



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Proceso de formación para calificar
como signatario autorizado**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Marcos Guzmán Hernández

ASESOR(A) DE INFORME

Dr. Álvaro Ayala Ruiz



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019

Resumen

El presente escrito es un informe de actividades laborales, donde se describen los procesos realizados para alcanzar la competencia técnica y lograr el reconocimiento como signatario autorizado por parte de un organismo regulatorio. Dicho reconocimiento es en el área de calibración de instrumentos para pesar. Tales actividades fueron realizadas dentro de un laboratorio de metrología en la magnitud de masa que brinda servicios de calibración.

En el primer capítulo se da una breve descripción acerca de la empresa en que desarrollé el informe, y campo de aplicación de los servicios brindados por ella. Posteriormente en el capítulo dos se da a conocer la normatividad, criterios aplicables para la persona propuesta para calificar, además se da una definición formal del signatario autorizado, así como sus responsabilidades. En el capítulo tres se muestran las actividades propiamente que un signatario realiza, sin aún contar con el reconocimiento. Por último, en el capítulo cuatro se muestran los resultados del informe así como las conclusiones del mismo.

Contenido

Capítulo I Antecedentes	1
1.1 Introducción	1
1.2 Organigrama, perfiles, autoridades y responsabilidades.....	4
1.3 Descripción del puesto	9
Capítulo II Normatividad	10
2.1 Norma NMX-EC-17025-IMNC-2018 (ISO/IEC 17025:2017).....	10
2.2 Criterios de aplicación de la norma emitidos por la ema.....	12
2.3 Definición del término signatario autorizado	13
2.4 Responsabilidades de un signatario autorizado.....	14
Capítulo III Actividades para obtener el reconocimiento de signatario.....	15
3.1 Reclutamiento	15
3.2 Capacitación	16
3.3 Formación como técnico de laboratorio	21
3.4 Generación del certificado de calibración.....	36
3.5 Evaluación de la competencia	42
3.6 Ampliación de signatarios	45
Capítulo IV Resultados	46
Conclusiones	47
Referencias.....	48

Capítulo I Antecedentes

1.1 Introducción

¿Cómo saber si un producto o servicio tiene las mejores características?, ¿en qué nos basamos para elegir tal o cual proveedor? Sin duda, una infinidad de pensamientos nos inunda la mente; todos ellos relacionados con la idea de obtener algo “garantizado”. Garantía es sinónimo de seguridad, total confianza en que dichos recursos están previamente probados o al menos cumplen el propósito para el que fueron creados.

El acto de medir es una actividad constante en los seres humanos practicada a diario, desde el señor en el mercado que vende sus vegetales hasta la industria farmacéutica que desarrolla medicamentos para combatir enfermedades. ¿Cómo garantizar la calidad de dicha medición? Empecemos definiendo el término metrología **como la ciencia que estudia las mediciones, así como los métodos y medios que se usan para llevarlas a cabo.** [1]

La metrología probablemente sea la ciencia más antigua del mundo y el conocimiento sobre su aplicación es una necesidad fundamental en la práctica con sustrato científico, ya que la medición permite conocer de forma cuantitativa las propiedades físicas y químicas de los objetos

Dividida en tres tipos: metrología legal, metrología científica y metrología industrial, siendo la metrología industrial la de mayor interés porque se centra en las medidas aplicadas a la producción y el control de calidad. Esta categoría de la metrología es la encargada de asegurar el correcto funcionamiento de los instrumentos de medición que se utilizan en los procesos de producción y verificación.

La metrología industrial lleva a cabo tres tipos de operaciones sobre los instrumentos de medición: ajuste, verificación y calibración.

El ajuste hace referencia al conjunto de operaciones que se realizan sobre un instrumento de medida, tiene el objetivo de proporcionar indicaciones exactas y que correspondan con los valores de la magnitud que va a medirse.

La verificación aporta evidencia objetiva de que un instrumento de medida cumple con requisitos especificados. Todos los instrumentos de medición deben ser verificados y contar con un documento certificado que acredite la verificación y el cumplimiento de una norma, ley o reglamento.

La calibración es la operación más importante de la metrología industrial ya que asegura la relación que existe entre valores medidos por el instrumento y sus incertidumbres de medida asociadas. La calibración debe hacerse de forma periódica, dependiendo del uso, aplicación del equipo, factores ambientales y de desgaste.

Es necesario que el desempeño de los instrumentos de medición sea el óptimo, puesto que la competencia en los diferentes rubros de la industria es cada vez más exigente. Algunas de las razones más importantes para la calibración de instrumentos de la industria son:

- Garantizar la fiabilidad de las medidas
- Avalar el desempeño óptimo de los instrumentos de medición
- Cumplir con requisitos normativos.

Actualmente en el sector industrial sea cual sea su ramo, posee instrumentos de medición que participan en el proceso de fabricación y/o elaboración de un producto, estos deben realizar mediciones correctas que entreguen resultados confiables para garantizar la calidad del producto final. Uno de los puntos clave para evaluar el desempeño de estos instrumentos es lo que de ahora en adelante llamaremos calibración.

La calibración es un conjunto de operaciones con las que se establece, en ciertas condiciones, la correspondencia entre los valores indicados de un instrumento, equipo o sistema de medida, o por los valores representados por una medida materializada o material de referencia, y los valores conocidos correspondientes a una magnitud de medida o patrón [2].

La adecuada medición de todos los instrumentos es vital para una correcta operación y fabricación de productos. Para garantizar esa adecuada medición, existe lo que se conoce como laboratorio de metrología que es el encargado de proporcionar servicios de calibración para instrumentos de medición.

De acuerdo con cada laboratorio de metrología se pueden ofrecer servicios que involucren la calibración y pruebas para las diferentes áreas, las más comunes son:

- para la calibración de instrumentos de medición de fuerza a tracción o compresión
- con pruebas para recipientes volumétricos patrón, recipientes de trabajo, cristalería
- para la calibración de instrumentos para pesar y pesas patrón
- donde se vean involucrados termómetros (líquido en vidrio, bimetálicos y digitales), hornos, baños termostáticos, RTD y termopares.

Masstech orgullosamente mexicano es un laboratorio de metrología en las magnitudes de masa y temperatura acreditado y certificado, que ofrece productos de calidad y servicios de excelencia probados por los más de 20 años de trabajo en la industria que derivan en enormes beneficios para nuestros clientes como son asesoría técnica y servicio al cliente.

Masstech como laboratorio de metrología cuenta con la infraestructura adecuada para brindar servicios de calibración, medición y pruebas de equipos para diferentes industrias. Masstech cuenta con personal altamente capacitado y cualificado para llevar a cabo las pruebas metrológicas de la calibración.

Masstech tiene las acreditaciones no(s) M-80 y T-138 en las magnitudes de masa y temperatura como laboratorio de calibración del Sistema Nacional de Calibración ante la entidad mexicana de acreditación (ema a.c.) vigente a partir del 23 de noviembre de 2010 y 19 de septiembre de 2018 respectivamente.

En el área de masa contamos con la acreditación para brindar servicios de calibración de instrumentos para pesar de funcionamiento no automático (básculas y balanzas), calibración de pesas y calibración de objetos sólidos no normalizados según la norma [3] **NMX-EC-17025-IMNC-2018**.

Por el área de temperatura contamos con la acreditación para realizar la calibración de termómetros de lectura directa según la norma **ISO/IEC 17025:2017**

Además, también cuenta con certificación **ISO 9001:2015** por SGS de México, S.A. de C.V., con número de registro del certificado MX12/55002062, válido hasta el 24 de mayo de 2021.

Masstech dentro de su organización cuenta con una misión visión y política las cuales se enuncian a continuación:

Misión

Satisfacción plena para nuestros clientes es nuestra misión, lo cual se lleva a cabo ofreciendo servicios y productos de calidad en lo que respecta a calibración de pesas, de objetos sólidos no normalizados, de instrumentos para pesar de funcionamiento no automático, de instrumentos para medición de temperatura.

Visión

Consolidarnos en los próximos cinco años como un laboratorio líder a nivel nacional de servicios de calibración y medición, adaptando otros estándares de calidad (seguridad y/o ambiental), ampliando nuestros alcances y acreditándonos en otras magnitudes para ofrecer servicios integrales en beneficio de nuestros clientes.

Política

Brindar un servicio de medición confiable que cumpla con las necesidades de los clientes y supere sus expectativas, basados en los principios de ética, profesionalismo e imparcialidad y en el sistema de gestión de la calidad que describe las diversas actividades a realizar tomando en cuenta las normas **ISO/IEC 17025:2017** e **ISO 9001:2015** además de documentación que aplica a un laboratorio acreditado.

1.2 Organigrama, perfiles, autoridades y responsabilidades

Masstech siendo una empresa legalmente constituida cuyas principales actividades son satisfacer las necesidades de nuestros clientes en lo que respecta a servicios de calibración y/o medición cuenta con un organigrama (Fig. 1) donde se observa la estructura de la organización. A continuación, se detallan algunos de los puestos más representativos [4]:

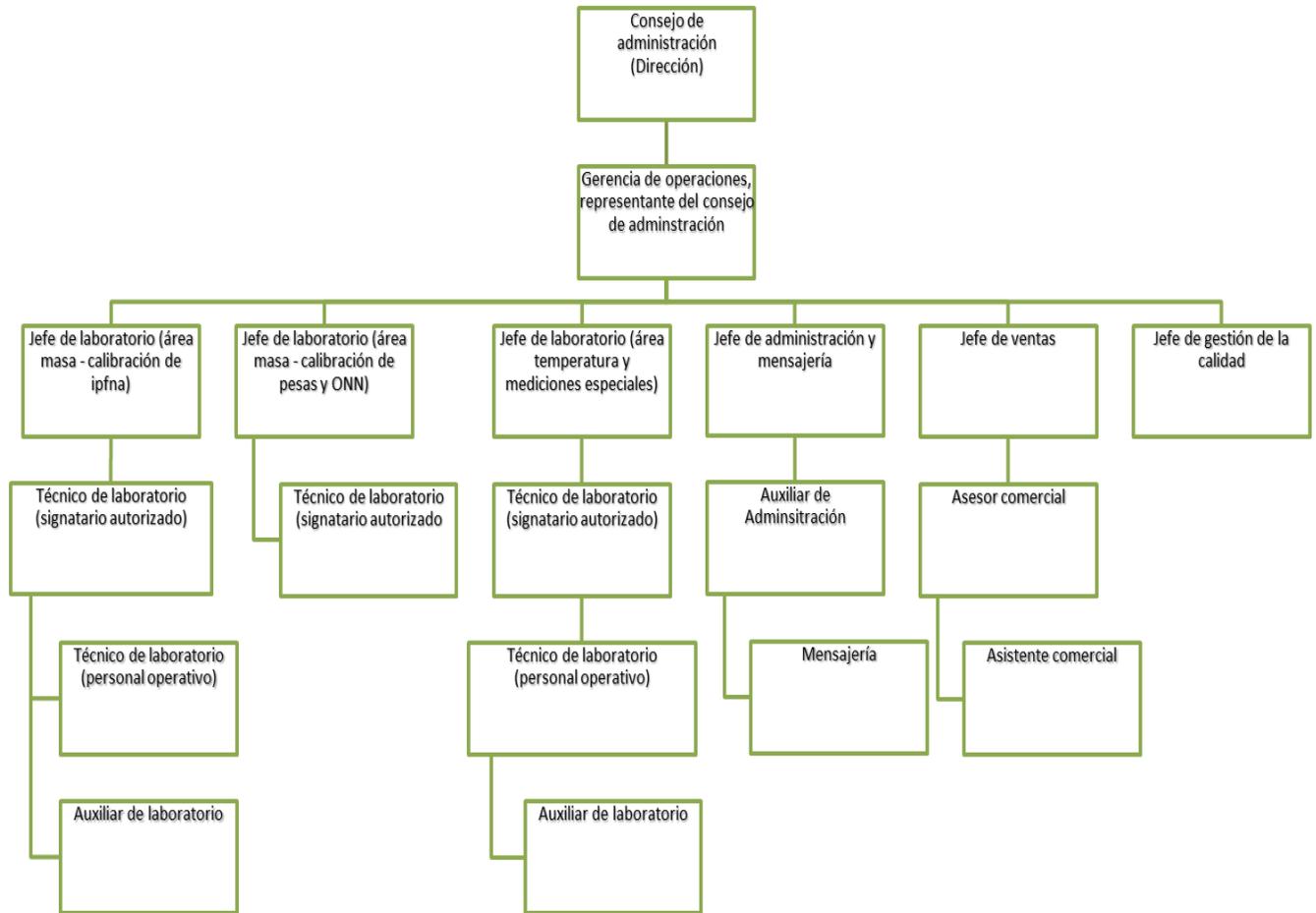


Figura 1: Organigrama de Masstech, donde mi puesto es el de técnico de laboratorio en calibración de instrumentos para pesar

Dirección

Sin perfil establecido en virtud de que se trata de alguno de los accionistas que aparecen en el acta constitutiva de la organización y forma parte del consejo de administración. Liderazgo y compromiso de acuerdo con el sistema de gestión de la calidad es su principal función, lográndolo mediante:

- un plan estratégico para la organización
- participación en la revisión anual para el sistema de gestión de la calidad

- participación en las juntas mensuales para el análisis de datos
- procurando recursos necesarios solicitados por las diferentes áreas
- es quien designa y autoriza los puestos de trabajo dentro de la organización
- en cuanto a elaboración, revisión y/o autorización de los diversos documentos que la organización genere como parte de su sistema de gestión de la calidad, cede las autoridades y responsabilidades pertinentes al gerente de operaciones y a los jefes de diferentes departamentos.

Gerencia de operaciones

Su objetivo es lograr la ejecución de las actividades y operaciones de la organización de manera eficiente y eficaz, optimizando el uso de la estructura y los recursos con los que cuenta Masstech. Es responsable de:

- la coordinación, comunicación, asesoría y retroalimentación de las actividades de los diversos departamentos
- comunicación de necesidades y logros de los diferentes departamentos al consejo de administración
- asesorar las actividades del personal de cada área para lograr el mayor rendimiento de este
- supervisar el cumplimiento de los programas de actividades de cada área
- supervisar la implantación de estrategias específicas para cada área a fin de cumplir con las directrices establecidas por el consejo de administración
- dar seguimiento a las recomendaciones realizadas por el consejo de administración acerca de los planes de cada departamento
- revisar y autorizar el manual de gestión de la calidad y los diferentes procedimientos junto con los jefes de cada departamento
- aprobar el programa anual de auditorías y de revisiones del sistema de gestión de la calidad
- autorizar el programa anual de capacitación
- participación en las juntas de análisis de datos
- seguimiento a las acciones correctivas, a la solución de quejas y al tratamiento realizado al servicio no conforme
- supervisar el mantenimiento del laboratorio
- supervisar las actividades de los diferentes jefes de área

La gerencia de operaciones reporta al consejo de administración.

Los departamentos de administración, ventas, masa, temperatura, servicio externo y gestión de la calidad reportan a gerencia de operaciones.

Jefe de laboratorio

Su objetivo es garantizar la más alta exactitud requerida, la entrega del servicio al cliente en el tiempo establecido con la máxima calidad y la buena coordinación con los departamentos. Sus responsabilidades son:

- reportar al responsable de gestión de la calidad cualquier desviación al sistema de gestión
- mantener la acreditación y certificación del laboratorio de metrología ante los organismos correspondientes, una vez obtenida
- el mismo sistema de gestión y manual de gestión de la calidad, así como de la calidad y eficiencia de los servicios ante los clientes
- de los gastos asignados a su área
- de la capacitación del personal de su departamento
- de la selección y evaluación del personal de su área
- del desarrollo y alcance de su área
- la evaluación técnica de los patrones elegidos para su área y del archivo de patrones y referencias
- la ejecución del sistema de base de datos de calibraciones que incluye el registro y la programación de las calibraciones de los instrumentos de los clientes
- ensayos de aptitud
- la revisión de informes generados por su área
- supervisar a los técnicos de laboratorio y al auxiliar de laboratorio
- llevar a cabo las operaciones de calibración, calificación y/o caracterización metrológica de equipos
- coordinar las fechas de servicio con los clientes
- atender preguntas técnicas o legales del personal de ventas de Masstech y de los clientes
- la operación del laboratorio de forma eficiente y productiva
- mantenimiento de los procedimientos técnicos documentados de su área
- participación en el proceso de gestión de riesgos de la organización y en las juntas para el análisis de datos
- realizar la evaluación de la importancia del servicio o conforme cuando este se presente, incluyendo el análisis impacto sobre los resultados previos. Además, es el responsable de establecer las acciones a seguir (incluyendo la detención o repetición del trabajo, y la retención de los certificados)
- mantener físicamente los patrones de trabajo

Como jefe de laboratorio tiene la libertad de acción en la operación del laboratorio de metrología. Dentro de su autoridad se encuentra:

- la organización y manejo interno del laboratorio de su respectiva área con las funciones básicas de supervisión y operación
- asignación de actividades al personal bajo su cargo
- implementación, mantenimiento y mejora de los procedimientos del sistema de gestión que apliquen a su área
- el desarrollo, modificación, verificación y validación de métodos dentro de sus procedimientos
- análisis de resultados, incluidas las declaraciones de conformidad, opiniones e interpretaciones
- además del uso y manejo adecuado de los instrumentos de su área

Los requisitos que debe cumplir un jefe de laboratorio son:

- escolaridad superior universitaria con formación en alguna de las ramas de la Ingeniería o Química
- experiencia mínima de un año colaborando en un laboratorio de calibración
- conocimientos sobre el sistema de gestión de la calidad y sistema general de unidades
- conocimientos sobre la ley federal sobre metrología y normalización y su reglamento en lo que concierne a parones de medida y trazabilidad, sobre normatividad nacional e internacional relacionada con las calibraciones de instrumentos para pesar
- conocimientos en estimación y expresión de las incertidumbres de medición (estadística y probabilidad, cálculo de valor promedio y desviación estándar, conocimiento de las distribuciones de probabilidad normales, rectangulares, etc.)
- aptitudes en organización, análisis e independencia de juicio, capacidad para toma de decisiones y don de mando.

Los jefes de laboratorio le reportan a la gerencia de operaciones de Masstech y estos a su vez les reportan los técnicos de laboratorio y el auxiliar de laboratorio.

Jefe de gestión de la calidad

Tiene por objetivo mantener el sistema de gestión de Masstech, así como el historial de los documentos y registros del sistema de gestión; sus responsabilidades son:

- desempeñar las funciones necesarias para implantar el sistema de gestión e informar a la gerencia de operaciones al respecto
- atender y solucionar las desviaciones que se presenten en el sistema de gestión
- adoptar las medidas necesarias para las desviaciones detectadas en cuanto a política y propósitos del sistema de gestión
- coordinar y dar seguimiento a las acciones correctivas del sistema, derivadas de no conformidades o desviaciones
- dar seguimiento a las acciones y cambios generados en Masstech
- organizar y desarrollar la documentación necesaria para acreditar nuevas magnitudes y/o ampliar alcances en las magnitudes ya acreditadas en colaboración con los jefes de los diferentes departamentos
- revisar que los documentos desarrollados por otras áreas cumplan con las directrices establecidas en el sistema de gestión
- seguimiento a las quejas presentadas y a las acciones establecidas para atenderlas
- procesar la información de las encuestas realizadas a los clientes
- participar activamente en el proceso de gestión de riesgos de la organización

El jefe de gestión de la calidad le reporta a la gerencia de operaciones y a él le reportan los jefes de área

Técnico de laboratorio (signatario autorizado)

Actualmente mi puesto es como técnico de laboratorio (*signatario autorizado*), la definición de este la muestro más adelante.

Su objetivo es realizar los servicios de calibración, calificación y/o caracterización (dependiendo del departamento en el que se desempeñe) evitando errores en la ejecución, sus responsabilidades son:

- reportar al responsable de gestión de la calidad cualquier desviación al sistema de gestión
- realizar las calibraciones, calificaciones y/o caracterización metrológica de medios según sea el caso, siguiendo los procedimientos y normas de referencia
- revisar y autorizar los certificados o reportes generados
- realizar sus actividades según los procedimientos previamente establecidos
- mantener un control de los instrumentos de medición utilizados en cada una de las calibraciones
- mantener una estricta vigilancia sobre las condiciones del laboratorio
- ejecutar todos los procedimientos en cuanto a seguridad industrial y calidad
- mantener a los instrumentos de medición de los clientes y propios en las mejores condiciones

El técnico de laboratorio (*signatario autorizado*) reporta al jefe de laboratorio.

Como técnico de laboratorio el perfil que requiero cubrir necesita ciertas competencias, algunas de entre las cuales puedo mencionar son:

- escolaridad de bachillerato terminado o equivalente
- experiencia mínima de seis meses realizando calibraciones en mi caso calibración de instrumentos para pesar
- conocimientos en el sistema de gestión de la calidad
- conocimiento del vocabulario internacional de metrología (VIM)
- conocimientos en la ley federal sobre metrología y normalización, y su reglamento en lo que concierne a patrones de medida y trazabilidad
- conocimientos sobre la normatividad nacional e internacional relacionada con las calibraciones ejecutadas
- conocimientos en estimación y expresión de las incertidumbres de medición (probabilidad y estadística, cálculo del valor promedio y la desviación estándar, conocimientos de la distribución de probabilidad normales, rectangulares.
- habilidad para el manejo de los instrumentos y equipos
- habilidad en la ejecución de las calibraciones
- aptitudes de organización, capacidad de aprendizaje, trabajo en equipo y bajo presión.

1.3 Descripción del puesto

Actualmente mi puesto de trabajo es como *signatario autorizado*, pero una serie de actividades y acontecimientos tuve que enfrentar para demostrar mi competencia técnica para calificar como *signatario autorizado*, los cuales mencionare en los apartados siguientes.

Masstech es un proveedor de servicios de calibración, por tal motivo es imprescindible el trato con el cliente. El primer contacto lo tiene el área de ventas ya que cuando el cliente se comunica a Masstech, esa área se encarga de informarle los servicios que brinda. Cuando el cliente conoce las características del servicio proporcionado por Masstech, el cliente decide si lo elige o no.

Cuando el cliente selecciona a Masstech como proveedor de servicios de calibración, el área de ventas le solicita al cliente informarle acerca de las características de sus instrumentos que requieren calibración, esas características son alcance y resolución. Con las características de los instrumentos ventas genera una cotización de servicio, la envía al cliente, el cliente la revisa y verifica que las características sean las mismas que él proporcionó, en esa misma cotización de servicio se incluyen los costos del mismo. Cuando el cliente aprueba la cotización, se notifica al departamento de servicio entregando una copia de la cotización

El departamento de servicio donde actualmente desempeño funciones; es el encargado de ejecutar las calibraciones para los instrumentos de la cotización, valiéndose de la ayuda de un signatario autorizado. El cuál es el motivo de estudio del presente trabajo.

El servicio de calibración consiste en

1. inspección del instrumento a calibrar
2. limpieza superficial del instrumento
3. ajuste de instrumento, siempre y cuando cuente con el manual de operación del mismo, el objetivo del ajuste es buscar una correspondencia entre valor conocido e indicación del instrumento
4. propiamente la calibración por el método de comparación directa empleando patrones de masa, de la cual se derivan tres pruebas que son excentricidad, repetibilidad y exactitud.
5. certificado de calibración donde se reportan los datos del cliente como son dirección, datos del instrumento calibrado: alcance, resolución, marca modelo, serie, identificación y los patrones usados para realizar la calibración, así como también los resultados de la calibración con sus errores y los valores de incertidumbre.

Capítulo II Normatividad

2.1 Norma NMX-EC-17025-IMNC-2018 (ISO/IEC 17025:2017).

Considerando la definición de *signatario autorizado* que se encuentra en los diversos documentos de la entidad mexicana de acreditación (ema a.c.) con la finalidad de conocer los requisitos que debe cumplir el personal, encontré que la propia entidad hace referencia al apartado 6.2 de la norma **NMX-EC-17025-IMNC-2018 (ISO/IEC 17025:2017)** [3] llamado “Personal” el cual menciono a continuación:

6.2 Personal

6.2.1 Todo personal del laboratorio, ya sea interno o externo, que puede influir en las actividades de laboratorio debe actuar imparcialmente, ser competente y trabajar de acuerdo con el sistema de gestión del laboratorio.

Este punto involucra a todos los colaboradores de Masstech ya sean gerencia de operaciones, jefes de los distintos departamentos, técnicos de laboratorio, auxiliares de laboratorio y en general personal administrativo que participa activamente en las labores de la organización para actuar de acuerdo con los lineamientos establecidos sin dejarse influir por prejuicios o intereses que lo lleven a tratar de beneficiar a algún cliente en particular.

6.2.2 El laboratorio debe documentar los requisitos de competencia para cada función que influye en los resultados de las actividades del laboratorio, incluidos los requisitos de educación, calificación, formación, conocimiento técnico, habilidades y experiencia.

Debemos recordar que la norma es tanto para laboratorios de calibración como ensayo por lo cual la gama de actividades puede ser muy amplia involucrando actividades sencillas como colocar una pesa sobre una balanza o tan complejas como hacer ensayos que involucren manejo de cromatógrafos o equipo de HPLC. La norma desconoce el tipo de actividades a las que se dedica Masstech por lo cual establece que es la propia organización la que debe determinar los requisitos de competencia para cada puesto (función).

6.2.3 El laboratorio debe asegurarse de que el personal tiene la competencia para realizar las actividades del laboratorio de las cuales es responsable y para evaluar la importancia de las desviaciones.

Es necesario contar con evidencia que demuestre que cada uno de los puestos dentro de la organización cuenta con la preparación adecuada para lograr un desempeño óptimo dentro del área correspondiente. Dicha evidencia puede ser tan variada como la organización lo determine abarcando desde constancias de estudio hasta exámenes elaborados por el propio laboratorio.

Las habilidades, actitudes y conocimientos del personal operativo deben ser constantemente monitoreadas para asegurar la producción de datos confiables

6.2.4 La dirección del laboratorio debe comunicar al personal sus tareas, responsabilidades y autoridad

6.2.5 El laboratorio debe tener procedimientos y conservar registros para:

- 1) determinar los requisitos de competencia
- 2) seleccionar al personal
- 3) formar al personal
- 4) supervisar al personal
- 5) autorizar al personal
- 6) realizar el seguimiento de la competencia del personal

6.2.6 El laboratorio debe autorizar al personal para llevar a cabo actividades de laboratorio específicas, incluidas, pero no limitadas a las siguientes:

- 1) desarrollar, modificar, verificar y validar métodos;
- 2) analizar los resultados, incluidas las declaraciones de conformidad o las opiniones e interpretaciones
- 3) informar, revisar y autorizar los resultados

Después de analizar los puntos del apartado 6.2 de la norma **NMX-EC-17025-IMNC-2018 (ISO/IEC 17025:2017)** [3] noté la generalidad de estos ya que en ningún momento mencionan requisitos específicos para el personal como nivel de estudios, área de formación, experiencia, habilidades y actitudes. Sin embargo, Masstech como laboratorio acreditado debe cumplir con estos requisitos, y es en el momento en el que se plantea el cómo cumplirlos cuando desarrolla sus documentos internos [4] como son: **MC-Anexo 2** "Organigrama y perfiles de puesto", **PM-04** "Supervisión, elaboración de certificados y PNC" y **PM-07** "Capacitación del personal".

2.2 Criterios de aplicación de la norma emitidos por la ema

Dado el perfil del puesto de trabajo que desempeño y las actividades que realizo me permiten establecer que cumplo con el perfil para calificar como signatario autorizado. Por lo tanto, decidí obtener el reconocimiento como signatario autorizado, el siguiente paso fue buscar requisitos adicionales establecidos por la entidad mexicana de acreditación, es así cuando me vi en la necesidad de revisar los ***criterios de la ema para la aplicación de la norma ISO/IEC 17025*** [5] los cuales describen que:

I. Para todo el personal que realice ensayos, muestreos o calibraciones, sean o estén propuestos como signatarios deberán mostrar lo siguiente:

- conocimiento teórico y práctico de los procedimientos con base al alcance de acreditación solicitado y de acuerdo con sus funciones y responsabilidades. Adicionalmente para laboratorios de calibración conocimiento sobre estimación de incertidumbre de medida.
- mantener registros de la evaluación de la eficacia de las acciones de formación implementadas
- registros de los resultados de las pruebas de desempeño técnico sobre los muestreos, ensayos, calibraciones que realiza, como son pruebas de repetibilidad y reproducibilidad, para lo anterior se deberá verificar lo indicado en las listas de verificación técnicas en caso de que aplique.
- esta evaluación debe realizarse por cada procedimiento de muestreo, ensayo y calibración y debe realizarse en forma inicial y cuando existan cambios críticos en la metodología, equipos, instalaciones, etc.

II. Para el personal operativo, es decir todos aquellos que realizan en forma total o parcial muestreos, ensayos y calibraciones, se debe:

- demostrar conocimiento (en forma teórica y práctica) de los conocimientos técnicos, con base al alcance de acreditación solicitado y de acuerdo con sus funciones y responsabilidades.
- mantener registros de la evaluación de la eficacia de las acciones de formación implementadas
- pruebas de desempeño técnico

Es al revisar los requisitos de la ema a.c. cuando me enfrenté a un nuevo reto: las pruebas de desempeño. Al tratar de resolver el problema de cómo obtener las pruebas de desempeño encontré apoyo en la norma ***NMX-EC-17043-IMNC-2010 (ISO/IEC 17043:2010)*** [6]. En dicha norma está la definición de ensayo de aptitud que es una evaluación del desempeño del participante contra criterios preestablecidos por medio de comparaciones entre laboratorios, que tiene como propósito determinar la competencia técnica del laboratorio en los servicios que ofrecen por medio de comparaciones. La participación en programas de ensayos de aptitud proporciona a

Masstech un método objetivo para evaluar y demostrar la confiabilidad de los datos que se producen.

De todo lo presentado en este capítulo concluyo que, para proponerme como signatario autorizado debo:

- confirmar que cumplí con los requisitos de competencia establecidos por el propio Masstech.
- confirmar que cumplo con los requisitos que establece la ema.
- realizar pruebas de desempeño.

2.3 Definición del término signatario autorizado

El término signatario autorizado aparece en los documentos desarrollados por la entidad mexicana de acreditación, quien lo define como: “*la persona propuesta por el cliente y autorizada por la ema para firmar, endosar y aprobar los certificados de calibración y/o ensayo, emitidos por el laboratorio*” [8].

Al analizar la definición anterior pude observar que lo primero que sale a relucir es que los signatarios son propuestos por Masstech; lo que implica de manera indirecta un voto de confianza por parte de Masstech hacia el técnico de laboratorio que será propuesto, desarrollándose un pacto bilateral donde ambas partes adquieren compromisos, que son por parte de Masstech apoyo, capacitación e inversión monetaria y por parte del técnico la responsabilidad para afrontar y superar exitosamente las pruebas necesarias para lograr calificar como *signatario autorizado*.

Por otro lado, al saber que una entidad ajena a Masstech será quien ejecute las acciones para el reconocimiento de mi persona como *signatario autorizado*, es obvio que tengo que cumplir con los requisitos que dicha entidad solicite.

Firmar, endosar o aprobar documentos relacionados con la calibración emitidos por el laboratorio implica en algunos casos, aspectos legales donde una persona declarada como técnicamente competente, respalda los resultados declarados en dicho

La importancia de un *signatario autorizado*, en Masstech específicamente en el departamento de servicio externo es vital para su funcionamiento, porque en él recae la responsabilidad de autorizar un certificado de calibración. Cuando un laboratorio enfrenta la situación de no contar con signatarios se ve en la imposibilidad de generar certificados, lo cual es prácticamente equivalente a perder la acreditación, que repercute en la pérdida de clientes y a su vez una disminución de las ganancias para Masstech, además de la posición en el mercado.

Masstech viéndose en la necesidad de ser un proveedor de servicios más competente debido al rápido crecimiento del mercado se ve obligado a emprender nuevos proyectos para

poder afrontar la carga de trabajo cada vez más demandante. Es ahí cuando veo la oportunidad de desarrollarme profesional y laboralmente, con lo que emprendí el proceso para calificar como signatario autorizado.

2.4 Responsabilidades de un signatario autorizado

La medición surge de la necesidad de conocer y tomar decisiones confiables que aumenten la confianza de quien las solicita, además permite asegurar la calidad del proceso o el producto para apoyar con bases sólidas las decisiones de mejora.

Resulta evidente que vivimos en un ambiente donde las mediciones desempeñan un papel fundamental en nuestras actividades diarias. El correcto uso e interpretación de las mediciones y sus conceptos da importantes beneficios como son calidad de vida, competitividad industrial y comercio justo tanto para quien las aplica como para quien las solicita.

La competencia técnica requerida para calificar como signatario autorizado se basa en la aplicación de procedimientos, métodos de calibración, interpretación de resultados, todo esto para ser utilizados en equipos y sistemas de medición establecidos, ya probados y validados.

Las necesidades de aplicación y uso de la metrología no son un problema del presente solamente sino del futuro también, debido a que los sectores industriales y tecnológicos específicos demanda un interés de desarrollo particular en áreas y magnitudes de la metrología acordes a sus procesos. Efectuar una medición sea cual sea la complejidad involucra los siguientes elementos:

medición = conocimiento + equipo + procedimiento de medición

Masstech como laboratorio de metrología en el área de masa, enfocado en las propiedades medibles, las escalas de medida, los sistemas de unidades los métodos y técnicas de medición, considera opcional desarrollar el estudio de la metrología, más conveniente a sus intereses están el proporcionar excelencia en su servicio de calibración.

Capítulo III Actividades para obtener el reconocimiento de signatario

La excelencia en servicio para Masstech es realizar servicios de calibración y medición confiables que cumplan con las necesidades de los clientes y superen sus expectativas. Para lograr un mejor posicionamiento en el mercado y alcanzar un reconocimiento técnico, es necesario contar con un mayor número de signatarios autorizados, ya que esto le permitiría atender una mayor cantidad de clientes y brindar un servicio técnico especializado, además de un aumento en los ingresos de la empresa.

Derivado de la necesidad de contar con un mayor número de signatarios surge mi oportunidad para desarrollarme laboralmente, y a la vez tener un crecimiento personal que trae consigo una nueva ola de conocimientos en metrología y también un sustancial aumento en mi remuneración.

3.1 Reclutamiento

Para lograr lo anterior desarrollé el siguiente proceso:

Durante la fase de reclutamiento me mostraron las actividades de Masstech, en este periodo me fue proporcionada una evaluación inicial de competencia, para constatar que mis conocimientos fueran los correspondientes al nivel de mi preparación. Como resultado de esta evaluación él jefe de área, me asignó el puesto de técnico de laboratorio, es decir, personal operativo, no como signatario autorizado, logrando así mi contratación por parte de Masstech.

Posteriormente, el jefe de área me impartió la fase de inducción, en ella fui presentado al demás personal, me mostraron las instalaciones de la organización, también me informaron las responsabilidades bajo mi cargo y el nivel de autoridad que tendría dentro de la empresa con base en el **Manual de Calidad [4] anexo 2 Organigrama y perfiles de puesto**. Durante esta etapa me hicieron hincapié en la importancia de mis actividades y como colaborar para lograr los objetivos de Masstech.

También durante este periodo, me dediqué al conocimiento de la normas y comprensión de la documentación interna que me ayudó a entender el propósito de una calibración, su campo de aplicación, además del amplio sector que demanda este servicio. Durante toda la fase de inducción estuve bajo la tutela de un signatario autorizado que me orientaba y aclaraba dudas que a diario surgían, estos conocimientos contribuyeron a mí aprendizaje para lograr alcanzar en primera instancia mis competencias y poder desempeñarme como personal operativo.

3.2 Capacitación

Conociendo los principios básicos para el servicio que voy a proporcionar, me permitieron acceder a la siguiente etapa conocida como capacitación, me explicaron que cada signatario es responsable de revisar y llevar a cabo la ejecución de un procedimiento para la calibración, y la responsabilidad de supervisión recae en el jefe de servicio externo. El procedimiento específico para la calibración de instrumentos me fue otorgado, cabe resaltar que aquí solo me mostraron la aplicación de ese procedimiento sin que yo pudiera realizarlo, simplemente participaba como observador.

Este procedimiento de calibración describe paso a paso las actividades que el signatario desarrolla y que a continuación mencionare detalladamente, este procedimiento se encuentra en el manual de gestión de la calidad [4] de Masstech:

Es responsabilidad del signatario llevar consigo materiales para la limpieza del instrumento, equipos auxiliares (monitor de temperatura, meteorómetro) y patrones de trabajo.

La selección de patrones se hace con base en dos criterios

Criterio 1. Utilizar pesas de clase de exactitud F1 a M3 cuando la incertidumbre de las pesas con un factor de cobertura $k=2$ sea menor o igual a la resolución del instrumento a calibrar.

Criterio 2. Cuando el criterio 1 no aplique ya que se requieren pesas de clase de exactitud E2 se pueden calibrar todos los instrumentos hasta el alcance de las pesas.

Sabiendo que la calibración se realiza en sitio, es imprescindible que las condiciones que prevalecen al momento de la calibración sean las condiciones normales de uso.

Antes de iniciar la calibración él signatario realiza una inspección visual del instrumento para revisar las condiciones en que se encuentra, posteriormente se encarga de reunir las características del instrumento en el formato de toma de datos llenando los espacios correspondientes (Fig. 3.1).

Cliente: _____	No. de certificado: _____
	No. de pedido: _____
Instrumento para pesar de indicación: Analógico: _____	Digital: _____
Código de Masstech: _____	Identificación del cliente: _____
Marca: _____	Modelo: _____
	No de serie: _____
Alcance (s) máximo (s): _____ (mg)(g)(kg)	Resolución (es) d: _____ (mg)(g)(kg)
Pesada Min': _____ (mg)(g)(kg)½ Max: _____	(mg)(g)(kg) Max: _____ (mg)(g)(kg)
Fecha de calibración: _____	Próx. cal. a petición del cliente: _____
Patrones empleados: _____	

Figura 3.1: Formato para captura de características de instrumento

Después realiza una limpieza del receptor de carga para evitar contaminación en los patrones de masa. Es importante mencionar que el instrumento debe estar sobre una base firme y totalmente horizontal. Posteriormente el signatario procede a realizar una precarga, colocando sobre el receptor de carga una masa de valor conocido cercana al alcance máximo (Max ó Max'), esto con el fin de observar el comportamiento del instrumento. La lectura que arroje el instrumento es registrada por el signatario en el formato de toma de datos (Fig. 3.2).

PRECARGA

Valor nominal de la carga (mg)(g)(kg): _____	Indicación del instrumento con carga (mg)(g)(kg): _____	Tiempo de estabilidad: _____ s
---	--	--

Figura 3.2: Lectura de la precarga en el instrumento para conocer su funcionamiento

Al terminar de colocar la precarga el signatario comienza a considerar el tiempo, hasta que el indicador del instrumento deje de oscilar o de cambiar, a este tiempo encontrado le adiciona 5 segundos más, para asegurar la estabilidad del instrumento, otra forma de conocer el tiempo de estabilidad es de acuerdo con lo que dicta el manual del fabricante. Si el instrumento no estabiliza, debe de tomar una base de tiempo de 30 segundos, después de haber transcurrido el tiempo, registra la lectura.

Si el instrumento presenta desviación tomando como referencia al valor nominal de carga, el signatario procede a ajustar siguiendo el procedimiento del manual del fabricante y utilizando patrones de masa, realizado el ajuste ese nuevo valor lo reporta (Fig. 3.3)

Indicación del instrumento una vez realizado el ajuste:(mg)(g)(kg): _____	Pesas utilizadas para el ajuste Masstech <input type="checkbox"/> Cliente <input type="checkbox"/>
--	--

Figura 3.3: Indicación del instrumento después de haber realizado el ajuste

El siguiente paso es la aplicación de las pruebas metrológicas, el signatario inicia con la *prueba de excentricidad*. Esta prueba ayuda a determinar los posibles errores que posee el instrumento al colocar una carga determinada en diferentes puntos del receptor de carga.

La prueba la realiza tomando una carga equivalente o cercana a 1/3 del Max ó 1/2 del Max. Para instrumentos con Max mayor a 1 000 kg, se utiliza una carga de al menos de 1/3 del Max.

Para instrumentos con un receptor de carga con no más de 4 puntos de soporte, el signatario divide el receptor de carga en secciones según se muestra en la Fig. 3.4

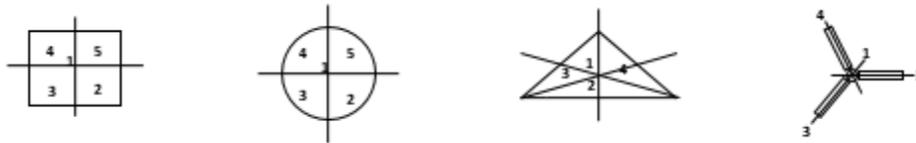


Figura 3.4: división de secciones, por tipo de receptor

Las cargas las coloca evitando el apilamiento dentro de la sección a ser probada. El signatario inicia la prueba ajustando a cero la indicación del instrumento sin carga para enseguida colocar la carga en la posición 1, espera el tiempo de estabilidad y registra la indicación con carga en el formato.

Retira la carga y vuelve ajustar a cero, repite el paso anterior para las secciones restantes en orden numérico ascendente. Los datos los registra en la tabla (Fig. 3.5) llenando la columna con la leyenda de “indicación con carga”

Unidad de medida: (mg)(g)(kg)

Carga de prueba: _____

Posición	Indicación con carga (→)	Indicación con carga (←)
1		
2		
3		
4		
5		

Figura 3.5: valores para la prueba de excentricidad

El siguiente paso en la calibración es la *prueba de repetibilidad*, que indica la aptitud del instrumento para proporcionar resultados concordantes entre mediciones de una misma carga, bajo condiciones de prueba razonablemente constantes. El signatario elige dos cargas de prueba considerando cargas cercanas o equivalentes al 50 % y al 100 % del alcance máximo a calibrar.

Para cargas menores a 100 kg el signatario efectuará 10 mediciones y si las cargas seleccionadas son mayores o iguales a 100 kg realizará 3 mediciones, los datos los registra en la siguiente tabla (Fig. 3.6)

Unidad de medida: (mg)(g)(kg)

1ra. Carga de prueba: _____ 2da. Carga de prueba: _____

n	Indicación con carga	Indicación con carga
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Figura 3.6: Valores para la prueba de repetibilidad

Por último, el signatario realiza la *prueba de exactitud*, que permite conocer el funcionamiento del instrumento en todo el alcance nominal de medición. En esta prueba el signatario selecciona diez cargas distribuidas casi simétricamente a lo largo del intervalo normal de pesada incluidos el Mín y el Máx, a menos que el cliente solicite puntos específicos para esas 10 cargas, recomendándole que esas cargas estén dentro del uso normal del instrumento.

Antes de iniciar la prueba las condiciones ambientales iniciales (temperatura, humedad relativa y presión barométrica) son registradas por el signatario (Fig. 3.7)

Temperatura ambiente inicial: _____ °C hr inicial: _____ %
 Temperatura de las pesas inicial: _____ °C Presión barométrica inicial: _____ hPa

Figura 3.7: condiciones ambientales iniciales

El signatario inicia la prueba ajustando a cero la indicación del instrumento sin carga, después coloca la carga de menor valor en el centro del receptor de carga, espera el tiempo de estabilidad y registra la indicación. Retira la carga y vuelve ajustar a cero, después coloca las cargas restantes en orden ascendente (de la carga menor a la carga mayor) y posteriormente en orden descendente (de la carga mayor a la carga menor) repitiendo los pasos anteriores para cada carga. Hay que recordar que las columnas de valor nominal de carga (Fig. 3.8), son las diez cargas seleccionadas por el signatario.

Unidad de medida: (mg)(g)(kg)

INDICACIONES EN ASCENSO				INDICACIONES EN DESCENSO		
Indicación de las Pesas utilizadas	n	Valor nominal de la carga	Indicación con carga	n	Valor nominal de la carga	Indicación con carga
	1			20		
	2			19		
	3			18		
	4			17		
	5			16		
	6			15		
	7			14		
	8			13		
	9			12		
	10			11		

Figura 3.8: Valores para la prueba de exactitud

Concluida la prueba, las condiciones ambientales vuelven a ser reportadas por el signatario (Fig.3.9)

Temperatura ambiente final: _____ °C hr final: _____ %
 Temperatura de las pesas final: _____ °C Presión barométrica final: _____ hPa

Figura 3.9: condiciones ambientales finales.

Terminadas las tres pruebas, excentricidad, repetibilidad y exactitud, el signatario debe dejar evidencia que ampara la calibración realizada, por lo que coloca una etiqueta (Fig. 3.10) en alguna parte visible del instrumento, en la etiqueta se indican: código interno, fecha de

calibración, fecha de próxima calibración (en caso de que el cliente la solicite) y nombre del signatario que realizó la calibración.

masstech LABORATORIO DE METROLOGÍA
acreditado y certificado

Código Masstech: _____
Fecha de Cal.: _____
Próxima Cal.: _____
Calibrado por: _____
Identif. Cliente: _____

Masstech, S.A. de C.V., Cañitas No. 25, Col. Popotla, Del. Miguel Hidalgo,
México, D.F., C.P. 11400, Tel. 5359-3671 5357-1943
www.masstech.com.mx e-mail: masstech@prodigy.net.mx

Figura 3.10: etiqueta de calibración

Los instrumentos se identifican mediante un código de la siguiente forma

- S -***

Dónde: #### indica un código de cliente asignado en forma consecutiva
S indica que se trata del departamento de servicio
*** es el número de instrumento del cliente.

Cuando por cualquier motivo no se haya podido realizar la calibración de algún instrumento este es reportado mediante un formato de instrumento no calibrado, además de notificar al área de ventas de Masstech para actualizar la cotización del servicio.

El procedimiento descrito anteriormente lo observé durante 6 meses, periodo que correspondió a la fase de capacitación, dentro de ese periodo logré adquirir los conocimientos teóricos que necesita un signatario para realizar calibraciones.

3.3 Formación como técnico de laboratorio

Al finalizar el periodo de capacitación inicié la etapa de formación, donde comencé a realizar calibraciones supervisadas durante otros 6 meses, las cuales tenían por objetivo hacerme practicar y desarrollar mi destreza. La manipulación de los instrumentos, el manejo de los patrones de masa, el llenado del formato para la toma de datos, en todo momento eran hechos por mí mismo.

Junto con las calibraciones realizadas por mí, comencé a ahondar en los conocimientos técnicos y teóricos involucrados en la calibración, los cuales sirven para la generación del certificado de calibración.

Las calibraciones que realicé durante el periodo de formación fueron hechas en las instalaciones de los clientes, a equipos con distintas características, siempre bajo la supervisión de un signatario autorizado.

A continuación, muestro evidencia de una calibración, así como las ecuaciones involucradas en cada una de ellas para la obtención de los resultados. Las ecuaciones mostradas son del procedimiento **PM-14 (procedimiento para la calibración de instrumentos para pesar de funcionamiento no automático por comparación directa y su cálculo de incertidumbres)** que se encuentra en el manual de gestión de la calidad [4].

Prueba de excentricidad: cuando un operador realiza una pesada en un instrumento, regularmente no posiciona la carga en la parte central del receptor del instrumento, la mayoría de las veces el posicionamiento se ve desviado del centro. Debido a esta posición incorrecta es necesario conocer la diferencia entre los resultados que indica el instrumento al colocar una carga constante en diferentes puntos del receptor.

El objetivo de la prueba de excentricidad es evaluar el funcionamiento del instrumento al colocar una carga en diferentes partes del receptor de carga del instrumento. La prueba la inicio colocando un peso cuyo valor de masa debe ser cercano a un tercio o un medio del alcance máximo (Max ó Max') del instrumento en diferentes puntos del receptor de carga. En las Fig.3.11 a Fig. 3.14, muestro las lecturas para la prueba de excentricidad.



Figura 3.11: posición 1 al colocar de carga

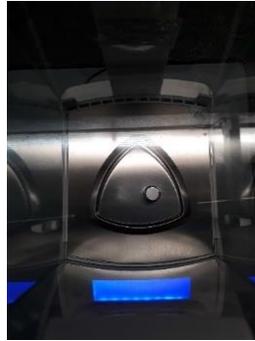


Figura 3.12: posición 2 al colocar la carga

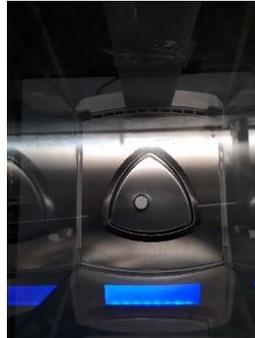


Figura 3.13: posición 3 al colocar la carga

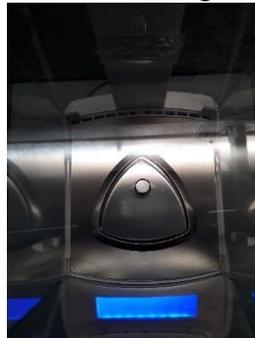


Figura 3.14: posición 4 al colocar la carga

Este instrumento es de 120 g con una resolución $d=0,0001$ g y tiene un receptor de carga en forma triangular de ahí que sólo apliqué 4 pruebas, las pruebas de repetibilidad y exactitud se aplican para el mismo instrumento.

Los resultados de la prueba los escribo en la tabla 1

Tabla 1. Indicación obtenida al aplicar cargas seleccionadas

Posición	Indicación con carga (→)
1	I_{L1}
2	I_{L2}
3	I_{L3}
4	I_{L4}
5	I_{L5}

Los cálculos para esta prueba los obtengo de la siguiente forma en la tabla 2

Tabla 2. Cálculo para diferencia y error de carga excéntrica

Posición	Indicación con carga (→)	Diferencia	Error de carga excéntrica
1	I_{L1}	$\Delta I_{exc,1}$	$E_{exc,1}$
2	I_{L2}	$\Delta I_{exc,2}$	$E_{exc,2}$
3	I_{L3}	$\Delta I_{exc,3}$	$E_{exc,3}$
4	I_{L4}	$\Delta I_{exc,4}$	$E_{exc,4}$
5	I_{L5}	$\Delta I_{exc,5}$	$E_{exc,5}$

$$\Delta I_{exc,i} = \bar{I}_{Li} - \bar{I}_{L1} \quad (1)$$

$$E_{exc,i} = \bar{I}_{Li} - m_N \quad (2)$$

Para $i = 1, 2, \dots$

Donde:

$\Delta I_{exc,i}$ es la diferencia entre las indicaciones promedio obtenidas en diferentes posiciones de la carga con respecto a la indicación promedio en el centro de carga.

$E_{exc,i}$ es el error de indicación debido a la carga excéntrica en diferentes posiciones

\bar{I}_{Li} es el promedio de la indicación con carga del instrumento en la posición i

\bar{I}_{L1} es el promedio de la indicación con carga del instrumento en el centro del receptor de carga

m_N es el valor nominal de la carga

Prueba de repetibilidad en esta prueba espero que, al colocar una carga con masa conocida en el receptor, el instrumento arroje el mismo valor masa.

El objetivo de la prueba de repetibilidad es evaluar la aptitud del instrumento para proporcionar resultados concordantes entre mediciones de una misma carga, bajo condiciones de prueba razonablemente constantes.

La prueba la realizo en dos etapas, en la primera etapa selecciono una carga cercana o equivalente al 50 % del alcance máximo del instrumento (Fig. 3.15), la cual coloco en el receptor del instrumento para luego retirarla, y así repetir este ciclo de colocación y retiro hasta obtener la cantidad de 10 indicaciones para la carga seleccionada.

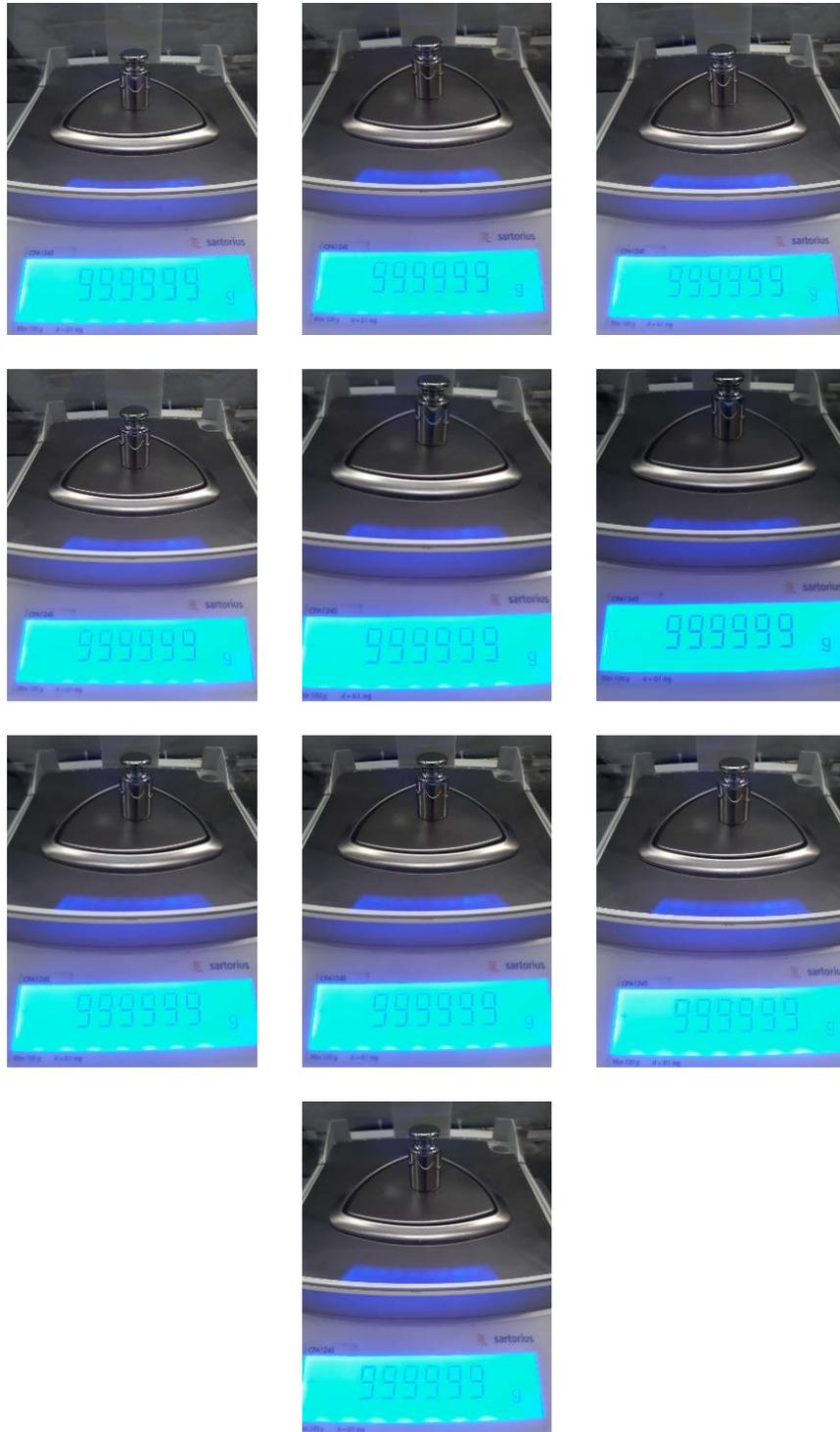


Figura 3.16: Segunda parte de la prueba de repetibilidad, para una carga cercana o equivalente al 100 % del alcance Max

Los datos los capturo en la tabla 3, En la columna de “indicación con carga” escribo la lectura obtenida al colocar la carga seleccionada.

Tabla 3. Prueba de repetibilidad para cada una de las cargas seleccionadas

Carga de prueba (..)	
N	Indicación con carga
1	I_{L1}
2	I_{L2}
3	I_{L3}
4	I_{L4}
5	I_{L5}
6	I_{L6}
7	I_{L7}
8	I_{L8}
9	I_{L9}
10	I_{L10}

De la tabla 3 obtengo I_{Lprom} , $I_{Lmín}$, $I_{Lmáx}$, que son respectivamente el promedio, el mínimo y el máximo de la indicación con carga. De esta prueba de repetibilidad obtengo una desviación estándar para cada carga seleccionada.

$s(I_L)$ es la desviación estándar que obtengo mediante la ecuación:

$$s(I_L) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (I_{Li} - \bar{I}_L)^2} \quad (3)$$

Donde el promedio de las indicaciones con carga es $\bar{I}_L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{Li}$ para $i = 1, 2, \dots$ y "n" es el número de indicaciones I_{Li} para la carga de prueba aplicada.

Prueba de exactitud es la que me permite conocer el funcionamiento del instrumento en todo su alcance nominal de medición.

El objetivo de la prueba es determinar el error que el instrumento tiene en diferentes puntos a lo largo de todo el intervalo de medición.

Esta prueba también consta de dos etapas, en la primera selecciono diez cargas distribuidas casi simétricamente a lo largo del intervalo normal de pesada incluidos el Mín y el Máx, a menos que el cliente solicite puntos específicos para esas 10 cargas, de ser ese caso, le sugiero que esas cargas estén dentro del uso normal del instrumento. Antes de iniciar la prueba las condiciones ambientales iniciales (temperatura, humedad relativa y presión barométrica) las registro.

Comienzo la primera etapa de la prueba ajustando a cero la indicación del instrumento sin carga, posteriormente coloco la carga de menor valor en el centro del receptor de carga, espero el

tiempo de estabilidad y registro la indicación. Retiro la carga y vuelvo ajustar a cero, después coloco las cargas restantes en orden ascendente, de la carga menor a la carga mayor (Fig. 3.17).

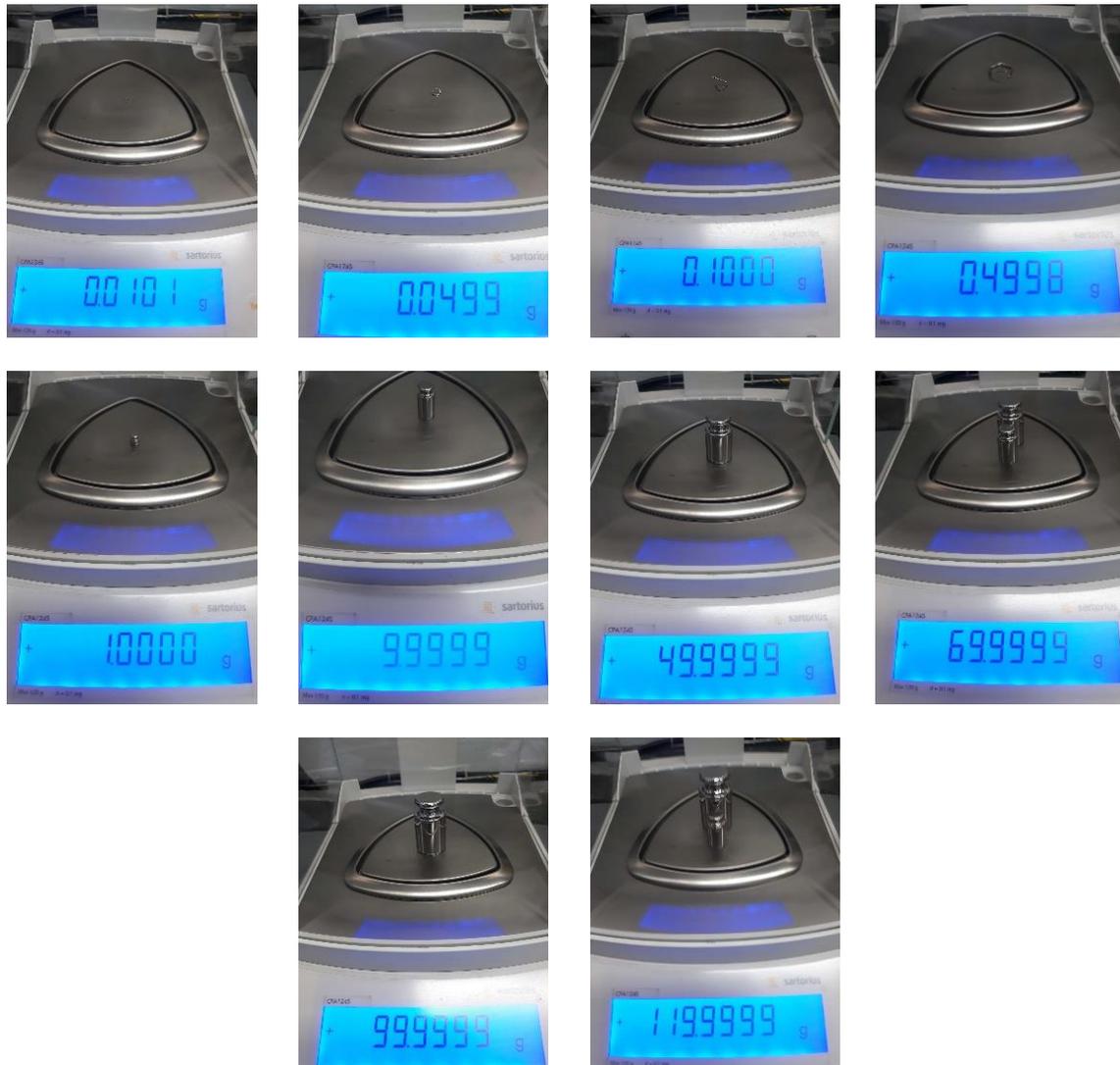


Figura 3.17: prueba de exactitud en orden ascendente para 10 indicaciones

La segunda etapa de la prueba igual consiste en colocar las mismas cargas seleccionadas en la primera etapa, pero ahora haciendo la prueba en orden descendente, de la carga mayor a la carga menor (Fig. 3.18). Concluida la prueba, las condiciones ambientales las vuelvo a reportar.

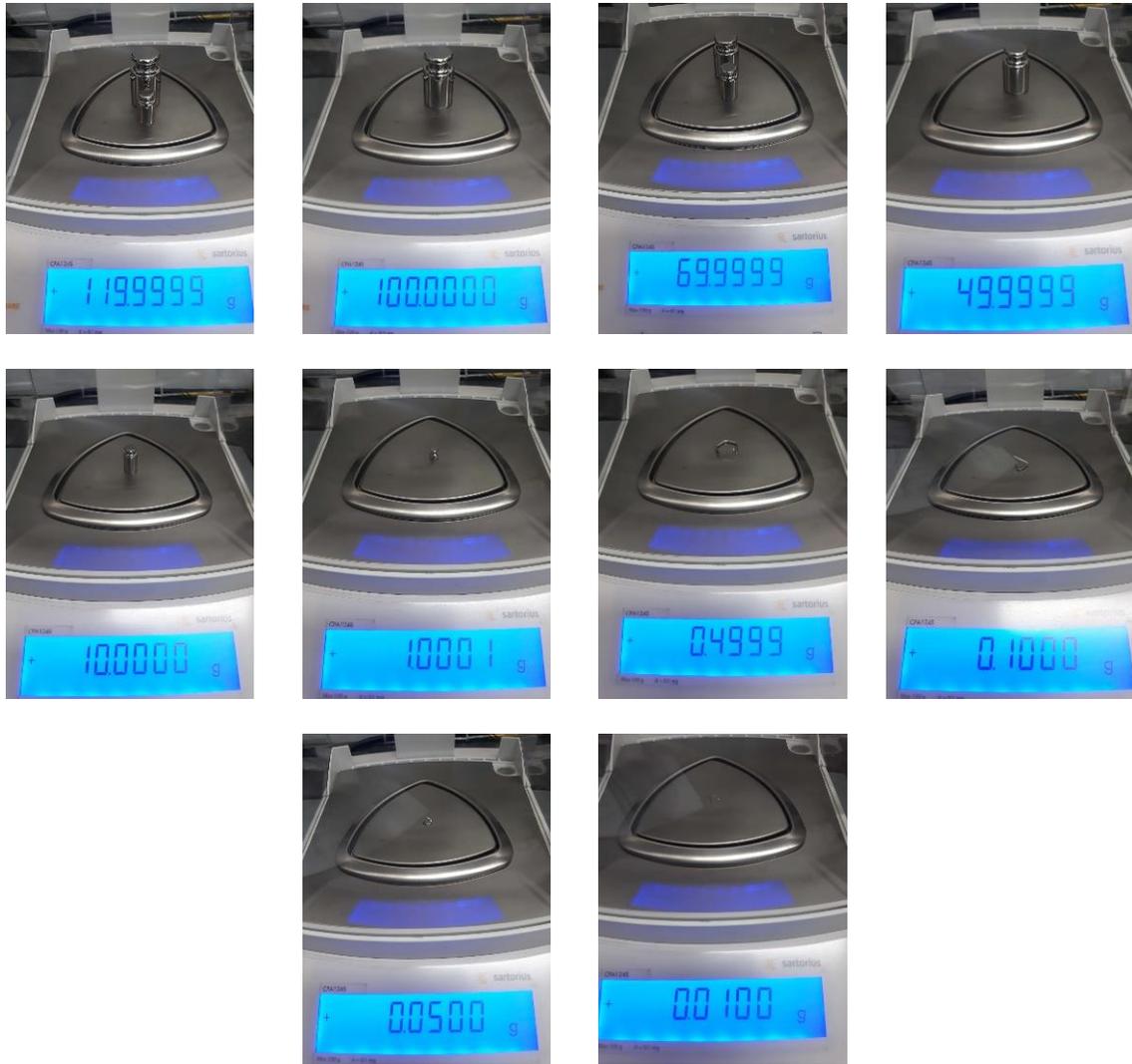


Figura 3.18: prueba de exactitud en forma descendente para 10 valores nominales de carga, los mismos que en la prueba de ascenso

Los datos obtenidos los reporto en la tabla 4 considerando las dos etapas de la prueba, tanto en ascenso como en descenso.

Tabla 4. Indicación con carga obtenida al aplicar las 10 cargas seleccionadas

Indicaciones en ascenso			Indicaciones en descenso		
n	valor nominal de la carga	Indicación con carga	n	valor nominal de la carga	Indicación con carga
1	m_{N1}	l_{L1}	20	m_{N20}	l_{L20}
2	m_{N2}	l_{L2}	19	m_{N19}	l_{L19}
3	m_{N3}	l_{L3}	18	m_{N18}	l_{L18}
4	m_{N4}	l_{L4}	17	m_{N17}	l_{L17}
5	m_{N5}	l_{L5}	16	m_{N16}	l_{L16}
6	m_{N6}	l_{L6}	15	m_{N15}	l_{L15}
7	m_{N7}	l_{L7}	14	m_{N14}	l_{L14}
8	m_{N8}	l_{L8}	13	m_{N13}	l_{L13}
9	m_{N9}	l_{L9}	12	m_{N12}	l_{L12}
10	m_{N10}	l_{L10}	11	m_{N11}	l_{L11}

Con los datos obtenidos para la prueba de exactitud procedo a realizar los cálculos necesarios para la tabla 5 y tabla 6.

Tabla 5. Correcciones para la indicación en la prueba de exactitud

	n	valor nominal de la carga	indicación con carga	correcciones a la indicación				indicación corregida
		m_N	l_L	δl_{dig0}	δl_{digL}	δl_{rep}	δl_{exc}	l_c
a s c e n s o	1	m_{N1}	l_{L1}	δl_{dig01}	δl_{digL1}	δl_{rep1}	δl_{exc1}	l_{c1}
	2	m_{N2}	l_{L2}	δl_{dig02}	δl_{digL2}	δl_{rep2}	δl_{exc2}	l_{c2}
	3	m_{N3}	l_{L3}	δl_{dig03}	δl_{digL3}	δl_{rep3}	δl_{exc3}	l_{c3}
	4	m_{N4}	l_{L4}	δl_{dig04}	δl_{digL4}	δl_{rep4}	δl_{exc4}	l_{c4}
	5	m_{N5}	l_{L5}	δl_{dig05}	δl_{digL5}	δl_{rep5}	δl_{exc5}	l_{c5}
	6	m_{N6}	l_{L6}	δl_{dig06}	δl_{digL6}	δl_{rep6}	δl_{exc6}	l_{c6}
	7	m_{N7}	l_{L7}	δl_{dig07}	δl_{digL7}	δl_{rep7}	δl_{exc7}	l_{c7}
	8	m_{N8}	l_{L8}	δl_{dig08}	δl_{digL8}	δl_{rep8}	δl_{exc8}	l_{c8}
	9	m_{N9}	l_{L9}	δl_{dig09}	δl_{digL9}	δl_{rep9}	δl_{exc9}	l_{c9}
	10	m_{N10}	l_{L10}	δl_{dig10}	δl_{digL10}	δl_{rep10}	δl_{exc10}	l_{c10}
d e s c e n s o	11	m_{N11}	l_{L11}	δl_{dig11}	δl_{digL11}	δl_{rep11}	δl_{exc11}	l_{c11}
	12	m_{N12}	l_{L12}	δl_{dig12}	δl_{digL12}	δl_{rep12}	δl_{exc12}	l_{c12}
	13	m_{N13}	l_{L13}	δl_{dig13}	δl_{digL13}	δl_{rep13}	δl_{exc13}	l_{c13}
	14	m_{N14}	l_{L14}	δl_{dig14}	δl_{digL14}	δl_{rep14}	δl_{exc14}	l_{c14}
	15	m_{N15}	l_{L15}	δl_{dig15}	δl_{digL15}	δl_{rep15}	δl_{exc15}	l_{c15}
	16	m_{N16}	l_{L16}	δl_{dig16}	δl_{digL16}	δl_{rep16}	δl_{exc16}	l_{c16}
	17	m_{N17}	l_{L17}	δl_{dig17}	δl_{digL17}	δl_{rep17}	δl_{exc17}	l_{c17}
	18	m_{N18}	l_{L18}	δl_{dig18}	δl_{digL18}	δl_{rep18}	δl_{exc18}	l_{c18}
	19	m_{N19}	l_{L19}	δl_{dig19}	δl_{digL19}	δl_{rep19}	δl_{exc19}	l_{c19}
	20	m_{N20}	l_{L20}	δl_{dig20}	δl_{digL20}	δl_{rep20}	δl_{exc20}	l_{c20}

Tabla 6. Cálculo de incertidumbres asociadas a las indicaciones

n	valor nominal de la carga	indicación corregida	incertidumbres estándar asociadas a las correcciones de la indicación				Incertidumbre estándar combinada de la indicación corregida promedio
	m_N	l	$u(\delta l_{dig0})$	$u(\delta l_{digL})$	$u(\delta l_{rep})$	$u(\delta l_{exc})$	$u(l)$
1	m_{N1}	l_1	$u(\delta l_{dig01})$	$u(\delta l_{digL1})$	$u(\delta l_{rep1})$	$u(\delta l_{exc1})$	$u(l_1)$
2	m_{N2}	l_2	$u(\delta l_{dig02})$	$u(\delta l_{digL2})$	$u(\delta l_{rep2})$	$u(\delta l_{exc2})$	$u(l_2)$
3	m_{N3}	l_3	$u(\delta l_{dig03})$	$u(\delta l_{digL3})$	$u(\delta l_{rep3})$	$u(\delta l_{exc3})$	$u(l_3)$
4	m_{N4}	l_4	$u(\delta l_{dig04})$	$u(\delta l_{digL4})$	$u(\delta l_{rep4})$	$u(\delta l_{exc4})$	$u(l_4)$
5	m_{N5}	l_5	$u(\delta l_{dig05})$	$u(\delta l_{digL5})$	$u(\delta l_{rep5})$	$u(\delta l_{exc5})$	$u(l_5)$
6	m_{N6}	l_6	$u(\delta l_{dig06})$	$u(\delta l_{digL6})$	$u(\delta l_{rep6})$	$u(\delta l_{exc6})$	$u(l_6)$
7	m_{N7}	l_7	$u(\delta l_{dig07})$	$u(\delta l_{digL7})$	$u(\delta l_{rep7})$	$u(\delta l_{exc7})$	$u(l_7)$
8	m_{N8}	l_8	$u(\delta l_{dig08})$	$u(\delta l_{digL8})$	$u(\delta l_{rep8})$	$u(\delta l_{exc8})$	$u(l_8)$
9	m_{N9}	l_9	$u(\delta l_{dig09})$	$u(\delta l_{digL9})$	$u(\delta l_{rep9})$	$u(\delta l_{exc9})$	$u(l_9)$
10	m_{N10}	l_{10}	$u(\delta l_{dig10})$	$u(\delta l_{digL10})$	$u(\delta l_{rep10})$	$u(\delta l_{exc10})$	$u(l_{10})$

Dónde: I_L es la indicación del instrumento con carga, m_N es el valor nominal de la carga

δI_{dig0} es la corrección de la indicación por redondeo del instrumento sin carga, con un valor estimado de cero y su incertidumbre estándar se estima asumiendo una distribución rectangular con límites $\pm d_0/2$ mediante la ecuación

$$u(\delta I_{dig0}) = \frac{d_0}{2\sqrt{3}} \quad (4)$$

δI_{digL} es la corrección de la indicación por redondeo del instrumento con carga, con un valor estimado de cero y su incertidumbre estándar se estima asumiendo una distribución rectangular con límites $\pm d_L/2$ mediante la ecuación

$$u(\delta I_{digL}) = \frac{d_L}{2\sqrt{3}} \quad (5)$$

δI_{rep} es la corrección de la indicación debido a la repetibilidad del instrumento, con un valor estimado de cero y su incertidumbre estándar se estima asumiendo una distribución normal estimada como

$$u(\delta I_{rep}) = \frac{s(I_L)}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

dónde $s(I_L)$ es el valor mayor obtenido en los puntos de prueba y “ n ” es el número de mediciones realizadas en la prueba de exactitud para cada carga.

δI_{exc} es la corrección de la indicación debido a la carga excéntrica del instrumento, con un valor estimado de cero y su incertidumbre estándar se estima asumiendo una distribución de probabilidad rectangular como:

$$u(\delta I_{exc}) = \frac{I_L |\Delta I_{exc,i}|_{max}}{2L_{exc}\sqrt{3}} \quad (7)$$

dónde L_{exc} es la carga sobre el instrumento en la prueba de excentricidad.

I_c es la indicación corregida del instrumento

$$I_C = I_L + \delta I_{digL} + \delta I_{rep} + \delta I_{exc} - \delta I_{dig0} \quad (8)$$

I_i es la indicación promedio corregida para cada carga

$$I_i = \frac{I_{c21-i} + I_{ci}}{2} \text{ para } i = 1, 2, \dots \quad (9)$$

La incertidumbre estándar de la indicación corregida promedio la calculo mediante la ecuación:

$$u(I) = \sqrt{u^2(\delta I_{dig0}) + u^2(\delta I_{digL}) + u^2(\delta I_{rep}) + u^2(\delta I_{exc})} \quad (10)$$

Considerando la tabla 7 donde obtengo las correcciones para la masa de referencia.

Tabla 7 valores de correcciones a la masa de referencia

n	valor nominal de la carga	densidad de las pesas	Incertidumbre estándar de las pesas	valor de masa convencional	correcciones a las masas de referencia			masa de referencia
					δm_B	δm_D	δm_{conv}	
	m_N	ρ	$u(\rho)$	$m_N + \delta m_c$				m_{ref}
1	m_{N1}	ρ_1	$u(\rho_1)$	m_{c1}	δm_{B1}	δm_{D1}	δm_{conv1}	m_{ref1}
2	m_{N2}	ρ_2	$u(\rho_2)$	m_{c2}	δm_{B2}	δm_{D2}	δm_{conv2}	m_{ref2}
3	m_{N3}	ρ_3	$u(\rho_3)$	m_{c3}	δm_{B3}	δm_{D3}	δm_{conv3}	m_{ref3}
4	m_{N4}	ρ_4	$u(\rho_4)$	m_{c4}	δm_{B4}	δm_{D4}	δm_{conv4}	m_{ref4}
5	m_{N5}	ρ_5	$u(\rho_5)$	m_{c5}	δm_{B5}	δm_{D5}	δm_{conv5}	m_{ref5}
6	m_{N6}	ρ_6	$u(\rho_6)$	m_{c6}	δm_{B6}	δm_{D6}	δm_{conv6}	m_{ref6}
7	m_{N7}	ρ_7	$u(\rho_7)$	m_{c7}	δm_{B7}	δm_{D7}	δm_{conv7}	m_{ref7}
8	m_{N8}	ρ_8	$u(\rho_8)$	m_{c8}	δm_{B8}	δm_{D8}	δm_{conv8}	m_{ref8}
9	m_{N9}	ρ_9	$u(\rho_9)$	m_{c9}	δm_{B9}	δm_{D9}	δm_{conv9}	m_{ref9}
10	m_{N10}	ρ_{10}	$u(\rho_{10})$	m_{c10}	δm_{B10}	δm_{D10}	δm_{conv10}	m_{ref10}

Donde:

$m_N + \delta m_c$ es el valor de masa convencional de las pesas y se obtiene de su certificado de calibración, en conjunto con la incertidumbre de calibración U y el factor de cobertura k . La incertidumbre estándar es:

$$u(\delta m_c) = \frac{U}{k} \quad (11)$$

si la carga de prueba está compuesta de más de una pesa, la masa convencional de estas, así como sus incertidumbres estándar se suman aritméticamente.

δm_B es la corrección de la masa convencional por empuje de aire de las pesas

$$\delta m_B = -m_c (\rho_a - \rho_0) \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_c} \right) \quad (12)$$

dónde:

m_c es el valor de masa convencional de las pesas y se obtiene de su certificado de calibración, si la carga de prueba está compuesta por más de una pesa, la masa convencional de estas se suma aritméticamente

ρ_a es la densidad del aire y se calcula junto con su incertidumbre de acuerdo al procedimiento **PM-15**, el cual está en el manual de gestión de la calidad [4]

ρ_0 es la densidad convencional del aire $\rho_0 = 1,2 \text{ kg} / \text{m}^3$

ρ es la densidad de las pesas y su valor es proporcionado por el fabricante y se le asigna una incertidumbre estándar del 1 % para acero inoxidable y 4% para fundición gris

ρ_c es la densidad convencional de las pesas $\rho_c = 8\,000 \text{ kg} / \text{m}^3$

con una incertidumbre estándar de:

$$\hat{w}(\delta m_B) = \sqrt{\left[\left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_c}\right)u(\rho_a)\right]^2 + \left[\frac{(\rho_a - \rho_0)}{\rho^2}u(\rho)\right]^2} \quad (13)$$

dónde:

$\hat{w}(\delta m_B)$ es la incertidumbre estándar relativa de la corrección de la masa convencional por empuje de aire de las pesas.

δm_D es la corrección de la masa convencional por deriva de las pesas, la corrección δm_D tiene un valor estimado de cero ya que la deriva no es mayor a la incertidumbre expandida de las pesas y queda incluida esta corrección en la incertidumbre, la cual es calculada asumiendo una distribución rectangular como:

$$u(\delta m_D) = \frac{emt}{3\sqrt{3}} \quad (14)$$

δm_{conv} es la corrección de la masa convencional de las pesas por efectos de convección

El valor de corrección de la masa convencional de las pesas por efectos de convección es igual a:

$$\delta m_{conv} = -k_v m_c^{3/4} \frac{\Delta T_{conv}}{|\Delta T_{conv}|^{1/4}} - k_h m_c \Delta T_{conv} \quad (15)$$

dónde:

$$\Delta T_{conv} = t_p - t \quad (16)$$

ΔT_{conv} es la diferencia entre las temperaturas promedio de las pesas y el ambiente

t_p es la temperatura promedio de las pesas

t es la temperatura promedio ambiente

Si $\Delta T_{conv} > 0$; entonces $k_v = 215 \times 10^{-9}$ y $k_h = 75,4 \times 10^{-9}$

Si $\Delta T_{conv} < 0$; entonces $k_v = 119 \times 10^{-9}$ y $k_h = 20,2 \times 10^{-9}$

y su incertidumbre estándar combinada es:

$$\mu(\delta m_{conv}) = \sqrt{\left(\frac{\delta_{\delta m_{conv}}}{\delta m_c} u(m_c)\right)^2 + \left(\frac{\delta_{\Delta T_{conv}}}{\Delta T_{conv}} u(\Delta T_{conv})\right)^2} \quad (17)$$

dónde los coeficientes de sensibilidad son:

$$\frac{\delta_{\delta m_{conv}}}{\delta m_c} = -\frac{3K_v \Delta T_{conv}}{4m_c^{1/4} |\Delta T_{conv}|^{1/4}} - k_h \Delta T_{conv} \quad (18)$$

$$\frac{\delta_{\Delta T_{conv}}}{\Delta T_{conv}} = -\frac{3K_v m_c^{3/4}}{4|\Delta T_{conv}|^{1/4}} - k_h m_c \quad (19)$$

m_c es el valor de masa convencional de la pesa y su incertidumbre estándar es

$$u(m_c) = \frac{U(m_c)}{k} \quad (20)$$

dónde: $U(m_c)$ es la incertidumbre expandida de la masa convencional de la pesa y se obtiene de su certificado de calibración. Si la carga de prueba está compuesta por más de una pesa, la masa convencional de las pesas así como sus incertidumbres estándar se suman aritméticamente.

k es el factor de cobertura

La Incertidumbre estándar de ΔT_{conv} es:

$$u(\Delta T_{conv}) = \sqrt{u^2(t_p) + u^2(t)} \quad (21)$$

dónde

$$u(t_p) = \sqrt{\left(\frac{t_{pfinal} - t_{pinicial}}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{d}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{U}{k}\right)^2} \quad (22)$$

$$u(t) = \sqrt{\left(\frac{t_{final} - t_{inicial}}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{d}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{U}{k}\right)^2} \quad (23)$$

dónde $u(t_p)$ es la incertidumbre estándar de la temperatura de las pesas

$u(t)$ es la incertidumbre estándar de la temperatura ambiente

t_{pfinal} es la temperatura de las pesas al final de la calibración

$t_{pinicial}$ es la temperatura de las pesas al inicio de la calibración

t_{final} es la temperatura ambiente al terminar la calibración

$t_{inicial}$ es la temperatura ambiente al iniciar la calibración

d es la resolución del instrumento con el que medí la temperatura
 U es la incertidumbre expandida de medida del instrumento para medir la temperatura y se obtiene de su certificado de calibración
 k es el factor de cobertura

m_{ref} es el valor de masa de referencia que calculo mediante:

$$m_{ref} = m_N + \delta m_c + \delta m_B + \delta m_D + \delta m_{conv} \quad (24)$$

La incertidumbre estándar de la masa de referencia la obtengo mediante:

$$u(m_{ref}) = \sqrt{u^2(\delta m_c) + u^2(\delta m_B) + u^2(\delta m_D) + u^2(\delta m_{conv})} \quad (25)$$

Los resultados obtenidos para las ecuaciones (11) a (25) los muestro en la tabla 8.

Tabla 8 Incertidumbre estándar asociada a las correcciones de la masa de referencia

n	valor nominal de la carga	incertidumbre estandar asociada a las correcciones de la masa de referencia				incertidumbre estándar combinada de la masa de referencia
	m_N	$u(\delta m_c)$	$u(\delta m_B)$	$u(\delta m_D)$	$u(\delta m_{conv})$	$u(m_{ref})$
1	m_{N1}	$u(\delta m_{c1})$	$u(\delta m_{B1})$	$u(\delta m_{D1})$	$u(\delta m_{conv1})$	$u(m_{ref1})$
2	m_{N2}	$u(\delta m_{c2})$	$u(\delta m_{B2})$	$u(\delta m_{D2})$	$u(\delta m_{conv2})$	$u(m_{ref2})$
3	m_{N3}	$u(\delta m_{c3})$	$u(\delta m_{B3})$	$u(\delta m_{D3})$	$u(\delta m_{conv3})$	$u(m_{ref3})$
4	m_{N4}	$u(\delta m_{c4})$	$u(\delta m_{B4})$	$u(\delta m_{D4})$	$u(\delta m_{conv4})$	$u(m_{ref4})$
5	m_{N5}	$u(\delta m_{c5})$	$u(\delta m_{B5})$	$u(\delta m_{D5})$	$u(\delta m_{conv5})$	$u(m_{ref5})$
6	m_{N6}	$u(\delta m_{c6})$	$u(\delta m_{B6})$	$u(\delta m_{D6})$	$u(\delta m_{conv6})$	$u(m_{ref6})$
7	m_{N7}	$u(\delta m_{c7})$	$u(\delta m_{B7})$	$u(\delta m_{D7})$	$u(\delta m_{conv7})$	$u(m_{ref7})$
8	m_{N8}	$u(\delta m_{c8})$	$u(\delta m_{B8})$	$u(\delta m_{D8})$	$u(\delta m_{conv8})$	$u(m_{ref8})$
9	m_{N9}	$u(\delta m_{c9})$	$u(\delta m_{B9})$	$u(\delta m_{D9})$	$u(\delta m_{conv9})$	$u(m_{ref9})$
10	m_{N10}	$u(\delta m_{c10})$	$u(\delta m_{B10})$	$u(\delta m_{D10})$	$u(\delta m_{conv10})$	$u(m_{ref10})$

Las conclusiones más importantes de estos cálculos los reporto en la tabla 9

Tabla 9 error de indicación para cada carga de prueba

Valor nominal de la carga	Error	Incertidumbre expandida
m_N	E	$U(E)$
m_{N1}	E_1	$U(E_1)$
m_{N2}	E_2	$U(E_2)$
m_{N3}	E_3	$U(E_3)$
m_{N4}	E_4	$U(E_4)$
m_{N5}	E_5	$U(E_5)$
m_{N6}	E_6	$U(E_6)$
m_{N7}	E_7	$U(E_7)$
m_{N8}	E_8	$U(E_8)$
m_{N9}	E_9	$U(E_9)$
m_{N10}	E_{10}	$U(E_{10})$

Para obtener los valores de la tabla 9 empleo la siguiente ecuación:

$$E = I - m_{ref} \quad (26)$$

dónde E es el error de indicación

I es la indicación corregida promedio

m_{ref} es el valor de la masa de referencia

La incertidumbre expandida asociada a E con un factor de cobertura de $k = 2$ la obtengo mediante:

$$U(E) = 2 \sqrt{u^2(I) + u^2(m_{ref})} \quad (27)$$

Una vez que conozco el procedimiento para la obtención de los resultados en cada una de las pruebas de la calibración, la siguiente actividad es realizar el certificado de calibración donde se muestran los resultados

El objetivo general de la calibración es conocer el error del instrumento mediante la aplicación de las 3 pruebas metrológicas excentricidad, repetibilidad y exactitud.

3.4 Generación del certificado de calibración

Al terminar de obtener los resultados para cada una de las pruebas en la calibración de un instrumento para pesar, es necesario generar el certificado de calibración y presentarlo de una forma clara y breve para que el usuario del instrumento pueda interpretarlos y hacer uso de ellos. Por tal motivo es necesario emitir un documento el cual contenga los resultados.

Es ahí donde surge el certificado de calibración, el cual de en términos generales, incluye

- a) la identificación del instrumento bajo calibración
- b) la identificación del poseedor del instrumento
- c) los resultados de la calibración compuestos esencialmente por:
los errores de medición de las indicaciones del instrumento comparados contra los valores del patrón, la incertidumbre de tales errores
- d) las condiciones relevantes observadas durante la calibración, el método de calibración
- e) información que avale su validez, limitaciones y advertencias

El certificado de calibración es un documento que muestra las diferencias de medida entre el instrumento a calibrar y el patrón contra el que se compara. Para obtener el certificado de calibración seguí las actividades descritas en el apartado 3.3.

Es necesario aclarar que el certificado de calibración emitido por Masstech no incluye obligatoriamente la verificación del cumplimiento con un requisito, norma, reglamento o especificación. Debe notarse que el cumplimiento con alguno de los anteriores es responsabilidad del usuario ya que el dispone de la información necesaria para avalar que su instrumento cumpla sus requerimientos.

Para la emisión del certificado, utilicé los datos obtenidos en las figuras 3.11 a 3.18 los cuales provienen de la calibración de un instrumento propiedad de un cliente, del cual mencionare sus características (Fig. 3.19).

Características del instrumento bajo calibración

Balanza analítica digital
marca: Sartorius
modelo: CPA124S
alcance: 120 g
resolución: $d=0,0001$ g



Figura 3.19: balanza analítica

Con el concentrado de datos para cada una de las pruebas, que muestro en las tablas 10, 11 y 12, el siguiente paso es generar el certificado de calibración, el cual obtengo haciendo uso de las ecuaciones mostrados en el apartado 3.3, empleando una hoja de cálculo donde están programadas dichas ecuaciones.

Los datos que obtuve para la carga aplicada cercana al $\frac{1}{2}$ del Max', en la prueba de excentricidad son los siguientes:

Tabla 10 Error de carga excéntrica

Posición No.	Indicación con carga (g)
1	50,000 0
2	50,000 0
3	49,999 9
4	49,999 8

Para la prueba de repetibilidad con cargas seleccionadas a 50 g y 100 g muestro los datos obtenidos a continuación:

Tabla 11 Indicaciones para la prueba de repetibilidad

Carga de prueba (g)	50 (g)	100 (g)
n	50,000 0	99,999 9
1	50,000 0	99,999 9
2	50,000 0	99,999 9
3	50,000 0	99,999 9
4	49,999 9	99,999 9
5	50,000 0	99,999 9
6	50,000 0	99,999 9
7	50,000 0	99,999 9
8	50,000 0	99,999 9
9	50,000 0	99,999 9
10	50,000 0	99,999 9

Y para la prueba de error de exactitud obtengo los siguientes datos

Tabla 12 indicaciones para para la prueba de exactitud

Indicaciones en ascenso			Indicaciones en descenso		
n	valor nominal de la carga (g)	Indicación con carga (g)	n	valor nominal de la carga (g)	Indicación con carga (g)
1	0,01	0,010 1	20	0,01	0,010 0
2	0,05	0,049 9	19	0,05	0,050 0
3	0,1	0,100 0	18	0,1	0,100 0
4	0,5	0,499 8	17	0,5	0,499 9
5	1	1,000 0	16	1	1,000 1
6	10	9,999 9	15	10	10,000 0
7	50	49,999 9	14	50	49,999 9
8	70	69,999 9	13	70	69,999 9
9	100	99,999 9	12	100	100,000 0
10	120	119,999 9	11	120	119,999 9

A continuación, muestro el certificado realizado.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LMS – 0684/18

LABORATORIO DE METROLOGÍA
ACREDITADO Y CERTIFICADO



Nombre del Cliente: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Dirección: XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXX

No. de Certificado: LMS – 0684/18

Descripción del Instrumento: Instrumento para pesar, alcance máximo: 120 g resolución d=0,000 1 g

Marca: SARTORIUS

Modelo: CPA124S

No. de Serie: 29650050

Código Masstech: 1001-S-012

Identificación del cliente/ Inventario: AC.H51-5W5^(NOTA 1)

Patrones: Juego de Pesas Masstech (PCM 062) de 1 mg a 1 kg, Clase E2
Número de Serie: 1877
Certificado de Calibración: MA-M5681/17
Fecha de Calibración: 2017-11-13
Calibrado por: MetAs, S.A. de C.V.

Instrumentos Auxiliares: Monitor de Temperatura Cód. IMS-019
Meteorómetro Temperatura / Humedad / Presión Cód. IMS-017

Procedimiento Utilizado: PM – 14 (Comparación directa utilizando 100 % en pesas patrón)

Documento de Referencia: Guía técnica de trazabilidad metrológica e incertidumbre de medida en la magnitud de masa para calibración de instrumentos para pesar de funcionamiento no automático

Condiciones Ambientales: 23,6 °C a 23,7 °C 45 % hr a 46 % hr 1007,4 hPa a 1007,6 hPa

Fecha de Calibración: 2018-05-06

masstech@prodigy.net.mx

Masstech, S.A. de C.V. • Cañitas No. 25 • Col. Popotla, 11400 • Deleg. Miguel Hidalgo, Cd. de México.
Tels. 5359-3671 • 5357-1943 • 5358-5653

Hoja 1/3

www.masstech.com.mx

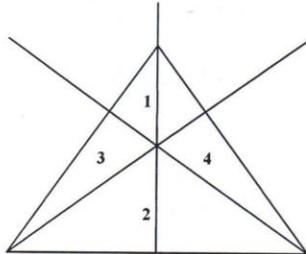
MASSTECH, S.A. de C.V.

No. DE CERTIFICADO: LMS - 0684/18

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Prueba de Excentricidad

Carga de prueba (g): 50



Posición	Error de Carga Excentrica
No.	(g)
1	0,000 0
2	0,000 0
3	-0,000 1
4	-0,000 2

Prueba de Repetibilidad

Carga de prueba (g)	Desviación estándar (g)
50	0,000 032
100	0,000 000

A handwritten signature or stamp, possibly reading 'J. J. J.', located at the bottom left of the page.

Hoja 2 / 3

MASSTECH, S.A. de C.V.

No. DE CERTIFICADO: LMS - 0684/18

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Prueba de Exactitud

Valor Nominal de la Carga (g)	Error (g)	Incertidumbre Expandida (g)
0,01	0,000 048	± 0,000 093
0,05	-0,000 050	± 0,000 093
0,1	-0,000 008	± 0,000 094
0,5	-0,000 138	± 0,000 094
1	0,000 053	± 0,000 095
10	-0,000 03	± 0,000 10
50	-0,000 15	± 0,000 12
70	-0,000 16	± 0,000 16
100	-0,000 05	± 0,000 18
120	-0,000 11	± 0,000 22

Incertidumbre: La incertidumbre se calculó de acuerdo a la norma NMX-CH-140-IMNC-2002 "Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones". Este valor de incertidumbre corresponde a un factor de cobertura $k=2$

Trazabilidad: Los resultados de la calibración de los patrones de masa que se emplearon para esta calibración están trazados al Patrón Nacional de Masa No. 21 de 1 kg, mantenido en el CENAM, por lo que esta calibración tiene trazabilidad al mismo Patrón Nacional.

Acreditación: El acto por el cual una entidad de acreditación reconoce la competencia técnica y confiabilidad de los organismos de certificación, de los laboratorios de prueba, de los laboratorios de calibración y de las unidades de verificación para la evaluación de la conformidad.

Certificación: Procedimiento por el cual se asegura que un producto, proceso, sistema o servicio se ajusta a las normas o lineamientos o recomendaciones de organismos dedicados a la normalización nacionales o internacionales.

Masstech tiene:

Acreditación No.: M-80 Vigente a partir del 2010-11-23; NMX-EC-17025-IMNC-2006 por Entidad Mexicana de Acreditación, A.C. (EMA) Sistema de Gestión de la Calidad Certificado: MX12/55002062; ISO 9001:2015 por SGS de México, S.A. de C.V.

Observaciones: Para el correcto empleo de este certificado, se debe aplicar adecuadamente el valor del error. Se recomienda que el instrumento no se mueva de su lugar de trabajo, ya que el movimiento le puede afectar a su funcionamiento. También se debe de considerar que hay condiciones que le afectan a su funcionamiento como son la temperatura, las corrientes de aire y el que se encuentre sobre una base con falta de rigidez. La calibración fue realizada en las instalaciones del cliente. Los resultados de la calibración se relacionan únicamente al instrumento mencionado en la hoja 1/3 A petición del cliente, la próxima calibración se realizará en la fecha 2019-05 (NOTA 1)

Contacto: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
xxxxxxxxxxxxxxxxx@xxxxxxxxxxxxxxxx.com

Nota 1: Información suministrada por el cliente

Masstech pedido No. 0386

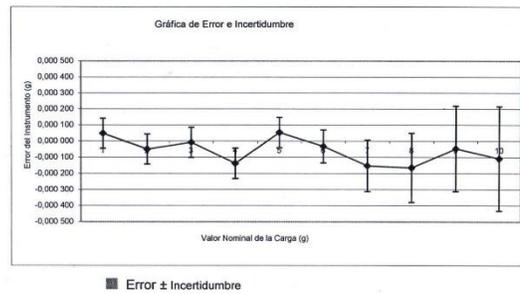
Hoja 3 / 3

Calibró: José A. García
Signatario Autorizado

Autorizó: Jacob Torres
Signatario Autorizado

Fecha de emisión
2018-05-08

Punto	Valor Nominal	Error	Incertidumbre
	de la Carga (g)	(g)	Expandida (g)
1	0,01	0,000 048	± 0,000 093
2	0,05	-0,000 050	± 0,000 093
3	0,1	-0,000 008	± 0,000 094
4	0,5	-0,000 138	± 0,000 094
5	1	0,000 053	± 0,000 095
6	10	-0,000 03	± 0,000 10
7	50	-0,000 15	± 0,000 16
8	70	-0,000 16	± 0,000 21
9	100	-0,000 05	± 0,000 27
10	120	-0,000 11	± 0,000 32



Este certificado que se entrega al cliente cuenta con las firmas tanto del signatario que realizó la calibración como la del signatario que revisó y autorizó el certificado. Por motivos de confidencialidad los datos del cliente han sido eliminados. Este certificado fue hecho por mí, bajo la supervisión del signatario, debido a que dentro de mis facultades no se encuentra la de firmar como signatario.

El motivo por el cual yo realicé la calibración y emití el certificado fue como parte de mi capacitación.

3.5 Evaluación de la competencia

Al concluir la etapa de formación donde mis competencias y conocimientos fueron mejorando, fue necesario mostrar evidencia del progreso que yo mostré siendo técnico de laboratorio.

Considerando la normatividad, definición, responsabilidades y conocimientos necesarios para calificar como *signatario* se vuelve primordial evaluar dichas consideraciones para emitir un juicio y saber si califico o no como *signatario*. El fin de esta evaluación es proporcionar evidencia objetiva de mi desempeño y capacidades para producir datos tanto precisos como repetibles de las calibraciones que corran por mi cuenta.

Es en esta etapa donde surge una última prueba para asegurar plenamente que mi desempeño y capacidades son las adecuadas. La prueba que me aplicaron es conocida como error normalizado.

El error normalizado es uno de los criterios más usados en pruebas interlaboratorios, calibraciones consecutivas, aseguramiento de las mediciones, competencia del personal entre otras. Su sustento estadístico proviene de la teoría o hipótesis de medias y varianzas iguales. Por lo tanto, para aplicarlo se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- lo errores tiene una distribución normal
- la correlación entre los valores es nula

El criterio de aceptación en términos absolutos considera que no hay diferencias cuando el error normalizado es menor o igual a 1. El error normalizado se expresa mediante:

$$E_n = \frac{E_p - E_{ref}}{\sqrt{U_p^2 + U_{ref}^2}} \quad (28)$$

dónde: E_p es el error del participante reportado por punto de calibración, E_{ref} es el error de referencia por punto de calibración, U_p^2 es la incertidumbre expandida reportada por el participante en un certificado de calibración y U_{ref}^2 es la incertidumbre expandida reportada por la referencia. Del cual podemos definir que:

Valores de $|E_n| > 1$ indican resultados no satisfactorios

Valores de $|E_n| \leq 1$ indican resultados satisfactorios

Una vez seleccionada la herramienta estadística a utilizar encuentro otra cuestión que involucra una decisión: ¿cómo seleccionar la referencia? La norma **NMX-Z-055-IMNC-2009** [7] define valor de referencia como: el valor de una magnitud que sirve como base de comparación

con valores de magnitudes de la misma naturaleza. El valor de una magnitud es un conjunto formado por un número y una referencia que constituye la expresión cuantitativa de una magnitud por ejemplo la masa de un objeto determinado: 1 000 g.

El perfil de signatario que servirá como valor de referencia en el método para la calibración de instrumentos, recae en el signatario José Antonio García ya que cumple con los términos de competencia requeridos para el perfil, cumple con el nivel de estudios requerido y en cuanto a la experiencia tiene una trayectoria de 13 años que le han servido para adquirir habilidad y conocimiento técnico en la calibración de básculas y balanzas lo que le permite actuar como valor de referencia en mi evaluación.

Los valores tanto de referencia como del participante fueron obtenidos realizando la calibración de una balanza con las mismas características y en igualdad de condiciones, a continuación, presento los resultados de la calibración en la tabla 13 y tabla 14

Tabla 13 resultados de la referencia

José (referencia)		
Valor Nominal de la Carga	Error	Incertidumbre Expandida
(g)	(g)	(g)
0,01	-0,000 05	± 0,000 22
0,2	-0,000 01	± 0,000 22
0,5	0,000 01	± 0,000 22
1	-0,000 01	± 0,000 22
5	0,000 01	± 0,000 22
20	0,000 10	± 0,000 22
50	0,000 19	± 0,000 23
100	0,000 32	± 0,000 25
150	0,000 06	± 0,000 30
200	-0,000 24	± 0,000 33

Tabla 14 resultados del participante

Marcos (participante)		
Valor Nominal de la Carga	Error	Incertidumbre Expandida
(g)	(g)	(g)
0,01	0,000 00	± 0,000 22
0,2	0,000 14	± 0,000 22
0,5	-0,000 04	± 0,000 22
1	-0,000 06	± 0,000 22
5	0,000 11	± 0,000 22
20	0,000 10	± 0,000 23
50	0,000 19	± 0,000 26
100	0,000 22	± 0,000 34
150	0,000 07	± 0,000 46
200	-0,000 02	± 0,000 57

Calculando el error normalizado utilizando la ecuación (28) en el primer valor nominal de carga tenemos:

$$E_n = \frac{[0.000\ 00 - (-0.000\ 05)]}{\sqrt{[(0.000\ 22)^2 + (0.000\ 22)^2]} = 0,163 < 1$$

Considerando el criterio $|E_n| \leq 1$ puedo concluir que error normalizado para el primer valor de carga es satisfactorio.

De igual forma, calculando para los puntos restantes en el valor nominal de carga empleando la ecuación (28) obtengo los resultados que presento en la tabla 15

Tabla 15 resultados del error normalizado

Valor Nominal de la Carga	Resultado Marcos		
(g)			
0,1	$E_n =$	0,164	satisfactorio
0,2	$E_n =$	0,491	satisfactorio
0,5	$E_n =$	0,163	satisfactorio
1	$E_n =$	0,163	satisfactorio
5	$E_n =$	0,327	satisfactorio
10	$E_n =$	0,007	satisfactorio
20	$E_n =$	0,014	satisfactorio
50	$E_n =$	0,214	satisfactorio
100	$E_n =$	0,022	satisfactorio
200	$E_n =$	0,325	satisfactorio

En la tabla 15 podemos observar que los resultados para todos los valores nominales de carga son menores a 1; por lo tanto, si considero el criterio $|E_n| \leq 1$, puedo concluir que la calibración realizada por mí fue satisfactoria. Por lo tanto, puedo afirmar que soy apto para producir datos tanto precisos como repetibles.

3.6 Ampliación de signatarios

Tomando en cuenta que la empresa invirtió una cantidad de tiempo considerable tanto en mi capacitación como en mi formación, se da cuenta de que cumpla con los requisitos necesarios para calificar como signatario autorizado. Es aquí cuando Masstech ve en mi persona la posibilidad de aumentar su plantilla de signatarios autorizados, por tal motivo me propone realizar la evaluación por parte de *ema* para lograr ser reconocido como signatario autorizado.

La entidad mexicana de acreditación toma en cuenta el documento “Manual de procedimientos – Evaluación y acreditación de laboratorios de calibración y/o ensayo (pruebas) con base en la norma ISO / IEC 17025-2018 [8], donde indica las actividades que debe realizar el laboratorio cuando quiere realizar un proceso de ampliación.

La *ema* a.c. maneja 5 tipos de ampliación:

1. ampliación de alcance (métodos o procedimientos)
2. ampliación de alcance en métodos ya acreditados
3. ampliación de personal
4. ampliación de sucursales
5. ampliación en los alcances de medición ya acreditados

Al analizar el detalladamente el punto 3 *ampliación de personal* encuentro que, ya sea que el laboratorio solicite en conjunto con la vigilancia o por medio de una evaluación remota, necesito afrontar la testificación de una calibración.

La testificación es el acto por el cual la *ema* observa el desempeño del personal técnico del laboratorio, lo anterior involucra que será evaluado por uno de los expertos técnicos con los cuales cuenta la *ema* dentro de su padrón nacional de evaluadores. Este experto técnico cuenta con un vasto conocimiento y experiencia en el área en la cual está autorizado por la *ema* a evaluar.

Durante la testificación el experto técnico no sólo se limitó a observar el proceso de mi calibración (con todo lo que la actividad conlleva), sino que además me realizó una serie de preguntas que tienen como finalidad el confirmar que yo, la persona propuesta, cumpla con los requisitos. Los requisitos cuyo cumplimiento se verifican pueden encontrarse en el capítulo dos de este trabajo, y que aquí mencionaré de manera resumida:

- El documento de referencia (norma internacional, norma regional, norma nacional, norma extranjera, guía técnica o cualquier otro documento que se tomó como base para desarrollar el procedimiento técnico de calibración y que puede establecer requisitos de competencia para el personal)
- Los documentos establecidos por la *ema*.
- Lo establecido por el propio laboratorio dentro de su sistema de gestión de la calidad.

Capítulo IV Resultados

Una vez que enfrenté la testificación y demostré mi competencia técnica para realizar las calibraciones significó que la evaluación fue satisfactoria por lo que el proceso continuo según lo establecido por la entidad mexicana de acreditación y al final mi nombre se ingresó dentro del oficio de acreditación que le es entregado al laboratorio el cual muestro a continuación:

 entidad mexicana de acreditación, a.c. ACREDITACIÓN: SINÓNIMO DE CONFIANZA Y COMPETENCIA TÉCNICA

mariano escobedo n° 564
col. anzures, 11590
ciudad de méxico
tel. (55) 91484300
www.ema.org.mx

MASSTECH, S. A. DE C. V.

**CAÑITAS, No. 25, COL. POPOTLA,
C.P. 11400, MIGUEL HIDALGO, CIUDAD DE MÉXICO.**

Ha sido acreditado como Laboratorio de Calibración bajo la norma NMX-EC-17025-IMNC-2018 ISO/IEC 17025:2017. Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y de calibración, para el área de
Masa

Acreditación Número: M-80
Fecha de acreditación: 2010/11/23
Fecha de actualización: 2019/03/20
Fecha de emisión: 2019/04/15

Número de referencia: 18LC1390

Trámite: Actualización de la norma de acreditación

Este documento sustituye al emitido en fecha 2019-04-03

El alcance para realizar las calibraciones es de conformidad con:

Método o procedimiento: Instrumentos para pesar de funcionamiento no automático
Signatarios autorizados
Nombre
Jacob Torres Aguado
José Antonio García Razo
Ismael Cruz Ruiz Camarillo
Manuel Eric Rubio Gutiérrez
Marcos Guzmán Hernández

Figura 4.1: parte del oficio de acreditación entregado a Masstech donde se me incluye como signatario autorizado para la calibración de instrumentos para pesar

Por todo lo anterior resulta más que evidente la importancia de los procesos de reclutamiento, inducción, capacitación y formación que tuve durante mi tiempo como personal de laboratorio lo que me sirvió para enfrentar una evaluación y lograr calificar como signatario autorizado.

Conclusiones

Al iniciar mi actividad laboral en Masstech, un laboratorio de metrología, donde solo conocía a la metrología como la ciencia encargada del estudio de las mediciones, no imaginaba que un conocimiento específico fuera necesario para calificar en primera instancia como personal operativo y posteriormente como signatario autorizado para la calibración de instrumentos para pesar. Fue necesario afrontar diversos retos, cada uno de ellos con mayor grado de complejidad.

Conociendo las actividades y funciones que realiza un signatario autorizado, se facilita contar con un perfil profesional para cubrir el puesto, pero se tiene la problemática de que el conocimiento necesario es muy específico, por lo que es necesario desarrollar las competencias técnicas con base en la capacitación, formación y desarrollo.

Al adquirir las competencias necesarias para calificar como signatario autorizado la parte más difícil, fue desarrollar mi capacidad para comprender y usar los conceptos metrológicos, ya que el trabajo que desarrollo se sustenta en lograr medidas confiables que ayudan a conocer los fenómenos lo más cercano a la realidad para tomar decisiones responsables.

Si bien la facultad no me preparó para egresar siendo un signatario, me brindo las capacidades y conocimientos para afrontar las pruebas necesarias para lograrlo, debido a que la metrología se auxilia de conocimiento multidisciplinario; con materias de ciencias básicas que me ayudan a interpretar los resultados, con conocimientos de Física y Química que definen principios, métodos y procedimientos, computación que agiliza el tratamiento de los datos, todos estos contribuyeron en gran medida para lograr ser reclutado y adquirir la competencia técnica requerida para ser signatario autorizado, ya que el trabajo del signatario se focaliza en la aplicación de métodos de medición, métodos de calibración, utilización de recomendaciones internacionales, aplicación de normas técnicas y de calidad, así como la aplicación de todos estos conocimientos para mejorar la capacidad de medición.

Ser ingeniero implica mucho más que haber aprobado las materias del plan de estudio, más que tener un trabajo increíble con una buena remuneración, ser ingeniero significa que cuando alguien encuentre dificultades sin solución te llamen no por ser más inteligente sino porque saben que tienes la capacidad para poder resolverlas, capacidad forjada a base enfrentar situaciones peores y salir exitoso de ellas; y no es que vaya a tener una fórmula secreta para salir adelante sino que voy a ingeniármelas para conseguir resolver esas dificultades.

Referencias

- [1] Centro Español de Metrología, Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, términos asociados, España: Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2012.
- [2] Secretaría de Gobernación, Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 2009.
- [3] NMX-EC-17025-IMNC-2006 / ISO/IEC 17025:2005, Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y de Calibración, 2006.
- [4] Masstech, Manual de Gestión de la calidad.
- [5] Entidad Mexicana de Acreditación, MP-FE005-13 Criterios de Aplicación de la Norma ISO/IEC 17025 (vigente), 2018.
- [6] NMX-EC-17043-IMNC-2010, Evaluación de la conformidad-Requisitos generales para los ensayos de aptitud, 2010.
- [7] NMX-Z-055-IMNC-2009, Vocabulario Internacional de Metrología-Conceptos fundamentales y generales, Términos asociados, 2009.
- [8] Entidad Mexicana de Acreditación, Manual de procedimientos. Evaluación y acreditación de laboratorios de calibración y/o ensayo (pruebas) con base en la norma ISO/IEC 17025.