi)
1. Buenas relaciones con los proveedores. 2. Hasta el momento hay pocos laboratorios acreditados. 3. Mercado en crecimiento.	O2. F2. Aprovechar la capacidad financiera de la empresa para acreditarse. F4. O3. Manteniendo la calidad en los productos, permitirá el crecimiento del laboratorio.	D3. O1. Aprovechar las buenas relaciones con proveedores para implementar capacitaciones más continuas a un menor costo o gratis. O3. D5. Para incrementar el mercado es necesario crear un plan para seguimiento de quejas. D1. O2. Crear a la mayor brevedad un modelo de calibración de balanzas, en virtud de que hay pocos laboratorio acreditados.
AMENAZAS	Estrategia FA (Maxi-Mini)	Estrategia DA (Mini-Mini)
1. Mucha competencia. 2. Precios altos en los productos y servicios. 3. Situación económica actual a nivel nacional.	A2. A3. Determinar proveedores suplentes en la región para equilibrar precios de los productos. A1. F4. Resaltar las ventajas de la marca respresentada, versus la competencia.	D4. A2. Equilibrar los salarios del personal con respecto a los precios tan altos que ofrece el laboratorio por cada producto y servicio; lo cual permitirá detener la rotación de personal y aprovechar las capacitaciones. D3. A1. Fortalecer la capacitación para enfrentarse a la competencia.

Fuente: elaboración propia.

2.5. Clientes

El laboratorio tiene como clientes a empresas industriales y comerciales de diversos rubros, tales como:

- Farmacéuticas
- Hospitales
- Instituciones educativas
- Alimentos
- Bebidas
- Azucareras
- Agropecuarias
- Frigorífica
- Tabacaleras

2.6. Actividades

Entre las principales actividades realizadas por el laboratorio se pueden mencionar:

- Servicio de calibración de balanzas.
- Venta de equipo de medición, entre los que destacan balanzas analíticas y de precisión, pHmetros, sensores, valoradores, densímetros, refractómetros, pipetas, analizadores halógenos de humedad, entre otros.

- Venta de microscopios para investigación en ciencias biológicas, microscopios para la industria y fabricación, microscopios para formación, microscopios forenses con software, y otros.
- Venta de equipo topográfico tales como: estación total, teodolitos, escáner láser, GPS, distanciómetros, entre otros.
- Mantenimiento y reparación de equipo.

2.7. Informe de servicios

Se realizó un conteo de los servicios requeridos por los clientes durante un período de 5 meses, tal como se muestra en la tabla VI.

Tabla VI. **Servicios del laboratorio**

SERVICIOS	MES					TOTAL
	1	2	3	4	5	
REPARACIONES	6	9	7	10	4	36
CALIBRACIONES	55	60	46	35	25	221
VENTAS DE EQUIPO	14	20	42	70	10	156

Fuente: elaboración propia.

Se pudo observar que el mayor requerimiento de los clientes, es el servicio de calibración, con respecto a las ventas y reparaciones. Sin embargo, del análisis realizado al laboratorio durante 5 meses, se evidencia la

disminución de servicios de calibración en el quinto mes. Por lo que se hace necesario iniciar acciones lo antes posible, para mantener la satisfacción del cliente en este servicio.

2.8. Proceso de calibración

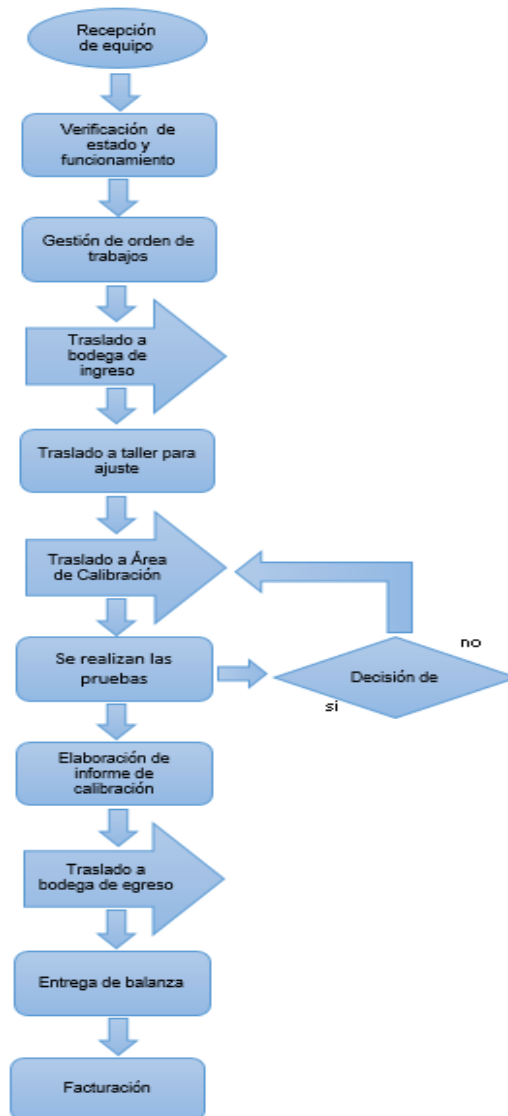
A continuación se describe servicio de calibración de balanzas en el laboratorio.

- El cliente envía el equipo al laboratorio para que el técnico lo revise físicamente y posteriormente emitir un recibo para recepción del equipo.
- El técnico traslada la balanza a la bodega de ingreso y procede a almacenarlo e identificarlo con una etiqueta de color rojo. Se coloca la balanza de tal manera que la placa de pesaje se encuentre en una posición exactamente horizontal.
- Posteriormente, el técnico transporta el instrumento al taller para su diagnóstico y ajuste de acuerdo a los manuales de servicio para la balanza.
- Pasa al área de calibración y se realizan las pruebas de calibración.
- Luego se elabora informe de calibración.
- Preparar la balanza para su almacenamiento y se traslada a la bodega de egreso y se identifica con una etiqueta verde, indicando que el equipo está reparado y calibrado. Para la entrega del equipo de medición, se debe revisar el empaque, retirar los cables conectados, las piezas

sueltas o movibles, asegurar ventanillas, rejillas, plato de pesada y pantalla.

- Entrega de la balanza y se procede a facturar.

Figura 9. Diagrama de flujo del servicio de calibración



Fuente: elaboración propia.

2.9. Factores que intervienen en el proceso de calibración

A continuación se describen los factores que intervienen en el proceso del servicio de calibración de balanzas:

2.9.1. Factores humanos

El laboratorio está conformado por once personas, de las cuales cuatro de ellas están directamente relacionadas con el proceso de calibración: el jefe del laboratorio de calibraciones y tres técnicos. Estas personas están contratadas a plazo indefinido.

Se logró determinar que la empresa no tiene actualizada la descripción de los puestos de trabajo para el personal. Asimismo, no existen registros de capacitaciones, lo cual se hace imprescindible, tal como lo expresa la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 10012 (2003) “la competencia puede lograrse mediante la educación, formación, experiencia y demostrarse por pruebas u observaciones de su desempeño” (p. 5).

2.9.2. Instalaciones

Las instalaciones del laboratorio están bien diseñadas en relación al espacio, iluminación, temperatura, mesas de trabajo, espacio para almacenamiento, asimismo, no hay interferencia de vibraciones.

La distribución del laboratorio está conformada por 6 áreas:

- Recepción
- Taller de reparación

- Calibración
- Almacenamiento de los instrumentos calibrados
- Bodegas
- Oficinas y archivo

El orden y la limpieza son condiciones indispensables para el desarrollo de las actividades del laboratorio, a fin de garantizar la calidad de las mediciones y prevenir riesgos en seguridad industrial.

Figura 10. **Área de calibración**



Fuente: Laboratorio Precisión.

2.9.3. Condiciones ambientales

En el laboratorio se tienen controladas las condiciones ambientales, ya que de no tenerlas puede crear incertidumbre en los resultados.

Los elementos ambientales que afectan la exactitud de los instrumentos son:

- Temperatura: se mantiene constante: 20 °C.
- Humedad relativa: se mantiene entre el 45 y 60 %. Esto evita la oxidación de los instrumentos.
- No hay ingreso de polvo al laboratorio.
- Iluminación: se considera es la apropiada para desempeñar correctamente las funciones. Lámparas con un nivel de 500 a 1000 lux.
- El lugar para calibraciones está situado lejos de aparatos de climatización, asimismo, está ubicado en un lugar poco frecuentado y lejos de la puerta de ingreso, debido a que las personas al pasar generan corrientes de aire.

Es importante indicar que, para llevar un control de las condiciones ambientales del laboratorio se utiliza un higrómetro, como el que se muestra en la figura 11.

Figura 11. **Termohigrómetro**



Fuente: Laboratorio Precisión.

2.9.4. Equipo

Para el adecuado funcionamiento, el laboratorio cuenta con los equipos necesarios, entendiéndose como equipos los instrumentos de medición, tales como:

- Una mesa de calibración
- Dos higrómetros (equipos de control de condiciones ambientales)
- Quince pinzas para diferentes pesos
- Cuatro pares de guantes
- Equipo auxiliar
- Una caja de pesas E2 para balanzas analíticas de 1 mg a 500 g, 1 caja de pesas F1 para balanzas de 1 a 30 kg y 30 pesas M1 para básculas de 30 kg hasta 300 kg.

Figura 12. **Equipo de calibración**



Fuente: Laboratorio Precisión.

2.9.5. Manipulación de las pesas

Las pesas patrón utilizadas en el laboratorio están embaladas en cajas de madera y cajas plásticas aprobadas por la Food And Drug Administration (FDA), que garantizan una elevada protección frente al polvo, así como a una manipulación descuidada o cambios de temperatura. Es importante indicar que, para el buen funcionamiento de las pesas se observó lo siguiente:

- Cada peso patrón se manipula con mucho cuidado en sus respectivas cajas para evitar daños o descalibración de los mismos.
- Para la calibración de las balanzas, la manipulación de las pesas se efectúa con guantes especiales para garantizar su buen estado y, asimismo, no existan resultados erróneos.
- Para una protección óptima, las pesas son almacenados en una bodega, la cual brinda protección contra agentes, como humedad y polvo.

Figura 13. **Pesos de calibración**



Fuente: Laboratorio Precisión.

2.10. Diagnóstico situacional

Durante la investigación se realizó una entrevista a 8 trabajadores del laboratorio, quienes están involucrados en el proceso de calibración. Para ello se utilizó un cuestionario con preguntas, que sirvieron como guía para enfocar la problemática.

Figura 14. **Cuestionario a personal del laboratorio**

Cuestionario realizado al personal del laboratorio

A continuación se realiza una serie de preguntas que permitirán conocer e identificar los problemas del laboratorio o las posibles desviaciones.

1. ¿Existe un organigrama actualizado del laboratorio y de la organización superior en que este está situado?
SÍ NO
2. ¿Existen documentos que reflejen las funciones y responsabilidades de cada una de las personas que realizan actividades que afecten a la calidad de las calibraciones?
SÍ NO
3. ¿Se ha establecido la sistemática para identificar necesidades de formación de capacitación?
SÍ NO
4. ¿Contienen suficiente información o procedimientos que permitan la correcta realización de las pruebas de calibración?
SÍ NO
5. ¿Se dispone de un listado actualizado de los equipos, material auxiliar y de referencia que posee el laboratorio para la realización de las pruebas y calibración?
SÍ NO
6. ¿Se han calibrado todos los equipos incluidos en el programa de calibración antes de su puesta en funcionamiento?
SÍ NO
7. ¿Se llevan a cabo las actividades de acuerdo a algún programa de recalibración?
SÍ NO
8. ¿Los informes de calibración son acorde a los datos tomados durante su realización, claros, concisos y fácilmente comprensibles para el destinatario final?
SÍ NO

Fuente: elaboración propia.

En la referida entrevista se realizaron preguntas directamente relacionadas al proceso de calibración y al personal que interviene, por lo cual se logró identificar que no tienen claridad de sus funciones específicas. Asimismo, se identificó que no cuentan con un plan de capacitaciones ni de trazabilidad para las pesas.

Posteriormente se diseñó una encuesta, la cual se aplicó a 150 clientes por medio de llamadas telefónicas, de forma presencial y correos electrónicos, a quienes se les solicitó calificar el cumplimiento de sus expectativas,

relacionadas a la calidad del servicio, el cumplimiento de los informes de calibración, así como el trato del personal tanto técnico como administrativo.

Figura 15. Encuesta a clientes

ENCUESTA DE LOS SERVICIOS DE CALIBRACIÓN DE BALANZAS	
Instrucciones: marque con una X el cuadro según el criterio que considere.	
1.	Cómo califica la calidad en el servicio de calibración? Excelente <input type="checkbox"/> Muy bueno <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> ¿Por qué? _____ _____
2.	Cómo califica el tiempo de entrega del servicio o producto? Excelente <input type="checkbox"/> Muy bueno <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> ¿Por qué? _____ _____
3.	Cómo califica los informes de calibración? Excelente <input type="checkbox"/> Muy bueno <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> ¿Por qué? _____ _____
4.	Cómo califica la atención del personal? Excelente <input type="checkbox"/> Muy bueno <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> ¿Por qué? _____ _____
Si tiene algún comentario o sugerencia, por favor indicar: _____ _____	

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la referida encuesta, se proyectan las no conformidades de los clientes, la calidad del servicio, el tiempo de entrega, los informes de calibración, y la atención del personal; al mismo tiempo solicitándoles que indicaran la razón por la cual otorgaron dicha calificación a

cada pregunta. Para ello se dejó un espacio en el cual pudieran realizar algún comentario o sugerencia.

Como resultado de las encuestas anteriores, se logró determinar las principales no conformidades de los clientes y del personal, las cuales se detallan en la tabla VII.

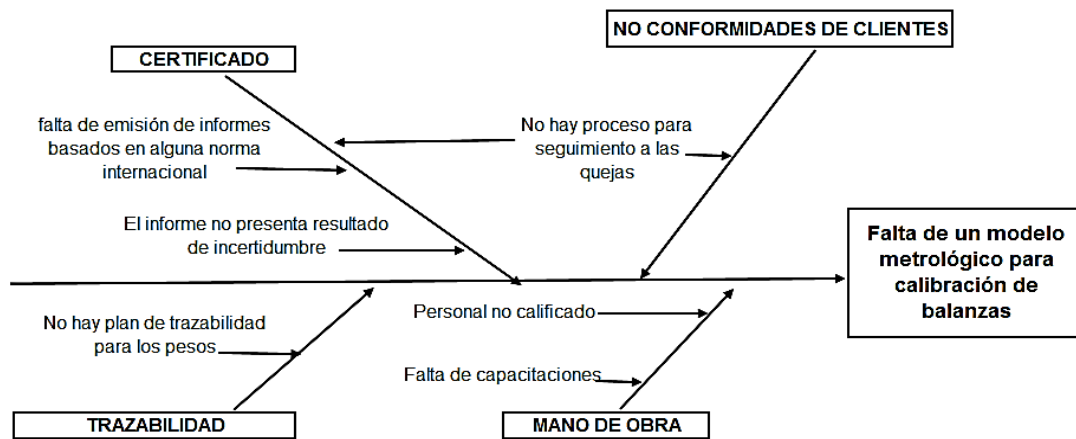
Tabla VII. **Tabulación de encuesta**

No.	TABULACIÓN	FRECUENCIA
1.	Inexistencia de un plan de capacitaciones	19
2.	Informes no se basan en alguna norma internacional	75
3.	No hay plan de trazabilidad	11
4.	No hay seguimiento a las quejas	45

Fuente: elaboración propia.

Derivado de los resultados de la entrevista y cuestionario, se identificaron las posibles causas de un problema específico; este se determinó en un diagrama de causa y efecto, aplicado como herramienta de calidad. Ver figura 16.

Figura 16. **Diagrama de causa y efecto del proceso de calibración de balanzas**



Fuente: elaboración propia.

El diagrama de causa y efecto se realizó tomando en consideración la información recabada: mano de obra, no conformidad de los clientes, emisión de informe que no están basados en alguna norma internacional y trazabilidad de las pesas en el laboratorio. En el diagrama se puede observar todas aquellas actividades que conllevan a la falta de implementar un modelo de metrología para calibración de balanzas.

Para el análisis de las no conformidades, se determinaron las principales causas del origen del problema. Para lo cual se aplicó el diagrama de Pareto, también conocido como la Ley 80-20, la cual expresa que, generalmente, pocas causas (20 %) generan la mayor cantidad de problemas (80 %).

Los datos de la tabla VIII, que continuación se presenta, muestra las insatisfacciones de los clientes y del personal, las cuales se encuentran en orden descendente, de acuerdo a los problemas más frecuentes.

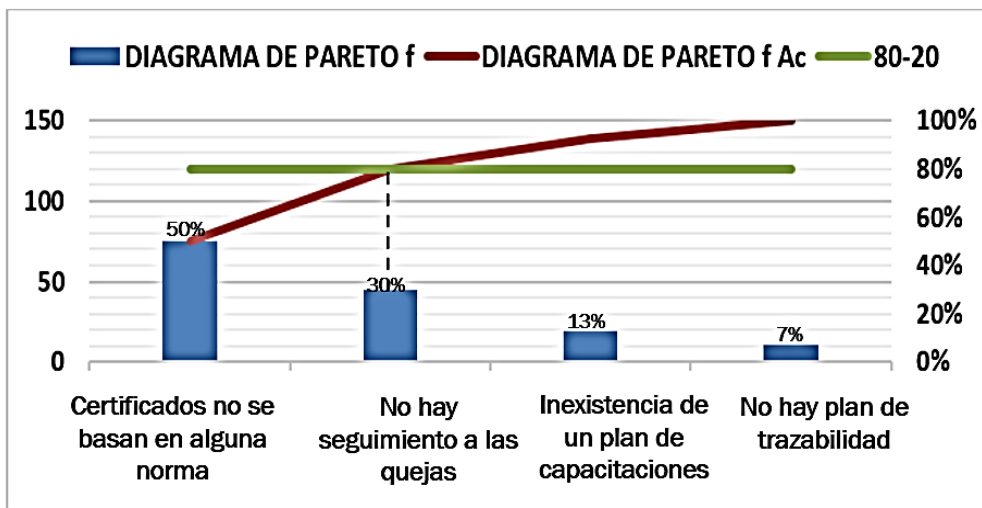
Tabla VIII. **Cálculo de frecuencias**

Problemas	f	f Ac %
Informes no se basan en alguna norma internacional	75	50
No hay seguimiento a las quejas	45	80
Inexistencia de un plan de capacitaciones	19	93
No hay plan de trazabilidad	11	100

Fuente: elaboración propia.

En la figura 17 se muestra el diagrama de Pareto, aplicando los datos anteriores.

Figura 17. **Diagrama de Pareto para determinar las principales causas**



Fuente: elaboración propia

En la figura 17 se observa que el 80 % de los defectos del proceso corresponden a que el laboratorio no emite certificados basados en alguna norma y no tiene un procedimiento para el seguimiento a quejas, reclamos, sugerencias, u opiniones de los clientes. Es decir que, corrigiendo las 2 principales causas, se solucionará el 80 % de inconformidades.

3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Derivado de la investigación realizada, se presentan los resultados de los objetivos planteados, para lo cual se utilizó la observación directa, entrevistas, encuestas, así como herramientas de calidad, con el fin de determinar la problemática existente, relacionada directamente a inconsistencias en el proceso de calibración de balanzas, obteniendo los siguientes resultados.

3.1. Fase: 1. Análisis del cumplimiento de requisitos en los certificados de calibración de balanzas

Como resultado de las no conformidades de los clientes con relación a que el laboratorio emite informes que no están basados en alguna norma, se decidió revisar ese formato, el cual fue cotejado contra el contenido básico que debe poseer un informe o certificado de calibración, según la Norma Técnica Guatemalteca NTG/ISO/IEC 17025:2017. Se observaron las siguientes inconsistencias:

- El informe no tiene indicadas las desviaciones de cada prueba.
- En el informe únicamente se anotan las mediciones sin dar resultados de la incertidumbre en la calibración.
- No presenta datos de trazabilidad de las pesas.
- No se indica la clasificación de las balanzas.
- No se indica qué método fue aplicado, descripción ni condiciones de las balanzas a calibrar.
- En el informe únicamente se muestra la fecha de recepción y no la de calibración.

- No indican las condiciones ambientales.
- El informe no cuenta con los nombres de las personas que lo autorizan.

3.1.1. Cumplimiento de los requisitos en los certificados de calibración de balanzas

Según la Norma NTG/ISO/IEC 17025 (2017), en el numeral 7.8.2.1, indica que un certificado de calibración de balanzas debe incluir la siguiente información:

- Título, por ejemplo: informe de ensayo, certificado de calibración o informe de muestreo;
- Nombre y la dirección del laboratorio;
- Lugar en que se realizan las actividades de laboratorio, incluso cuando se realizan en las instalaciones del cliente o en sitios alejados de las instalaciones permanentes del laboratorio, o en instalaciones temporales o móviles asociadas;
- Identificación única de que todos sus componentes se reconocen como una parte de un informe completo y una clara identificación del final;
- Nombre y la información de contacto del cliente;
- Identificación del método utilizado;
- Descripción, una identificación inequívoca y, cuando sea necesario, la condición del ítem;
- Fecha de recepción de los ítems de calibración o ensayo, y la fecha del muestreo, cuando esto sea crítico para la validez y aplicación de los resultados;
- Fechas de ejecución de la actividad del laboratorio;
- Fecha de emisión del informe;

- Referencia al plan y método de muestreo usados por el laboratorio u otros organismos, cuando sean pertinentes para la validez o aplicación de los resultados;
- Declaración acerca de que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo, calibración o muestreo;
- Los resultados con las unidades de medición, cuando sea apropiado;
- Las adiciones, desviaciones o exclusiones del método;
- La identificación de las personas que autorizan el informe;
- Identificación clara cuando los resultados provengan de proveedores externos (p. 23).

Asimismo, la Norma NTG/ISO/IEC 17025 (2017), en el numeral 7.8.4.1 indica que además de los requisitos anteriormente citados, los certificados de calibración deben incluir lo siguiente:

- La incertidumbre de medición del resultado de medición presentado en la misma unidad que la de la unidad del mensurando o en un término relativo a dicha unidad (por ejemplo, porcentaje);
- Las condiciones (por ejemplo, ambientales) en las que se hicieron las calibraciones, que influyen en los resultados de medición;
- Declaración que identifique cómo las mediciones son trazables metrológicamente;
- Los resultados antes y después de cualquier ajuste o reparación, si están disponibles;
- Cuando sea pertinente, una declaración de conformidad con los requisitos o especificaciones;
- Cuando sea apropiado, opiniones e interpretaciones (p.26).

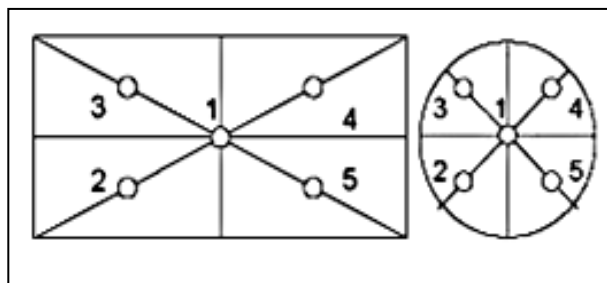
3.2. Fase 2. Establecer las principales pruebas de calibración para balanzas

Con base en la Norma Técnica Guatemalteca NTG 4015 (OIML R76-1) “Instrumentos de pesaje no automático” y a la *Guía ABC de la pesada*, se presentan las principales pruebas de calibración para balanzas. Logrando definir las pruebas más importantes: excentricidad, repetibilidad, discriminación y linealidad.

3.2.1. Excentricidad

En la Norma Técnica Guatemalteca NTG 4015 (2006) se hace referencia que para esta prueba “se debe aplicar una carga correspondiente a 1/3 de la suma de la capacidad máxima” (p.30). Lo anterior debe realizarse en las 5 posiciones diferentes del área de pesaje, indicadas en la figura 18.

Figura 18. Posiciones de carga para prueba de excentricidad



Fuente: EURAMENT. Guía de calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático. (p.18).

Tabla IX. **Ejemplo de prueba de excentricidad**

Val. Nominal		Val. Indicación	Desviación
3000	g	1 3000.00	g 0.00
		2 3000.00	g 0.00
		3 3000.00	g 0.00
		4 2999.99	g 0.01
		5 3000.00	g 0.00

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, en la segunda columna se coloca la desviación o diferencia entre el peso nominal y la indicación que muestra la balanza en las 5 posiciones.

3.2.2. Prueba de repetibilidad

Para esta prueba se realizarán 2 series de pesaje, la primera será con un peso equivalente al 50 % de capacidad máxima de la balanza a calibrar, y la segunda serie, consiste en colocar un peso equivalente al 100 % de capacidad máxima de la balanza, como se muestra en la tabla X.

Posterior a realizar las 10 mediciones en cada serie, se calcula la desviación estándar. Para calcular la diferencia de errores, únicamente se realiza la diferencia entre el error máximo y el mínimo de cada carga, como se demuestra en la tabla X.

Tabla X. **Ejemplo de prueba de repetibilidad**

No.	50% Max.		100% Cap. Max.	
	4000	g	8000	g
1	4000.00		8000.00	
2	4000.00		8000.00	
3	4000.00		8000.00	
4	3999.99		8000.00	
5	4000.00		7999.99	
6	4000.00		8000.00	
7	3999.99		8000.00	
8	4000.00		8000.00	
9	4000.00		8000.00	
10	4000.00		8000.01	
DIF		0.01		0.02

Fuente: elaboración propia.

En la *Guía ABC de la pesada* (2012) indica que en esta prueba se debe determinar el promedio y la repetibilidad de esta serie de mediciones, utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{Promedio } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Donde:

x_i = promedio de las i de la serie de mediciones

n : cantidad de mediciones (10)

El promedio es de $x = 8000.00$ g

Posteriormente se aplica la desviación estándar S

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Siendo la repetibilidad de la serie de mediciones $S = 0.0047$ g

3.2.3. Discriminación

Con esta prueba se verifican todos los campos de pesaje, aplicando una carga adicional igual a 1,4 veces la división de escala real, al ser colocada suavemente en el instrumento en equilibrio o retirada del mismo, debe cambiar la indicación inequívocamente.

Tabla XI. **Ejemplo de prueba de discriminación**

	Cap. Min.	50% Max.	100% Cap. Max.
Val. Nominal	20 g	4000 g	8000 g
Val. Indicación	20.00 g	4000.00 g	8000.00 g
Carga Extra (1.4 d)	1.4 d g	1.4 d g	1.4 d g
Se cumple la prueba	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia.

3.2.4. Linealidad

Con esta prueba se verifican todos los campos de pesaje, y todos los puntos deben ser distribuidos uniformemente en todo el intervalo de medición, es decir, para una balanza de capacidad máxima de 200 gramos y una resolución, se pueden utilizar las pesas de 5, 20, 50, 100, 150 y 200 gramos, como se muestra en la tabla XII.

Tabla XII. **Ejemplo de prueba de linealidad**

No.	Val. Nominal		Val. Indicación		Desviación
1	5.00	g	5.00	g	0.00
2	20.00	g	20.00	g	0.00
3	50.00	g	50.00	g	0.00
4	100.00	g	99.99	g	0.01
5	200.00	g	200.00	g	0.00

Fuente: elaboración propia.

3.3. Fase 3. Determinación de un proceso que permita recibir, evaluar y tomar decisiones para gestionar quejas

En la Norma NTG 17025 (2017), en el numeral 7.9.1, indica que “el laboratorio debe contar con un proceso documentado para recibir, evaluar y tomar decisiones acerca de las quejas” (p. 27).

Por otro lado, la Norma NTG 17025 (2017), establece que:

- En el laboratorio debe estar disponible una descripción del proceso de tratamiento de quejas para cuando lo solicite cualquier parte interesada. Al recibir la queja, el laboratorio debe confirmar si dicha queja se relaciona con las actividades de laboratorio de las que es responsable, y en caso afirmativo, tratarlas. El laboratorio debe ser responsable de todas las decisiones a todos los niveles del proceso de tratamiento de quejas.
- El proceso de tratamiento de quejas debe incluir, al menos, los elementos y métodos siguientes:

- a) una descripción del proceso de recepción, validación, investigación de la queja y decisión sobre las acciones a tomar para darles respuesta;
 - b) el seguimiento y registro de las quejas, incluyendo las acciones tomadas para resolverlas;
 - c) asegurarse de que se toman las acciones apropiadas.
- El laboratorio que recibe la queja debe ser responsable de recopilar y verificar toda la información necesaria para validar la queja.
 - Siempre que sea posible, el laboratorio debe acusar recibo de la queja y debe facilitar a quien presenta la queja, los informes de progreso y del resultado del tratamiento de la queja.
 - Los resultados que se comuniquen a quien presenta la queja deben realizarse por, o revisarse y aprobarse por, personas no involucradas en las actividades de laboratorio que originaron la queja.
 - Siempre que sea posible, el laboratorio debe notificar formalmente a quien presenta la queja, el cierre del tratamiento de la queja. (p.27)

3.4. Discusión de resultados

La importancia de que un instrumento de medición se encuentre correctamente calibrado, ayuda al mejoramiento de los procesos, al control de la producción y al cumplimiento de las especificaciones de los productos; razón por la cual se hace indispensable que un certificado presente la evidencia de las pruebas realizadas, así como sus desviaciones.

Para el cliente, un certificado de calibración es la evidencia que su balanza ha sido calibrada, y considerando que la mayoría de empresas ya están certificadas, o se encuentran en este proceso, es necesario regirse a los lineamientos para emitir certificados de calibración de balanzas, basados en alguna norma internacional. El modelo de metrología contiene el diseño de un certificado de calibración de balanzas y al implementarse el proceso se mejorará en un 50 % con respecto a las no conformidades.

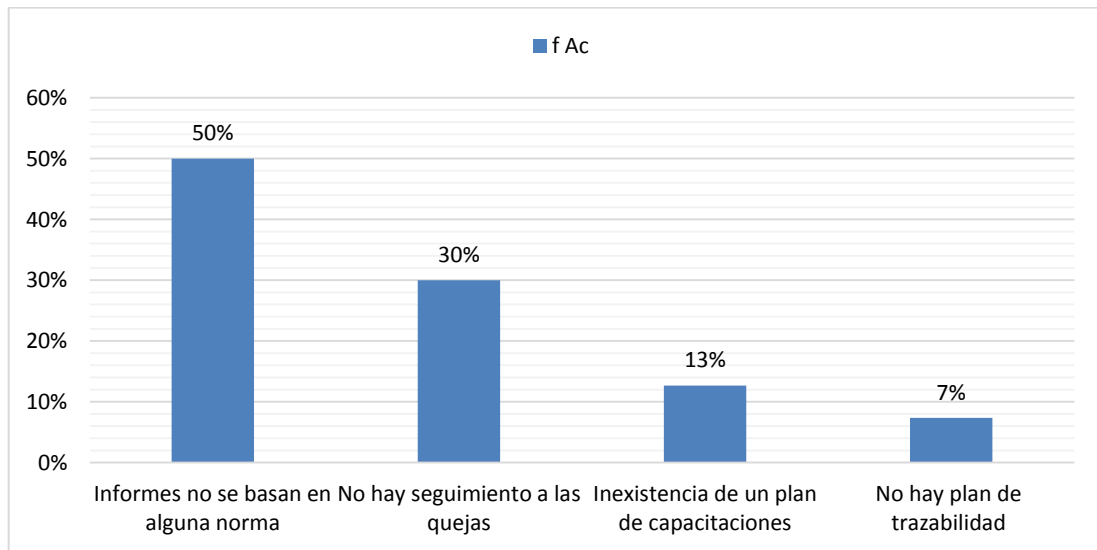
De la misma forma, otra problemática que surgió derivado de la encuesta a los clientes, es que el personal del laboratorio no realiza un seguimiento a las quejas o inconformidades.

Es importante indicar que, al recibir una queja de un cliente, el laboratorio debe enfocarse en identificar el problema y realizar la acción correctiva inmediata, analizar las causas, identificar la causa raíz y eliminarla para evitar en el futuro una posible ocurrencia por lo mismo. La retroalimentación de los servicios que prestan, por consiguiente, pierden la fidelidad del cliente, además de optar por oportunidades de mejora que les permita ampliar su expertiz en el manejo de quejas, así como fidelizar su cartera, conservando al cliente.

Como resultado de lo expuesto, se desarrolla un procedimiento que permite recibir, evaluar y tomar decisiones para gestionar las quejas, conforme los requisitos de la Norma NTG/ISO/IEC 17025.

En consecuencia, se logró determinar que al corregir las 2 principales causas, se soluciona el 80 % de las no conformidades de los clientes. Sin embargo, es importante indicar que el modelo de metrología para el laboratorio de calibración de balanzas, también contempla el 20 % restante de no conformidades, por lo que presenta un plan de capacitaciones y de trazabilidad.

Figura 19. **Porcentaje de no conformidades**



Fuente: elaboración propia.

4. PROPUESTA DE MODELO DE CALIBRACIÓN

Dentro de la propuesta de mejora se presenta un modelo de metrología para el laboratorio de calibración de balanzas, el cual permitirá reducir el porcentaje de no conformidades. La propuesta comprende el diseño de certificado de calibración de balanzas, desarrollo de un proceso para gestión de quejas, implementación de un plan para capacitación del personal y otro para trazabilidad de las pesas, bajo los lineamientos de la Norma Técnica Guatemalteca NTG/ISO/IEC 17025:2017.

Dentro de la propuesta de un modelo de calibración, se recomienda disponer de un formato que permita colocar información de la verificación o inspección de la balanza, antes de realizar las pruebas de calibración, ver tabla XIII.

Tabla XIII. Información preliminar


MARCA BALANZA	IDENTIFICACION (SERIAL)	MODELO BALANZA
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
CLASE DE BALANZA	ESCALÓN DE VERIFICACIÓN (e)	DIVISIÓN MÍNIMA (d)
<input type="text"/>	<input type="text"/> g	<input type="text"/> g
CAPACIDAD MÁXIMA	CAP- MÁXIMA A CALIBRAR	MÍNIMO LEGAL
<input type="text"/> g	<input type="text"/> g	<input type="text"/> g
NÚMERO DE INTERVALOS (n)	SET DE PESOS No.	CLASE OIML
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
CABLEADO <input type="checkbox"/>	SUPERFICIE DE PESAJE <input type="checkbox"/>	MESA / SUELO <input type="checkbox"/>
NIVELACIÓN <input type="checkbox"/>	ROTULACIÓN <input type="checkbox"/>	BALANZA NUEVA <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES:		
<input type="text"/>		
<input type="text"/>		

Fuente: elaboración propia.

4.1. Diseño de formato para certificado

A continuación, se muestra la primera parte de un certificado de calibración de balanzas.


Figura 20. Diseño de formato parte 1


		CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE BALANZAS	
		Certificado No. <input type="text"/>	
DATOS DEL CLIENTE			
NOMBRE DEL CONTACTO:	<input type="text"/>		
NOMBRE DE COMPAÑÍA:	<input type="text"/>		
DIRECCIÓN DE COMPAÑÍA:	<input type="text"/>		
DIRECCIÓN DEL LABORATORIO:	<input type="text"/>		
ÁREA O DEPARTAMENTO:	<input type="text"/>		
BALANZA			
MARCA:	<input type="text"/>	MODELO:	<input type="text"/>
SERIE NO.:	<input type="text"/>	CLASE:	<input type="text"/>
RESOLUCIÓN d	<input type="text"/> g	VALOR DE (e)	<input type="text"/> g
CAP. MÁXIMA:	<input type="text"/> g	TEST DE CAL:	<input type="text"/> g
TRAZABILIDAD			
SET DE PESOS:	<input type="text"/>	SERIE NO.:	<input type="text"/>
CLASE OIML:	<input type="text"/>	CERTIF. NO.:	<input type="text"/>
CONDICIONES AMBIENTALES DE CALIBRACIÓN			
TEMPERATURA:	<input type="text"/>	°C	
HUMEDAD RELATIVA:	<input type="text"/>	%	
MÉTODO Y FECHA DE CALIBRACIÓN			
MÉTODO:	<input type="text" value="COMPARACIÓN DIRECTA DE PESOS"/>		
FECHA DE CALIBRACIÓN:	<input type="text"/>		
FECHA DE RECEPCIÓN:	<input type="text"/>		
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	<input type="text"/>		
FECHA DE EJECUCIÓN:	<input type="text"/>		
			Páa. 1/3

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Diseño de formato parte 2

A. PRUEBA DE EXCENTRICIDAD





ANTES DEL AJUSTE

Val. Nominal	g	1	Val. Dúrpay	g	Derivación	g
		2				
		3				
		4				
		5				

DESPUÉS DEL AJUSTE

Val. Nominal	g	1	Val. Dúrpay	g	Derivación	g

B. PRUEBA DE LINEALIDAD

ANTES DEL AJUSTE

1	Val. Nominal	g	2	Val. Dúrpay	g	Derivación	g

DESPUÉS DEL AJUSTE

1	Val. Nominal	g	2	Val. Dúrpay	g	Derivación	g

C. PRUEBA DE REPETIBILIDAD

ANTES DEL AJUSTE

No.	Cap. Min.	g	50% Max.	g	Cap. Max.	g
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
DIF						
S						

DESPUÉS DEL AJUSTE

No.	Cap. Min.	g	50% Max.	g	Cap. Max.	g
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
DIF						
S						

D. PRUEBA DE DISCRIMINACIÓN

	Cap. Min	g	50% Max.	g	Cap. Max.	g
Val. nominal						
Val. indicador						
Carga extra (1.4d)	1.4 d		1.4 d		1.4 d	
Se cumple la prueba	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	

Pág. 2/3

Fuente: elaboración propia.

4.2. Implementación de un proceso que permita recibir, evaluar y tomar decisiones para gestionar las quejas

Asignar un responsable de calidad para darle seguimiento a cada queja o no conformidades en el servicio, debiendo conservar los registros y su investigación, así como de las acciones tomadas por el laboratorio.

4.2.1. Política para medir quejas o inconformidades

Esta política de quejas consiste en atender las no conformidades de los clientes respecto al servicio recibido, en el tiempo máximo de 5 días a partir de la fecha de recepción, brindando una solución justa, determinada por la investigación de las causas de la inconformidad.

Si se determina que la queja o no conformidad es justificable, en función de su gravedad, el responsable de calidad utilizará el registro, según tabla XIV apertura de queja, debiendo analizar las causas y determinar las acciones correctivas.

Este reporte puede ser recibido por personal del laboratorio o por correo electrónico, el cual será remitido posteriormente al responsable de calidad, para su debido trámite.

Tabla XIV. **Apertura de queja**

1	Reclamo N°:	Fecha:
	Cliente:	
	Empresa:	
	Dirección:	
	Teléfono de contacto:	
	Dirección de correo electrónico:	
2	Recibido por	Nombre y firma
		Fecha
3	Motivo de la queja	Firma cliente
4	Observaciones: justificar si es necesario o no la apertura de un informe de acción	Recibido responsable de calidad
		Nombre y firma
		Fecha

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. **Seguimiento a la disminución de quejas**

- Todas las quejas o no conformidades son reflejadas en el registro, según tabla XV, evaluación de quejas por el responsable de calidad.

Tabla I. Evaluación de quejas

1. IDENTIFICACIÓN DE ACCIONES		
Caso No.	Fecha prevista de cierre	Nombre y firma del responsable de calidad
Acción		
2. EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN CORRECTIVA / PREVENTIVA		
Fecha	Comentario (1)	Firma del responsable:
(1) indicar: finalizado, ampliación plazo, requiere nueva acción, nº, etc.		

Fuente: elaboración propia.

- El responsable de calidad deberá realizar una investigación de las causas que originan el problema y analizar las consecuencias que provoca. Posteriormente, deberá contactar al cliente y determinar las acciones correctivas que eviten otros reclamos por la misma causa.

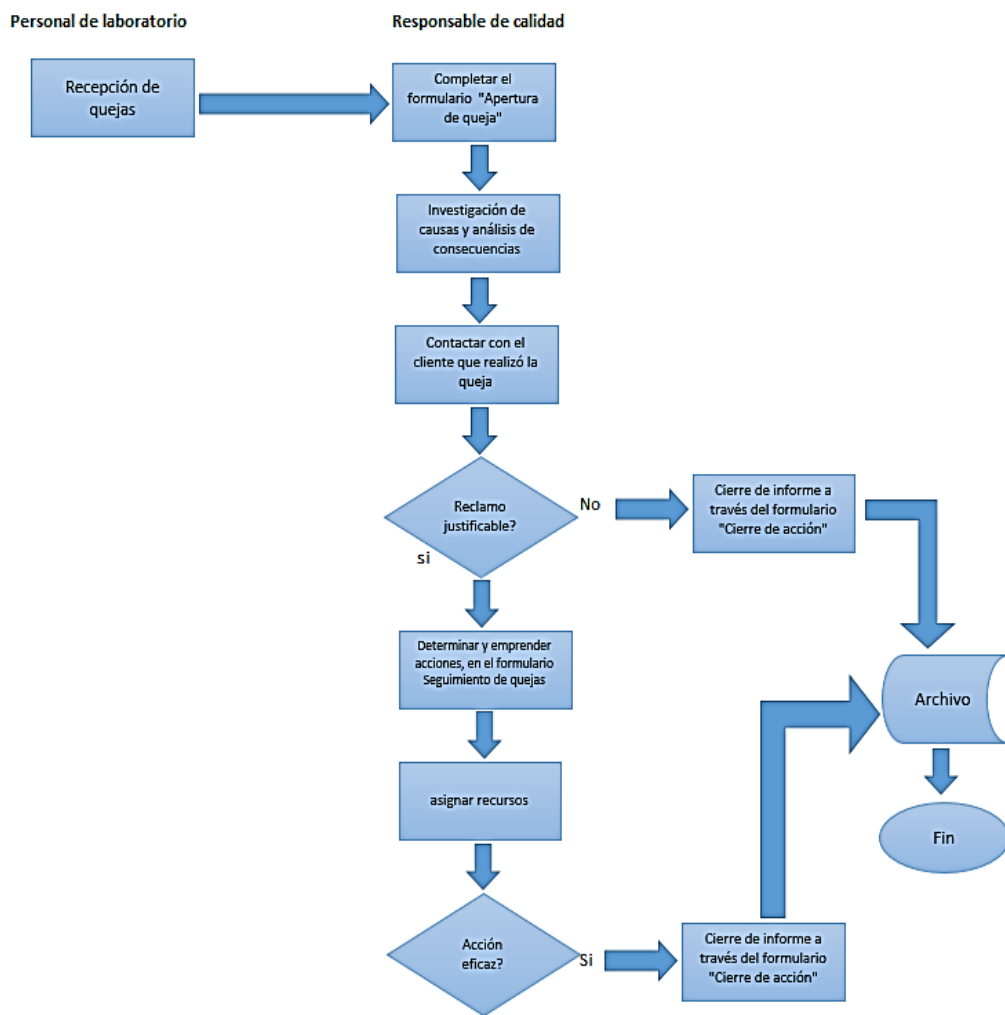
Tabla XV. Cierre de acción

1. CIERRE DE LA ACCIÓN CORRECTIVA/ PREVENTIVA	
	Fecha
	Nombre y firma del responsable de calidad
2. COMPROBACIÓN DE LA EFICACIA	
EFICAZ: SÍ ___ NO ___	Fecha
¿Apertura de nueva acción? Nº _____	Nombre y firma del responsable de calidad
Observaciones	

Fuente: elaboración propia.

El responsable de calidad llevará registro de todas las quejas o no conformidades recibidas y de la documentación generada por las mismas, así como de las acciones tomadas en consecuencia, hasta el cierre de la acción.

Figura 23. **Flujograma de proceso**



Fuente: elaboración propia.

4.3. Plan de capacitación para personal que realiza un servicio de calibración de balanzas

Según numeral 6.2.3 de la Norma NTG 17025 (2017) indica que “el laboratorio debe asegurarse de que el personal tiene la competencia para realizar las actividades de laboratorio de las cuales es responsable y para evaluar la importancia de las desviaciones” (p.13).

El laboratorio de calibración, posterior al análisis realizado, comprende la importancia de la capacitación y que no se trata de un gasto innecesario, sino de una inversión mucho más productiva al tener resultados positivos, con mayores beneficios en lo económico, calidad del servicio en el laboratorio y en lo propio con el trabajador.

El modelo de metrología que se implementará en el laboratorio, también comprende un plan de capacitaciones para el personal que esté involucrado en el proceso del servicio de calibración de balanzas.

4.3.1. Capacitación

El objetivo de un plan de capacitación es establecer la metodología y aplicarla al personal que requiere adquirir nuevos conocimientos o bien perfeccionarse en esto.

La necesidad de capacitar a un trabajador puede provenir de la jefatura del laboratorio o bien puede ser detectada por el mismo trabajador. La capacitación que se solicite debe tener directa relación con el cargo que se desempeñe.

Si la necesidad de capacitación proviene de parte del trabajador, este se dirige al jefe de laboratorio, quien le da su aprobación. Para posteriormente solicitar el visto bueno de la alta dirección. Si la necesidad proviene del jefe de laboratorio, entonces será este el encargado de solicitar el visto bueno de la alta dirección.

Una vez autorizado el curso, el trabajador que hará uso del beneficio de la capacitación, estará obligado a asistir a donde se le capacitará y tendrá que aprobarlo, de lo contrario, incidirá de forma negativa su participación para futuras capacitaciones y evaluaciones.

Para el laboratorio de calibración de balanzas, es indispensable que el personal esté capacitado, pues únicamente así podrá evaluar la competencia de cada trabajador. Asimismo, tomar decisiones sobre promociones, despidos, compensaciones y determinar necesidades de formación. Además, permite identificar si se está cumpliendo con los objetivos de la empresa.

a. Temas propuestos para capacitación

Derivado a la entrevista con el personal técnico se recomiendan algunos temas que intervienen en el proceso de calibración de balanzas, detallados a continuación.

- Norma Técnica Guatemalteca NTG/ISO/IEC 17025:2017
- Clasificación de balanzas según NTG 4015
- Certificado de calibración
- Clasificación de pesas
- Cálculo de Incertidumbre
- Trazabilidad

b. Evaluación posterior a la capacitación

Es necesario, como forma de control, evaluar el desempeño del personal tanto técnico como administrativo después de capacitado, por lo que el jefe de laboratorio deberá responder el cuestionario indicado en la figura 24 y tomar acciones.

Figura 24. **Cuestionario para evaluar desempeño**

EVALUACIÓN POSTERIOR A LA CAPACITACIÓN

Por favor, señale con una "X" las respuestas que considere correspondan al aprendizaje del personal y al proceso posterior al curso.

1. Los conocimientos de los asistentes sobre el curso han:
Permanecido igual Aumentado ligeramente Apreciable mejoría
2. Los temas explicados en este curso, para los asistentes han sido:
Inadecuados Conviene revisarlos Muy apropiados
3. Los asistentes dicen que en el curso aprendieron:
Nada Poco Muy satisfecho del aprendizaje
4. Se aprecia mejoría en la forma de ejecutar el proceso:
No, en absoluto Se percibe alguna mejoría El proceso ha mejorado
5. La mejora del proceso podría incrementarse al:
Repetir el curso Programar un nuevo curso Cambiar de personal

Sugerencias _____

Fuente: elaboración propia.

4.4. Plan de trazabilidad

En el numeral 6.5.2 de la Norma Técnica Guatemalteca NTG/ISO/IEC 17025 (2017) indica que el laboratorio debe asegurarse de que los resultados de la medición sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) mediante:

- La calibración proporcionada por un laboratorio competente;
- Los valores certificados de materiales de referencia certificados proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI;
- La realización directa de unidades del SI aseguradas por comparación, directa o indirecta, con patrones nacionales o internacionales. Todos los patrones y equipos utilizados para las calibraciones que tienen un efecto significativo en la exactitud o en la validez del resultado de la calibración de instrumentos de pesaje, deben estar calibrados antes de ser puestos en servicio.

Los patrones se calibran para conservar sus magnitudes y rangos, por lo que es necesario que organismos especializados aseguren su trazabilidad.

Las pesas se utilizan exclusivamente para las actividades de calibración de instrumentos de pesaje, por lo que se deben cuidar sus condiciones de conservación, su período recomendado de uso y deberán someterse a los procedimientos de control necesarios de acuerdo con la tabla XVII.

Tabla XVI. **Control de equipo**

FICHA TÉCNICA					
Equipo de medición y calibración:					
País de fabricación:			Código equipo:		
Marca:			No. de serie:		
Modelo:			Laboratorio:		
Area donde está instalado:					
DATOS TÉCNICOS DE MEDICIÓN					
Instrumentos de Medición Incorporados					
Instrumento de Medición	Código instrumento	Rango de medición	Valor de división	Crítico	
				Sí	No
Condiciones en que se recibió:					
Nuevo: x	Usado:	Reacondicionado:	Prestado:	Otros:	
Intervalo de calibración o verificación:	Calibración	Verificación	Resultado		
Proveedores de servicio de:	Calibración	Verificación	Resultado		
Fecha de recepción:			Fecha de puesta en servicio:		
Fecha plan /calibración:			Fecha de vencimiento:		
Observaciones:					
Realizado por:			Firma:		
Cargo:			Fecha:		

Fuente: elaboración propia.

4.4.1. **Establecimiento del intervalo de calibración y verificación**

El período o intervalo de calibración es el tiempo que debe transcurrir entre dos calibraciones sucesivas de un equipo o patrón, de forma que la fiabilidad de los resultados de las medidas realizadas con ese equipo o patrón, esté asegurada durante este tiempo, salvo mal uso o deterioro.

Como forma general, para las pesas patrón, se calibrarán en periodos de dos años como máximo o según recomendación del fabricante. La actividad de verificación se realizará en fechas intermedias entre calibraciones, por lo menos debe realizarse una verificación entre periodos de calibración.

La calibración podrá ser interna, cuando el laboratorio disponga de los procedimientos y de los patrones de referencia adecuados con la trazabilidad necesaria, o externa si se efectúa por entidades de calibración aceptadas por el organismo acreditador.

4.5. Trazabilidad de los resultados de medición para laboratorios

La política ILAC-P10:01 (2013) menciona que la evidencia apropiada para competencia técnica de un laboratorio que declaró la trazabilidad metrológica es posible que se incluya, pero no se limite a lo siguiente: (los números se refieren a las cláusulas en ISO/IEC17025: 2005):

- Registros de la validación de los métodos de calibración (5.4.5)
- Procedimientos para la estimación de incertidumbre (5.4.6)
- Documentación de la trazabilidad de las mediciones (5.6)
- Documentación para asegurar la calidad de los resultados de calibración (5.9)
- Documentación de la competencia del personal (5.2)
- Documentación de instalaciones y condiciones ambientales (5.3)
- Auditorías del laboratorio de calibración (4.6.4 and 4.14).

Para laboratorios no acreditados debería tenerse en cuenta que puede ser necesario llevar a cabo una evaluación práctica del laboratorio utilizado, similar a la que se lleva a cabo por un organismo de acreditación contra la norma ISO/IEC 17025, para asegurar que se realiza trabajo competente (p.10)

4.5.1. Comparación del modelo propuesto con los requisitos establecidos en la política ILAC-P10:01

- El laboratorio está en proceso de validar el método de calibración a utilizar.
- El laboratorio ya cuenta con un procedimiento para la estimación de incertidumbre.
- Con el modelo propuesto, el laboratorio desarrollará un plan para el seguimiento a la documentación de la trazabilidad de las mediciones.
- Con el modelo propuesto, el laboratorio desarrollará un plan para el seguimiento a la documentación para asegurar la calidad de los resultados de calibración.
- Con el modelo propuesto el laboratorio desarrollará un plan para la documentación de la competencia del personal.
- El laboratorio cuenta con la documentación requerida de sus instalaciones y condiciones ambientales.
- El laboratorio implementará auditorías internas de calibración, con la finalidad de asegurar su competencia.

CONCLUSIONES

1. Con la introducción de un modelo de metrología, se pretende que el laboratorio continúe con el compromiso de documentar todos sus procesos bajo la Norma Técnica Guatemalteca NTG/ISO/IEC 17025:2017, con la finalidad de que este pueda demostrar su competencia.
2. El laboratorio emite certificados que no cumplen con alguna norma, por lo que se aplicaron los requisitos para extender certificados de calibración de balanzas, basados en la Norma Técnica Guatemalteca 17025:2017, lo cual permitirá disminuir las no conformidades de los clientes, sobre todo si se puede demostrar que el laboratorio cumple con la trazabilidad de las mediciones.
3. Se desarrolló un procedimiento para realizar las pruebas de calibración y se determinaron las pruebas más importantes, siendo estas: la de excentricidad, repetibilidad, discriminación y linealidad. La combinación de estas pruebas garantiza que los equipos son repetibles, reproducibles y trazables.
4. Para mejorar los servicios en el laboratorio, se estableció un proceso que permite recibir, evaluar y tomar decisiones para gestionar las quejas.

RECOMENDACIONES

1. Si el laboratorio no lograra optar a un reconocimiento internacional, como la acreditación, se debe llevar a cabo una evaluación práctica del laboratorio, similar a la que son realizadas por un organismo de acreditación contra la Norma NTG/ISO/IEC 17025, para asegurar que se realiza un trabajo competente.
2. Colocar la vigencia de la validez de los resultados en el certificado de calibración, pues en ellos se emiten los resultados de la calibración, los cuales son obtenidos bajo las condiciones en el laboratorio de calibración y mediante los procedimientos del mismo. Por lo cual, los resultados solo son válidos bajo estas circunstancias.
3. Indicar que durante el proceso de calibración, hay que mantener una estabilidad ambiental (temperatura, humedad relativa y en algunos casos la presión atmosférica). Asimismo, que el equipo se coloque en un lugar libre de vibraciones, de luz solar directa, de corrientes de aire, así como de magnitudes de influencia.
4. Asignar un responsable de calidad para darle seguimiento a cada queja o no conformidad en el servicio, debiendo conservar los registros y su investigación, así como de las acciones tomadas por el laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Australia, Inter American Accreditation Cooperation (2013). ILAC-P10:01/2013 ILAC Policy on the Traceability of Measurement Results.
2. Carbonell, P. & Hilario, A. (1999). Empleo de la incertidumbre estimada por calibración según ISO 9000 en el diseño de lazos robustos de regulación. Salamanca.
3. Ecuador. Instituto Ecuatoriano de Normalización (1998). Guía práctica ecuatoriana. selección, instalación, mantenimiento y verificación de balanzas de gran capacidad. Ecuador.
4. Ecuador, Instituto Ecuatoriano de Normalización (2016). NTE INEN-OIML R 76-1, Instrumentos de pesar no automáticos.
5. España, Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2012). Vocabulario internacional de metrología conceptos fundamentales y generales, y términos asociados.
6. Francia, Organization Internationale de Metrologie Légale (2004). OIML R111. Metrological and technical requirements.
7. Germany, European Association of National Metrology Institutes (2011). Guidelines on the calibration of non-automatic weighing instruments.

8. Guatemala, Ministerio de Economía (2006). Norma Técnica Guatemalteca 4015. Instrumentos de pesaje no automático. Número de páginas de esta norma
9. Guatemala, Ministerio de Economía (2017). Norma Técnica Guatemalteca NTG-ISO/IEC 17025. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.
10. Guatemala, Oficina de Acreditación Guatemalteca (2017). Guía para la declaración del alcance en laboratorios de calibración.
11. Guatemala, Oficina de Acreditación Guatemalteca (2018). Política de la incertidumbre de medición para laboratorios de ensayo y de calibración y laboratorios de análisis clínicos.
12. Howarth (2008). Traducción de Metrology. (2 ed.) País. Editorial
13. Marbán, R. & Pellecer, J. (2002). Metrología para no-metrólogos. Revisar si tiene edición, país y editorial.
14. México, Guía Metas (2005). Metas & Metrólogos.
15. Remedi, J. (2011). Calibración de equipos de laboratorios y su verificación intermedia. Argentina.
16. Suiza, Mettler Toledo (2000). Balanzas en la gestión de calidad.

17. Suiza, Organización Internacional de Normalización ISO 9000 (2005).
Sistemas de gestión de la calidad —fundamentos y vocabulario.
18. Suiza, Mettler Toledo (2012). Guía ABC de la pesada.

