Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Físicas
Escuela Profesional de Física

Implementación del Procedimiento de Calibración de Pesas Clase de Exactitud M1 Según la Recomendación OIML R-111

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Física

AUTOR

Daniel Andres LIÑAN DIAZ

ASESORA

Mg. Mabel Erlinda TESILLO QUISPE
Gladys Ofelia CRUZ VILLAR (Coasesor)

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Liñan, D. (2026). *Implementación del Procedimiento de Calibración de Pesas Clase de Exactitud M1 Según la Recomendación OIML R-111*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Escuela Profesional de Física]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Daniel Andres Liñan Diaz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47250742
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-3137-3924
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Mabel Erlinda Tesillo Quispe
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40603211
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-9620-3237
Datos de coasesor	
Nombres y apellidos	Gladys Ofelia Cruz Villar
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40867223
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-7414-8913
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	María Luisa Cerón Loayza
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10013268
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Percy Arturo Paz Retuerto

Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07175524
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Nick Jhonatan Moreno Moreno
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	44337297
Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Reles SRL País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Breña Calle: Pomabamba Latitud: -12.05064 Longitud: -77.05077
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2026
URL de disciplinas OCDE	Otras ciencias naturales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.07.00 Otras ingenierías, Otras tecnologías https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.00

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE FÍSICA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN FÍSICA

Siendo las 08:00 horas del sábado 04 de julio de 2026, en el Salón de Grados de la Facultad de Ciencias Físicas (Auditorio 109), bajo la Presidencia de la Mg. María Luisa Cerón Loayza (Presidenta), Lic. Percy Arturo Paz Retuerto (Miembro Titular), Mg. Mabel Erlinda Tesillo Quispe (Asesora) y el Mg. Nick Jhonatan Moreno Moreno (Miembro Suplente), se dio inicio a la Sesión Pública de Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Licenciado en Física (según Art. 45.2 de la Ley N° 30220), del bachiller:

DANIEL ANDRES, LIÑAN DIAZ

Dando lectura al resumen del expediente, el Presidente del Jurado, invitó al bachiller Daniel Andres, Liñan Diaz a realizar su exposición del Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: "Implementación del Procedimiento de Calibración de Pesas Clase de Exactitud M1 Según la Recomendación OIML R-111".

Concluida la exposición del candidato y luego de las preguntas de rigor por parte del Jurado, el Presidente, invitó al bachiller y al público a abandonar momentáneamente la Sala de Sesión, para dar paso a la deliberación y calificación por parte del Jurado.

Al término de la deliberación del Jurado, la Mg. María Luisa Cerón Loayza invitó al candidato y al público a pasar a la Sala de Sesión, para dar lectura al resultado de la deliberación. Ha obtenido la calificación de:

18	DIECIOCHO	CON HONORES
(NÚMERO)	(LETRAS)	(MENCIÓN)

Finalmente, la Presidenta del Jurado, propone al consejo de la Facultad que se le declare Licenciado en Física al bachiller Daniel Andres, Liñan Diaz Siendo las ...9:54.... horas, se levanta la sesión.

Mg. María Luisa Cerón Loayza
Presidenta

Lic. Percy Arturo Paz Retuerto
Miembro Titular

Mg. Mabel Erlinda Tesillo Quispe
Asesora

Mg. Nick Jhonatan Moreno Moreno
Miembro Suplente

Scanned with CamScanner

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

Anexo 1

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo., **Mabel Erlinda Tesillo Quispe** en mi condición de asesor con el Acuerdo del Comité de Gestión N° 040-EPF-FCF-26 del Trabajo por Suficiencia Profesional, cuyo título es **Implementación del Procedimiento de Calibración de Pesas Clase de Exactitud M1 según la Recomendación OIML R-111**, presentado por el bachiller **Daniel Andres Liñan Diaz** para optar el **Título Profesional de Licenciado en Física**, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el **19 %** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del **Título Profesional de Licenciado en Física.**

Lima, 28 de septiembre 2026

Firma del Asesor:

Nombres y Apellidos del asesor: Mg. Mabel Erlinda Tesillo Quispe
DNI: 40603211

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

Dedicatoria

A Dios, mis abuelos, padres y hermanos por su cariño y apoyo constante.

Agradecimientos

A la Sra. Graciela Dávila, gerente general de la empresa Reparaciones Electrónicas Especializadas S.R.L., por la confianza y el apoyo brindado en esta etapa profesional y laboral de mi vida.

Al Programa Nacional de Investigación Científica y Estudios Avanzados (PROCIENCIA) que viene impulsando la excelencia en laboratorios de ensayo, calibración y análisis clínico para potenciar la productividad del Perú. Debido a esta iniciativa, se pudo obtener financiamiento para la adecuación del laboratorio de calibración e implementación del procedimiento de calibración de pesas de precisión.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN *10*

1.1 Situación Problemática 10

1.2 Motivación 11

1.3 Justificación 11

1.4 Objetivos 12

1.4.1 Objetivo general 12

1.4.2 Objetivos específicos 12

1.5 Organización de la empresa donde se desarrolló el trabajo 12

1.5.1 Datos generales de la empresa 12

1.5.2 Ubicación geográfica de la empresa 13

1.5.3 Reseña Histórica de la empresa 13

1.5.4 Misión, Visión y Valores de la empresa 14

1.5.4.1 Misión 14

1.5.4.2 Visión 14

1.5.4.3 Valores 14

2. MARCO TEÓRICO *15*

2.1. Bases Teóricas 15

2.1.1 Clase de exactitud de pesas 15

2.1.2 Error Máximo Permitido (EMP) 15

2.1.3 Resolución del instrumento de pesaje 17

2.1.4 Condiciones ambientales de calibración 17

2.1.5 Método de calibración 17

2.1.6 Masa convencional 17

2.1.7 Determinación de la masa convencional ($\boldsymbol{mc}$) 18

2.1.8 Cálculo de incertidumbre $\boldsymbol{u(mc)}$ 19

2.1.9 Tratamiento de datos sospechosos o atípicos 21

2.1.10 Control del comportamiento de la balanza 22

2.1.11 Relación de la incertidumbre expandida con el EMP 23

2.1.12 Norma ISO/IEC 17025 23

2.1.13 Laboratorio de calibración 24

2.1.14 Acreditación 24

2.1.15 Diferencia entre laboratorio acreditado y no acreditado 24

3. DATOS, METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL 25

3.1 Datos 25

3.2 Metodología 35

3.3 Diseño experimental 36

3.3.1 Caracterización del ambiente del laboratorio 36

3.3.2 Caracterización de los instrumentos de pesaje (balanzas) 42

3.3.3 Proceso de calibración de pesas 45

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 51

4.1 Cálculo de la densidad del aire y corrección por empuje del aire 51

4.2 Presupuesto de incertidumbre 52

4.3 Incertidumbre expandida a reportar en el resultado final 52

4.4 Presentación de resultados 53

4.5 Discusión de resultados 54

5. CONCLUSIONES *55*

6. RECOMENDACIONES *58*

REFERENCIAS *59*

ANEXOS *61*

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Errores máximos permitidos para pesas según la OIML R 111-1 16

Tabla 2. Componentes de incertidumbre en la calibración de pesas 19

Tabla 3. Resultados de la calibración de las pesas de 1 mg a 200 g de clase M1 53

Tabla 4. Resultados de la calibración de pesas desde 500 g a 5 kg clase M1 54

Tabla 5. Procedimientos e instructivos desarrollados 62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la empresa Reles 13

Figura 2. Registro de calibración para pesas, desde 1 mg hasta 200 g 26

Figura 3. Datos tomados para las pesas de 1 mg, 2mg, 2 mg (*) y 5mg 27

Figura 4. Datos tomados para las pesas de 10 mg, 20 mg, 20 mg (*) y 50 mg 28

Figura 5. Datos tomados para las pesas de 100 mg, 200 mg, 200 mg (*) y 500 mg 29

Figura 6. Datos tomados para las pesas de 1 g, 2 g, 2 g (*) y 5 g 30

Figura 7. Datos tomados para las pesas de 10 g, 20 g, 20 g (*) y 50 g 31

Figura 8. Datos tomados para las pesas de 100 g, 200 g (*) y 200 g 32

Figura 9. Registro de calibración para pesas, desde 500 g hasta 5 kg 33

Figura 10. Datos tomados para las pesas de 500 g, 1 kg, 2 kg y 5 kg 34

Figura 11. Diagrama de Ishikawa del análisis de deficiencias encontradas 35

Figura 12. Diagrama de Ishikawa del análisis de los requisitos de la norma ISO/IEC 17025 36

Figura 13. Informe de caracterización de ambiente en temperatura y humedad 37

Figura 14. Informe de caracterización de ambiente en temperatura y humedad 38

Figura 15. Informe de caracterización de ambiente en temperatura y humedad 39

Figura 16. Informe de caracterización de ambiente en temperatura y humedad 40

Figura 17. Informe de caracterización de ambiente en temperatura y humedad 41

Figura 18. Aire acondicionado 42

Figura 19. Deshumidificador 42

Figura 20. Informe de caracterización de balanzas 43

Figura 21. Informe de caracterización de balanzas (continuación) 44

Figura 22. Pesas patrón 45

Figura 23. Balanza digital 45

Figura 24. Medidor de condiciones ambientales en temperatura y humedad 46

Figura 25. Medidor de presión atmosférica 46

Figura 26. Ejemplo de medición para pesa clase M1 de 500 g de valor nominal 47

Figura 27. Registro de calibración de pesas de precisión 48

Figura 28. Registro de calibración de pesas de precisión (continuación) 49

Figura 29. Plantilla para el registro de los resultados de la calibración de pesas 50

Figura 30. Plantilla para el cálculo del presupuesto de incertidumbre de la pesa calibrada 50

Figura 31. Hoja de cálculo para la determinación de la densidad del aire y las incertidumbres asociadas a la presión atmosférica, la temperatura ambiente y la humedad relativa para la pesa de 1 mg 51

Figura 32. Hoja de cálculo para la determinación del valor medio de las diferencias de las lecturas, la corrección por empuje del aire y la masa convencional de la pesa de 1 mg 51

Figura 33. Hoja de cálculo para la determinación del presupuesto de incertidumbre correspondiente a la calibración de la pesa de 1 mg 52

Figura 34. Hoja de cálculo para la verificación de la incertidumbre expandida de la pesa de 1 mg 52

Figura 35. Cédula de notificación del nuevo alcance de acreditación 57

Figura 36. Informe de validación de la hoja de cálculo 61

Figura 37. Criterio para la evaluación de la equivalencia de los resultados 62

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla la implementación del procedimiento de calibración de pesas clase de exactitud M1 conforme a la recomendación del Organismo Internacional de Metrología Legal (OIML R-111) y a los requisitos de la Norma Técnica Peruana NTP ISO/IEC 17025:2017 (INACAL, 2017) para su aplicación en un laboratorio de calibración.

La metodología comprende la aplicación *del Procedimiento para la calibración de pesas de precisión* (PC-016), elaborado por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI, 2015); la evaluación metrológica de balanzas e instrumentos auxiliares; el acondicionamiento de las pesas; y el control de las condiciones ambientales durante el proceso de calibración. Asimismo, se realizan los cálculos de masa convencional, los errores y la incertidumbre de medición asociada, considerando las contribuciones metrológicas y las condiciones de operación del laboratorio.

Los resultados obtenidos son analizados mediante herramientas estadísticas para verificar la estabilidad del sistema de medición y el tratamiento de datos atípicos. Además, se desarrollan documentos, registros y formatos orientados al cumplimiento de los requisitos técnicos y de gestión establecidos por la NTP ISO/IEC 17025 y las directrices del Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

Finalmente, la implementación realizada permite evaluar el cumplimiento de los requisitos necesarios para la aplicación y acreditación del procedimiento de calibración de pesas clase de exactitud M1.

Palabras clave:

Masa, pesa, balanza, calibración, implementación.

ABSTRACT

The present work develops the implementation of the calibration procedure for M1 accuracy-class weights in accordance with International Organization of Legal Metrology (OIML R-111) recommendations and the requirements of the Peruvian Technical Standard NTP ISO/IEC 17025 (INACAL, 2017) for its application in a calibration laboratory.

The methodology includes the application of Procedure for the calibration of precision weights PC-016 prepared by the National Institute for the Defense of Competition and the Protection of Intellectual Property (INDECOPI, 2015), the metrological evaluation of balances and auxiliary instruments, the conditioning of the weights, and the control of environmental conditions during the calibration process. Likewise, calculations of conventional mass, errors, and associated measurement uncertainty are performed, considering metrological contributions and the laboratory's operating conditions.

The results obtained are analyzed using statistical tools to verify the stability of the measurement system and the treatment of outlier data. In addition, documents, records, and formats are developed to ensure compliance with the technical and management requirements established by NTP ISO/IEC 17025 and National Quality Institute (INACAL) guidelines.

Finally, the implementation carried out allows for the evaluation of compliance with the necessary requirements for the application and accreditation of the calibration procedure for M1 accuracy-class weights.

Keywords:

Mass, weight, balance, calibration, implementation.

1. INTRODUCCIÓN

La calibración de pesas de precisión está enfocada en garantizar la exactitud metrológica bajo procedimientos normalizados en cumplimiento de normas internacionales como la ISO/IEC 17025 que establece los requisitos generales para la competencia técnica de los laboratorios de ensayo y calibración (Ortiz, 2023).

Implementar un procedimiento de calibración de pesas de precisión clase de exactitud M1, clasificación según OIML R-111 (que establece los requisitos técnicos y metrológicos de las pesas y base para procedimientos de calibración), bajo la ISO/IEC 17025:2017 demuestra la competencia y confianza del laboratorio en las mediciones que realiza (Ortiz, 2023).

Los laboratorios de calibración al implementar y acreditar procedimientos fortalecen sus capacidades técnicas y aumentan su competitividad entre las empresas peruanas mediante servicios de medición con estándares internacionales, garantizando calidad y precisión en la producción nacional. (PROCIENCIA, 2023).

En el Perú, el INACAL es el ente rector y máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional para la Calidad. Entre sus competencias se encuentra la acreditación (INACAL, s.f.).

1.1 Situación Problemática

Es poco probable conseguir buenos resultados en el proceso de fabricación de un producto si los instrumentos de medición utilizados, tales como balanzas, pesas, termómetros, y otros equipos de medición, no están correctamente calibrados.

Actualmente, en el Perú existe un déficit de laboratorios especializados en la calibración de pesas de precisión. Del total de 96 laboratorios de calibración habilitados a nivel nacional a la fecha (INACAL. 2026), aproximadamente solo el 13 % cuenta con la capacidad para realizar calibraciones para pesas de precisión acreditadas por el INACAL. Esta brecha en la infraestructura de calibración limita significativamente las capacidades de producción de

calidad en el país, afectando sectores clave como la industria farmacéutica, alimentaria y laboratorios de investigación.

1.2 Motivación

Como responsable de la parte técnica y documentaria del proceso de implementación del procedimiento en el laboratorio de calibración, mi motivación es demostrar que es posible aplicar el procedimiento PC-016 de manera que permita a más laboratorios realizar el proceso satisfactoriamente. El valor de esta investigación no es solo profesional, sino práctico: generar un modelo que otros puedan seguir.

1.3 Justificación

La implementación del procedimiento de calibración PC-016 para pesas clase de exactitud M1 permite fortalecer la competencia técnica de un laboratorio de calibración mediante la aplicación de métodos trazables y confiables conforme a la recomendación OIML R-111 y a los requisitos de la NTP ISO/IEC 17025.

Asimismo, el desarrollo e implementación del procedimiento contribuye a asegurar resultados de medición con incertidumbres adecuadamente estimadas y respaldadas mediante criterios estadísticos y de control metrológico, favoreciendo la confiabilidad de las mediciones realizadas.

La acreditación del procedimiento por parte del INACAL representa además un aporte al fortalecimiento de la infraestructura de calidad del país, incrementando la disponibilidad de servicios de calibración confiables para sectores como el farmacéutico, alimentario, industrial y de investigación.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Implementar el procedimiento para la calibración de pesas de precisión (PC-016), conforme a la Recomendación OIML R-111 y a la Norma Técnica Peruana NTP ISO/IEC 17025:2017, para su acreditación ante el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

1.4.2 Objetivos específicos

- Aplicar el procedimiento PC-016 para la calibración de pesas de precisión clase de exactitud M1 conforme a la recomendación OIML R-111.
- Determinar la masa convencional y estimar la incertidumbre de medición asociada en la calibración de pesas clase M1.
- Analizar estadísticamente los resultados obtenidos durante el proceso de calibración.
- Elaborar la documentación y los formatos requeridos para el cumplimiento de la NTP ISO/IEC 17025 y las directrices del INACAL.

1.5 Organización de la empresa donde se desarrolló el trabajo

1.5.1 Datos generales de la empresa

Los datos de la empresa son los siguientes:

Razón social : REPARACIONES ELECTRÓNICAS ESPECIALIZADAS S.R.L. (RELES S.R.L.)

RUC : 20101420753

Dirección : Jirón Pomabamba 774, Urb. Chacra Colorada

Distrito : Breña

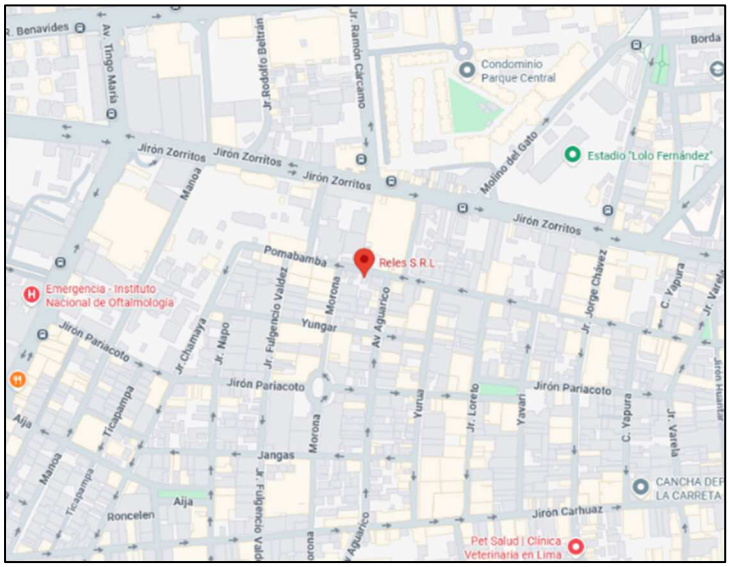
Provincia : Lima

1.5.2 Ubicación geográfica de la empresa

En la Figura 1 se muestra la ubicación de la empresa.

Figura 1

Ubicación geográfica de la empresa Reles.



Nota. Tomado de *Google Maps*, Google, s.f., https://maps.app.goo.gl/bkP1CT7QqHPT3yPf6

1.5.3 Reseña Histórica de la empresa

RELES S.R.L., constituida en 1985, se dedica inicialmente a la venta y servicios de Equipos de Laboratorios dirigido al sector Educación. Para el año 2003 obtiene su primer certificado de Homologación otorgado por SGS DEL PERU S.A.C en los rubros de ventas y servicios. Para el año 2010, RELES cambia su domicilio fiscal y se traslada a Jr. Pomabamba 774, en el distrito de Breña. logra ser un laboratorio acreditado ante el INDECOPI, cuyas funciones de acreditación son ejercidas actualmente por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

El 14 de marzo del 2013 logra ser un laboratorio acreditado ante INDECOPI, en las magnitudes de Masa, Temperatura y Volumen, lo cual respalda su competencia y confiabilidad para realizar servicios de calibración a 6 tipos de ítems de calibración. (RELES, s.f.)

1.5.4 Misión, Visión y Valores de la empresa

1.5.4.1 Misión

Ser una empresa dedicada a la venta y a la realización de servicios de mantenimiento y calibración de equipos de laboratorio, enfocados en satisfacer las exigencias de nuestros clientes basados en procesos de mejora continua, talento humano competente y soporte tecnológico avanzado.

1.5.4.2 Visión

Posicionarse como un pilar fundamental en proyectos que tengan un impacto significativo en el desarrollo de laboratorios en la región latinoamericana. Se proponen expandir sus servicios hasta convertirse en una solución integral para sus clientes, manteniendo los más altos estándares de calidad a nivel internacional.

1.5.4.3 Valores

- **Calidad** **:** En todos los ámbitos de los proyectos que realiza.
- **Innovación** **:** Continua de sus estrategias y métodos de trabajo.
- **Puntualidad** **:** En la entrega de trabajos solicitados por sus clientes.
- **Comunicación** **:** Constante y efectiva con sus proveedores y clientes.
- **Compromiso** **:** Con sus clientes, con la sociedad y el medio ambiente.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases Teóricas

2.1.1 Clase de exactitud de pesas

La Norma Metrológica Peruana NMP 004 clasifica las pesas en diferentes clases de exactitud, según su uso y el nivel de error permitido (INDECOPI, 2007).

- Clases E1 y E2 : Pesas de exactitud extrafina, utilizadas principalmente en laboratorios nacionales de metrología para calibrar pesas de clases inferiores.
- Clases F1 y F2 : Pesas de exactitud fina, empleadas para calibrar pesas de clase M y para su uso con instrumentos de pesaje de exactitud especial.
- Clase M1 : Pesas de exactitud media, utilizada para calibrar pesas de clase M2 y en instrumentos de pesaje de exactitud media.
- Clases M2 y M3 : Son las pesas comunes para transacciones comerciales generales y balanzas industriales.
- Clases M1-2 y M2-3 : Pesas de gran tamaño (de 50 kg a 5,000 kg) con menor exactitud para usos industriales específicos.

Teniendo en cuenta lo anterior, para el procedimiento PC-016, se puede hacer uso de pesas de clase de exactitud F1 para calibrar pesas de clase de exactitud M1, por ejemplo.

2.1.2 Error Máximo Permitido (EMP)

Es el valor extremo del error de medida, en relación con un valor de referencia conocido, que está establecida por especificaciones o reglamentaciones para un instrumento de medición tal como se muestra en la Tabla 1. Define el límite de tolerancia obligatorio y se utiliza para verificar la conformidad de equipos (INACAL, 2015).

Las pesas de clase de exactitud superior son aquellas que tiene los EMP de menor valor que el de la pesa a calibrar. La relación para determinar que pesa utilizar como referencia es:

$$EMP\ (pesa\ de\ referencia) \leq \frac{1}{3}\ EMP\ (pesa\ a\ calibrar) \quad (1)$$

Tabla 1

Errores máximos permitidos para pesas según la OIML R 111-1.

Valor nominal	Clase E1 (mg)	Clase E2 (mg)	Clase F1 (mg)	Clase F2 (mg)	Clase M1 (mg)	Clase M1-2 (mg)	Clase M2 (mg)	Clase M2-3 (mg)	Clase M3 (mg)
5 000 kg			25 000	80 000	250 000	500000	800 000	1 600 000	2 500 000
2 000 kg			10 000	30 000	100 000	200 000	300 000	600 000	1 000 000
1 000 kg		1 600	5 000	16 000	50 000	100 000	160 000	300 000	500 000
500 kg		800	2 500	8 000	25 000	50 000	80 000	160 000	250 000
200 kg		300	1 000	3 000	10 000	20 000	30 000	60 000	100 000
100 kg		160	500	1 600	5 000	10 000	16 000	30 000	50 000
50 kg	25	80	250	800	2 500	5 000	8 000	16 000	25 000
20 kg	10	30	100	300	1 000		3 000		10 000
10 kg	5	16	50	160	500		1 600		5 000
5 kg	2,5	8	25	80	250		800		2 500
2 kg	1	3	10	30	100		300		1 000
1 kg	0,5	1,6	5	16	50		160		500
500 g	0,25	0,8	2,5	8	25		80		250
200 g	0,1	0,3	1	3	10		30		100
100 g	0,05	0,16	0,5	1,6	5		16		50
50 g	0,03	0,1	0,3	1	3		10		30
20 g	0,025	0,08	0,25	0,8	2,5		8		25
10 g	0,02	0,06	0,2	0,6	2		6		20
5 g	0,016	0,05	0,16	0,5	1,6		5		16
2 g	0,012	0,04	0,12	0,4	1,2		4		12
1 g	0,01	0,03	0,1	0,3	1		3		10
500 mg	0,008	0,025	0,08	0,25	0,8		2,5		
200 mg	0,006	0,02	0,06	0,2	0,6		2		
100 mg	0,005	0,016	0,05	0,16	0,5		1,6		
50 mg	0,004	0,012	0,04	0,12	0,4				
20 mg	0,003	0,01	0,03	0,1	0,3				
10 mg	0,003	0,008	0,025	0,08	0,25				
5 mg	0,003	0,006	0,02	0,06	0,2				
2 mg	0,003	0,006	0,02	0,06	0,2				
1 mg	0,003	0,006	0,02	0,06	0,2				

Nota. Adaptado de *Norma Metrológica Peruana NMP 004:2007. Pesas de las clases E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3 y M3* (2.ª ed.), INDECOPI, 2007.

2.1.3 Resolución del instrumento de pesaje

La resolución de un instrumento de pesaje o balanza es el incremento más pequeño que el equipo puede detectar y mostrar. En la elección de la balanza, que es el medio en el cual se va a realizar la comparación, se recomienda que la resolución (d) del instrumento cumpla lo siguiente:

$$d \leq \frac{1}{10} EMP(pesa\ a\ calibrar) \quad (2)$$

2.1.4 Condiciones ambientales de calibración

- Temperatura ambiental: Dentro de 18 °C a 27 °C
- Humedad relativa: Dentro de 40% a 60%
- Durante el proceso de medición las condiciones ambientales no deben tener una variación de ± 3 °C/hora, para calibración de pesas M1. (INDECOPI, 2007)

2.1.5 Método de calibración

La calibración de pesas se realiza por el método de comparación directa, es un método utilizado en metrología para determinar el valor convencional de masa con la comparación directa entre una pesa de clase de exactitud superior y una pesa clase de exactitud inferior que la pesa de referencia y una balanza.

Para la calibración de las pesas según PC-016 se hace uso del método de doble sustitución por comparación directa, es decir, que cuando se realiza el proceso de calibración para colocar las pesas sobre la balanza se sigue el siguiente orden:

Pesa patrón → pesa a calibrar → pesa a calibrar → pesa patrón.

2.1.6 Masa convencional

Valor convencional del resultado de pesajes en el aire. Para una pesa tomada a una temperatura de referencia de 20 °C, la masa convencional es la masa de una pesa de referencia

de una densidad de 8000 kg/m^3 que mantiene el equilibrio en el aire de una densidad de referencia de 1,2 kg/m^3. (INDECOPI, 2007)

2.1.7 Determinación de la masa convencional (m_c)

Para el cálculo se toma en cuenta, para la ecuación de equilibrio, el valor de referencia de masa convencional del patrón, la corrección por el empuje del aire y la diferencia de las lecturas que muestra la balanza para ambas pesas. (INDECOPI, 2015)

$$m_{cM} = \Delta\bar{I} + m_{cP}(1 + C) \tag{3}$$

Donde

m_{cM} : Valor de masa convencional de una pesa a calibrar

$\Delta\bar{I}$: Valor medio de las diferencias de las lecturas entre dos pesadas

$$\Delta\bar{I} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\Delta I_i \tag{4}$$

$$\Delta I = \frac{I_{M_2}+I_{M_1}}{2} - \frac{I_{P_2}+I_{P_1}}{2} \tag{5}$$

I_M : Indicación de la balanza de la pesa a calibrar

I_P : Indicación de la balanza de la pesa patrón o referencia

m_{cP} : Valor de masa convencional de una pesa patrón o de referencia (certificado de calibración)

C : Corrección por empuje del aire

$$C = \left(\frac{1}{\rho_M} - \frac{1}{\rho_P}\right)(\rho_a - \rho_0) \tag{6}$$

ρ_M : Densidad de la pesa a calibrar

ρ_P : Densidad de la pesa patrón o de referencia

ρ_a : Densidad del aire

$$\rho_a = \frac{0{,}34851 * p - 0{,}009024 * hr * e^{(0{,}061 * t)}}{273{,}15 + t} \quad (7)$$

donde p es la presión absoluta (mbar), hr es la humedad relativa (%), t es la temperatura ambiente (°C) y ρ_0 es la densidad de referencia del aire.

$$\rho_0 = 1{,}2\ kg/m^3 \quad (8)$$

2.1.8 Cálculo de incertidumbre $u(m_c)$

La incertidumbre combinada u_c se calcula como la raíz cuadrada de la suma de varianzas:

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^{N} \left[\frac{\partial f}{\partial x_i}\right]^2 u^2(x_i) \quad (9)$$

Para la calibración de pesas, las fuentes incluyen: repetibilidad, resolución de la balanza, empuje del aire, temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, incertidumbre expandida del patrón de referencia, densidad de la pesa a calibrar, densidad de la pesa de referencia, densidad del aire; algunos de estos aportantes de incertidumbre se muestran en la Tabla 2. (INDECOPI, 2015)

Tabla 2

Componentes de incertidumbre en la calibración de pesas.

Magnitud de entrada Xi	Valor estimado	Incertidumbre estándar
m_{cP}	$m_{nP} + e_{cmP}$	$\frac{U(m_{cPcert})}{k}$
δm_{cP}	0	$\frac{\delta m_{cP}}{\sqrt{3}}$ ó $\frac{U(m_{cP})}{\sqrt{3}}$
C	$C = (\frac{1}{\rho_M} - \frac{1}{\rho_P})(\rho_a - \rho_0)$	$\sqrt{\left[\frac{(\rho_P - \rho_M)}{\rho_P . \rho_M} . u(\rho_a)\right]^2 + (\rho_a - \rho_0)^2 . \left[\frac{u^2(\rho_M)}{{\rho_M}^4} + \frac{u^2(\rho_P)}{{\rho_P}^4}\right]}$
$\bar{I}$	$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \Delta I_i$	$\frac{Sp}{\sqrt{n}}$ $\frac{d}{\sqrt{6}}$

Nota. Adaptado de *Procedimiento para la calibración de pesas de precisión* (PC-016), INDECOPI, 2015.

Donde:

$U(m_{cPcert})$: Incertidumbre expandida de la pesa patrón, reportada en su certificado de calibración

δm_{cP} : Deriva de la pesa patrón, obtenida del histórico de calibraciones

$u(\rho_M)$: Incertidumbre de la densidad de la pesa a calibrar, obtenida del certificado de calibración o fabricante

$u(\rho_P)$: Incertidumbre de la densidad de la pesa patrón, obtenida del certificado de calibración o fabricante

$u(\rho_a)$: Incertidumbre de la densidad del aire

$$u(\rho_a) = \rho_a \left[\left(\frac{u_f}{\rho_a}\right)^2 + \left(\frac{1}{\rho_a}\frac{\delta\rho_a}{\delta p}u(p)\right)^2 + \left(\frac{1}{\rho_a}\frac{\delta\rho_a}{\delta t}u(t)\right)^2 + \left(\frac{1}{\rho_a}\frac{\delta\rho_a}{\delta h_r}u(h_r)\right)^2 \right]^{1/2} \quad (10)$$

$$\frac{u_f}{\rho_a} = 2 * 10^{-4}$$

$$\frac{1}{\rho_a}\frac{\delta\rho_a}{\delta p} = 1 * 10^{-3} mbar^{-1}$$

$$\frac{1}{\rho_a}\frac{\delta\rho_a}{\delta t} = -4 * 10^{-3} K^{-1}$$

$$\frac{1}{\rho_a}\frac{\delta\rho_a}{\delta h_r} = -9 * 10^{-5}$$

$$\rho_a = \frac{\rho_{a_{inicial}} + \rho_{a_{final}}}{2}$$

$$p = \frac{p_{inicial} + p_{final}}{2}$$

$$hr = \frac{hr_{inicial} + hr_{final}}{2}$$

$$t = \frac{t_{inicial} + t_{final}}{2}$$

$$u(p) = \sqrt{\left(\frac{p_{final} - p_{inicial}}{\sqrt{12}}\right)^2 + \left(\frac{resolución}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(u_p certificado\right)^2}$$

$$u(hr) = \sqrt{\left(\frac{hr_{final} - hr_{inicial}}{\sqrt{12}}\right)^2 + \left(\frac{resolución}{\sqrt{3}}\right)^2 + (u_{hr} certificado)^2}$$

$$u(t) = \sqrt{\left(\frac{t_{final} - t_{inicial}}{\sqrt{12}}\right)^2 + \left(\frac{resolución}{\sqrt{3}}\right)^2 + (u_t certificado)^2}$$

Componente de incertidumbre debido a la desviación estándar poblacional histórica de la balanza:

$$u(\Delta\bar{I}) = \frac{Sp}{\sqrt{n}} \tag{11}$$

Componente de incertidumbre debido a la resolución del instrumento de pesaje:

$$u(d) = \frac{d}{\sqrt{6}} \tag{12}$$

Componente de incertidumbre debido a la excentricidad del instrumento de pesaje:

- La incertidumbre debido a la excentricidad es prácticamente despreciable debido a que, al momento de ensayar las pesas, estas siempre se ubican en la misma área central de la plataforma de la balanza.

$$u(ex) = \frac{\left(\frac{d1}{d2}\right) D}{2\sqrt{3}} \approx 0 \tag{13}$$

Finalmente se determina la incertidumbre expandida U con un factor de cobertura de k=2; para un nivel de confianza del 95% aproximadamente.

$$U(m_c) = 2 * u(m_c) \tag{14}$$

2.1.9 Tratamiento de datos sospechosos o atípicos

Para este tratamiento usamos la estadística del z- score. Indica el número de desviaciones estándar de una observación o dato que está por encima o por debajo de la

mediana. Es una cantidad adimensional que se obtiene restando la mediana de la población y el valor obtenido del resultado de una prueba y luego dividiendo esta diferencia por la desviación estándar poblacional. (INDECOPI, 2015)

Este proceso de conversión se llama la estandarización y se calcula con la siguiente ecuación:

$$z - score = \frac{X_R - X_L}{S_p} \tag{15}$$

Donde:

X_R : Valor asignado como resultado de una prueba o secuencia de pesada

X_L : Valor de la mediana de todas las pruebas

S_p : Desviación estándar poblacional

Criterios de evaluación del z-score:

$$|z - score| \leq 2 : satisfactorio$$

$$2 < |z - score| < 3 : cuestionable$$

$$|z - score| > 2 : insatisfactorio$$

Finamente todos los datos de calibración de pesas (satisfactorios, cuestionables e insatisfactorios) serán conservados en su registro de medición, pero sólo serán considerados en el cálculo de la calibración de pesas los datos satisfactorios donde el valor absoluto del z-score es menor o igual que 2.

2.1.10 Control del comportamiento de la balanza

Primero se determina la desviación estándar experimental de la secuencia de pesadas en la calibración, a este valor se denominará s_{new}. Luego la s_{new} se relacionará con la desviación estándar poblacional de la balanza, s_p , que es obtenida como la media de la suma cuadrática

de pesadas similares realizadas anteriormente en la misma balanza, y es obtenida por lo menos con los valores que se tuvieran de 10 medidas realizadas (datos históricos). (INDECOPI, 2015)

La desviación estándar experimental y la desviación estándar poblacional serán relacionadas por un F estadístico:

$$F = \frac{s_{new}^2}{s_p^2} \tag{16}$$

Donde s_{new} es la desviación estándar de una secuencia de pesadas con υ_1 grados de libertad y donde s_p es la desviación estándar poblacional de w secuencias de pesadas históricas, s_p tendrá $\upsilon . w$ grados de libertad.

La bondad de este valor se comprueba por medio de la distribución "F" de Snedecor (o Fisher-Snedecor), que es una distribución de probabilidad utilizada principalmente en estadística inferencial para comparar varianzas de dos poblaciones normales independientes.

Por lo tanto, se tiene que el proceso de control de la balanza está bajo control si:

$F \leq F(\alpha, \upsilon_1, \upsilon . w)$, con un $\alpha = 0{,}05$ (nivel de significancia).

2.1.11 Relación de la incertidumbre expandida con el EMP

Para cada pesa calibrada, la incertidumbre expandida (U) de la masa convencional debe ser menor o igual a un tercio del EMP de la pesa.

$$U \leq \frac{1}{3}\ EMP \tag{17}$$

2.1.12 Norma ISO/IEC 17025

La norma establece requisitos tanto para la gestión del laboratorio como para las competencias técnicas del personal, el control de calidad de los equipos y las instalaciones, la validación de métodos de ensayos o calibración, el seguimiento de las mediciones, la gestión de los datos y la emisión de certificados o informes de resultados.

2.1.13 Laboratorio de calibración

Un laboratorio de calibración es una entidad técnica especializada que se encarga de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición (como una balanza, una pesa o un termómetro) frente a un patrón de referencia con un valor conocido y mayor exactitud.

Su función principal es determinar el error de medición y la incertidumbre del equipo para asegurar que los resultados que arroja sean confiables y precisos.

Características fundamentales:

- Trazabilidad: Sus patrones deben estar vinculados a estándares nacionales o internacionales (en Perú, al INACAL), formando una cadena ininterrumpida de comparaciones.
- Certificado de Calibración: Es el documento que emiten tras el servicio, donde detallan las condiciones ambientales, los errores encontrados y la incertidumbre expandida.
- Control Ambiental: Operan en condiciones estrictamente controladas de temperatura, humedad o vibración para no afectar los resultados.

2.1.14 Acreditación

En el Perú, la acreditación es el reconocimiento oficial de la competencia técnica e imparcialidad de laboratorios y organismos de evaluación de la conformidad. Garantiza, bajo normas internacionales, que los resultados de ensayos, calibraciones e inspecciones sean confiables, con validez nacional e internacional.

2.1.15 Diferencia entre laboratorio acreditado y no acreditado

La principal diferencia entre un laboratorio acreditado y uno no acreditado radica en la validez y reconocimiento de los resultados que generan.

Un laboratorio que ha obtenido la acreditación es aquel que ha sido sometido a una evaluación por parte de un organismo de acreditación independiente y ha demostrado cumplir con los requisitos establecidos en normas internacionales específicas, como la norma ISO/IEC

17025. Esto implica que el laboratorio ha demostrado competencia técnica, imparcialidad y trazabilidad en sus resultados de ensayo o calibración. (Carrión, 2023)

En cambio, un laboratorio no acreditado no ha pasado por una evaluación formal de un organismo de acreditación. Aunque el laboratorio puede seguir estándares internos y cumplir con ciertas regulaciones, no ha sido sometido a una revisión independiente y no puede proporcionar un respaldo formal de la calidad y competencia técnica de sus resultados. (Carrión, 2023)

3. DATOS, METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

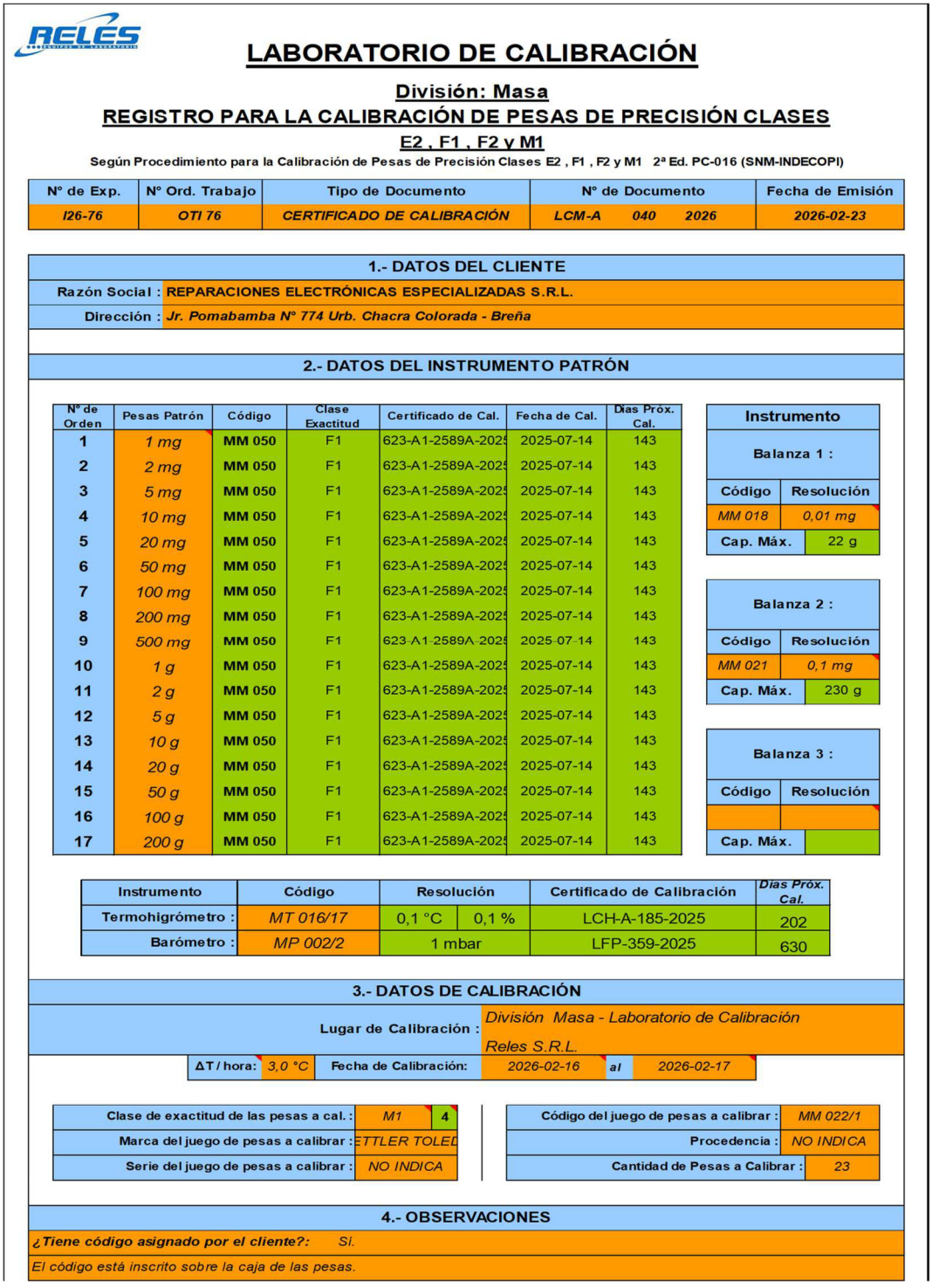
3.1 Datos

Para este trabajo utilizamos datos de mediciones realizadas en la calibración de pesas de 1 mg hasta 5 kg de clase de exactitud M1, mediante la comparación con pesas patrón de clase de exactitud F1 y balanzas adecuadas. Esta información se encuentra en los registros de calibración digitales desarrolladas por el laboratorio.

Cada registro contiene la información del cliente o propietario de las pesas, el valor nominal de las pesas patrones que se usarán en la calibración, el código del patrón, clase de exactitud de las mismas, identificación de las balanzas a utilizar, termohigrómetro, barómetro, lugar de calibración, la variación de temperatura local por hora, fecha de calibración, clase de exactitud de la pesa a calibrar, marca, procedencia, serie y código de la pesa a calibrar, tal como se muestran en la Figura 2 y Figura 9.

Figura 2

Registro de calibración para pesas, desde 1 mg hasta 200 g.



RELES

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

División: Masa

REGISTRO PARA LA CALIBRACIÓN DE PESAS DE PRECISIÓN CLASES E2 , F1 , F2 y M1

Según Procedimiento para la Calibración de Pesas de Precisión Clases E2 , F1 , F2 y M1 2ª Ed. PC-016 (SNM-INDECOPI)

N° de Exp.	N° Ord. Trabajo	Tipo de Documento	N° de Documento	Fecha de Emisión
I26-76	OTI 76	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	LCM-A 040 2026	2026-02-23

1.- DATOS DEL CLIENTE

Razón Social :	REPARACIONES ELECTRÓNICAS ESPECIALIZADAS S.R.L.
Dirección :	Jr. Pomabamba N° 774 Urb. Chacra Colorada - Breña

2.- DATOS DEL INSTRUMENTO PATRÓN

N° de Orden	Pesas Patrón	Código	Clase Exactitud	Certificado de Cal.	Fecha de Cal.	Días Próx. Cal.
1	1 mg	MM 050	F1	623-A1-2589A-2025	2025-07-14	143
2	2 mg	MM 050	F1	623-A1-2589A-2025	2025-07-14	143
3	5 mg	MM 050	F1	623-A1-2589A-2025	2025-07-14	143
4	10 mg	MM 050	F1	623-A1-2589A-2025	2025-07-14	143
5	20 mg	MM 050	F1	623-A1-2589A-2025	2025-07-14	143
6	50 mg	MM 050	F1	623-A1-2589A-2025	2025-07-14	143
7	100 mg	MM 050	F1	623-A1-2589A-2025	2025-07-14	143
8	200 mg	MM 050	F1	623-A1-2589A-2025	2025-07-14	143
9	500 mg	MM 050	F1	623-A1-2589A-2025	2025-07-14	143
10	1 g	MM 050	F1	623-A1-2589A-2025	2025-07-14	143
11	2 g	MM 050	F1	623-A1-2589A-2025	2025-07-14	143
12	5 g	MM 050	F1	623-A1-2589A-2025	2025-07-14	143
13	10 g	MM 050	F1	623-A1-2589A-2025	2025-07-14	143
14	20 g	MM 050	F1	623-A1-2589A-2025	2025-07-14	143
15	50 g	MM 050	F1	623-A1-2589A-2025	2025-07-14	143
16	100 g	MM 050	F1	623-A1-2589A-2025	2025-07-14	143
17	200 g	MM 050	F1	623-A1-2589A-2025	2025-07-14	143

Instrumento	
Balanza 1 :	
Código	Resolución
MM 018	0,01 mg
Cap. Máx.	22 g
Balanza 2 :	
Código	Resolución
MM 021	0,1 mg
Cap. Máx.	230 g
Balanza 3 :	
Código	Resolución
Cap. Máx.	

Instrumento	Código	Resolución		Certificado de Calibración	Días Próx. Cal.
Termohigrómetro :	MT 016/17	0,1 °C	0,1 %	LCH-A-185-2025	202
Barómetro :	MP 002/2	1 mbar		LFP-359-2025	630

3.- DATOS DE CALIBRACIÓN

Lugar de Calibración :	División Masa - Laboratorio de Calibración Reles S.R.L.

ΔT / hora:	3,0 °C	Fecha de Calibración:	2026-02-16	al	2026-02-17

Clase de exactitud de las pesas a cal. :	M1	4
Marca del juego de pesas a calibrar :	ETTLER TOLED	
Serie del juego de pesas a calibrar :	NO INDICA	

Código del juego de pesas a calibrar :	MM 022/1
Procedencia :	NO INDICA
Cantidad de Pesas a Calibrar :	23

4.- OBSERVACIONES

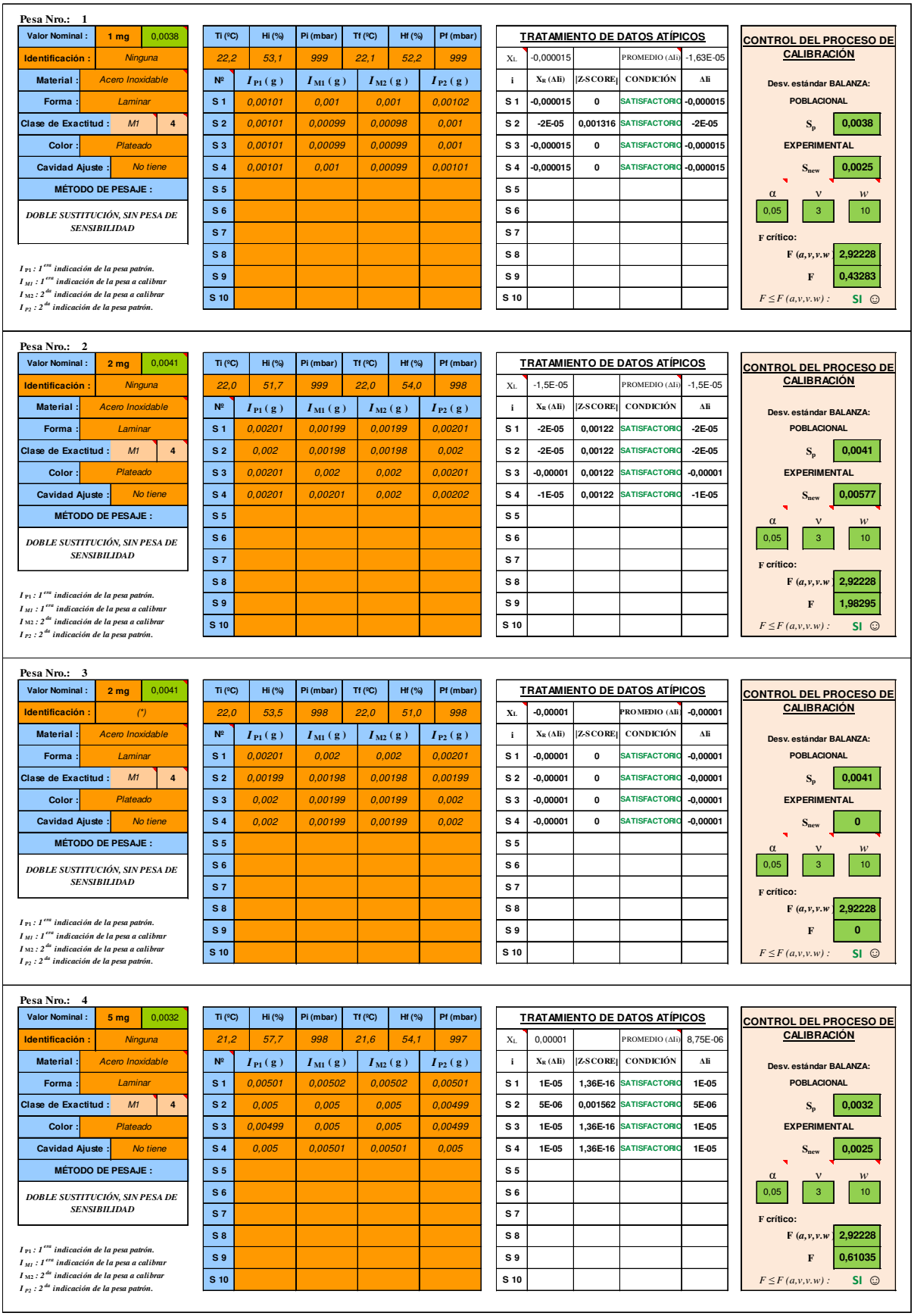
¿Tiene código asignado por el cliente?: Sí.

El código está inscrito sobre la caja de las pesas.

Además, en el registro de calibración se anota la información de la recolección de datos del proceso de calibración: condiciones ambientales (temperatura ambiente, humedad relativa, presión atmosférica) e indicación de la balanza, tal como se muestra en la Figura 3, Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7, Figura 8 y Figura 10.

Figura 3

Datos tomados para las pesas de 1 mg, 2 mg, 2 mg (*) y 5 mg.



Pesa Nro.: 1

Valor Nominal :	1 mg	0,0038
Identificación :	Ninguna	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Laminar	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
22,2	53,1	999	22,1	52,2	999

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	0,00101	0,001	0,001	0,00102
S 2	0,00101	0,00099	0,00098	0,001
S 3	0,00101	0,00099	0,00099	0,001
S 4	0,00101	0,001	0,00099	0,00101
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	-0,000015		PROMEDIO (ΔIi)	-1,63E-05
i	X_R (ΔIi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	ΔIi
S 1	-0,000015	0	SATISFACTORIO	-0,000015
S 2	-2E-05	0,001316	SATISFACTORIO	-2E-05
S 3	-0,000015	0	SATISFACTORIO	-0,000015
S 4	-0,000015	0	SATISFACTORIO	-0,000015
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p = 0,0038
EXPERIMENTAL
S_{new} = 0,0025

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w) = 2,92228
F = 0,43283
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 2

Valor Nominal :	2 mg	0,0041
Identificación :	Ninguna	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Laminar	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
22,0	51,7	999	22,0	54,0	998

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	0,00201	0,00199	0,00199	0,00201
S 2	0,002	0,00198	0,00198	0,002
S 3	0,00201	0,002	0,002	0,00201
S 4	0,00201	0,00201	0,002	0,00202
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	-1,5E-05		PROMEDIO (ΔIi)	-1,5E-05
i	X_R (ΔIi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	ΔIi
S 1	-2E-05	0,00122	SATISFACTORIO	-2E-05
S 2	-2E-05	0,00122	SATISFACTORIO	-2E-05
S 3	-0,00001	0,00122	SATISFACTORIO	-0,00001
S 4	-1E-05	0,00122	SATISFACTORIO	-1E-05
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p = 0,0041
EXPERIMENTAL
S_{new} = 0,00577

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w) = 2,92228
F = 1,98295
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 3

Valor Nominal :	2 mg	0,0041
Identificación :	(*)	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Laminar	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
22,0	53,5	998	22,0	51,0	998

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	0,00201	0,002	0,002	0,00201
S 2	0,00199	0,00198	0,00198	0,00199
S 3	0,002	0,00199	0,00199	0,002
S 4	0,002	0,00199	0,00199	0,002
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	-0,00001		PROMEDIO (ΔIi)	-0,00001
i	X_R (ΔIi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	ΔIi
S 1	-0,00001	0	SATISFACTORIO	-0,00001
S 2	-0,00001	0	SATISFACTORIO	-0,00001
S 3	-0,00001	0	SATISFACTORIO	-0,00001
S 4	-0,00001	0	SATISFACTORIO	-0,00001
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p = 0,0041
EXPERIMENTAL
S_{new} = 0

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w) = 2,92228
F = 0
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 4

Valor Nominal :	5 mg	0,0032
Identificación :	Ninguna	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Laminar	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
21,2	57,7	998	21,6	54,1	997

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	0,00501	0,00502	0,00502	0,00501
S 2	0,005	0,005	0,005	0,00499
S 3	0,00499	0,005	0,005	0,00499
S 4	0,005	0,00501	0,00501	0,005
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	0,00001		PROMEDIO (ΔIi)	8,75E-06
i	X_R (ΔIi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	ΔIi
S 1	1E-05	1,36E-16	SATISFACTORIO	1E-05
S 2	5E-06	0,001562	SATISFACTORIO	5E-06
S 3	1E-05	1,36E-16	SATISFACTORIO	1E-05
S 4	1E-05	1,36E-16	SATISFACTORIO	1E-05
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p = 0,0032
EXPERIMENTAL
S_{new} = 0,0025

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w) = 2,92228
F = 0,61035
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Figura 4

Datos tomados para las pesas de 10 mg, 20 mg, 20 mg (*) y 50 mg.

Pesa Nro.: 5

Valor Nominal :	10 mg	0,0037
Identificación :	Ninguna	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Laminar	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
21,6	55,0	997	21,6	53,6	997

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	0,01002	0,00999	0,00999	0,01002
S 2	0,01001	0,00998	0,00998	0,01
S 3	0,01001	0,00999	0,00999	0,01001
S 4	0,01002	0,00999	0,01	0,01002
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	-2,5E-05		PROMEDIO (Δli)	-2,5E-05
i	X_R (Δli)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δli
S 1	-3E-05	0,001351	SATISFACTORIO	-3E-05
S 2	-2,5E-05	2,34E-16	SATISFACTORIO	-2,5E-05
S 3	-2E-05	0,001351	SATISFACTORIO	-2E-05
S 4	-2,5E-05	2,34E-16	SATISFACTORIO	-2,5E-05
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL S_p = 0,0037
EXPERIMENTAL S_{new} = 0,00408

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w = 2,92228
F = 1,21743
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 6

Valor Nominal :	20 mg	0,0039
Identificación :	Ninguna	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Laminar	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
21,6	54,6	997	21,6	55,1	997

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	0,02001	0,01997	0,01997	0,02001
S 2	0,02001	0,01997	0,01997	0,02001
S 3	0,02002	0,01997	0,01998	0,02002
S 4	0,02	0,01996	0,01997	0,02
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	-4E-05		PROMEDIO (Δli)	-4E-05
i	X_R (Δli)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δli
S 1	-4E-05	0	SATISFACTORIO	-4E-05
S 2	-4E-05	0	SATISFACTORIO	-4E-05
S 3	-4,5E-05	0,001282	SATISFACTORIO	-4,5E-05
S 4	-3,5E-05	0,001282	SATISFACTORIO	-3,5E-05
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL S_p = 0,0039
EXPERIMENTAL S_{new} = 0,00408

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w = 2,92228
F = 1,09577
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 7

Valor Nominal :	20 mg	0,0039
Identificación :	(*)	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Laminar	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
21,6	53,1	998	21,7	53,6	996

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	0,01998	0,01993	0,01993	0,01998
S 2	0,02001	0,01996	0,01996	0,02
S 3	0,02	0,01996	0,01996	0,02
S 4	0,02001	0,01996	0,01996	0,02001
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	-4,75E-05		PROMEDIO (Δli)	-4,63E-05
i	X_R (Δli)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δli
S 1	-5E-05	0,000641	SATISFACTORIO	-5E-05
S 2	-4,5E-05	0,000641	SATISFACTORIO	-4,5E-05
S 3	-4E-05	0,001923	SATISFACTORIO	-4E-05
S 4	-5E-05	0,000641	SATISFACTORIO	-5E-05
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL S_p = 0,0039
EXPERIMENTAL S_{new} = 0,00479

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w = 2,92228
F = 1,50668
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 8

Valor Nominal :	50 mg	0,0033
Identificación :	Ninguna	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Laminar	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
21,7	53,4	997	21,7	52,0	997

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	0,05002	0,05	0,04999	0,05001
S 2	0,05002	0,04999	0,04999	0,05001
S 3	0,05001	0,04998	0,04999	0,05001
S 4	0,05001	0,04999	0,04999	0,05002
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	-2,5E-05		PROMEDIO (Δli)	-2,38E-05
i	X_R (Δli)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δli
S 1	-2E-05	0,001515	SATISFACTORIO	-2E-05
S 2	-2,5E-05	1,05E-15	SATISFACTORIO	-2,5E-05
S 3	-2,5E-05	1,05E-15	SATISFACTORIO	-2,5E-05
S 4	-2,5E-05	1,05E-15	SATISFACTORIO	-2,5E-05
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

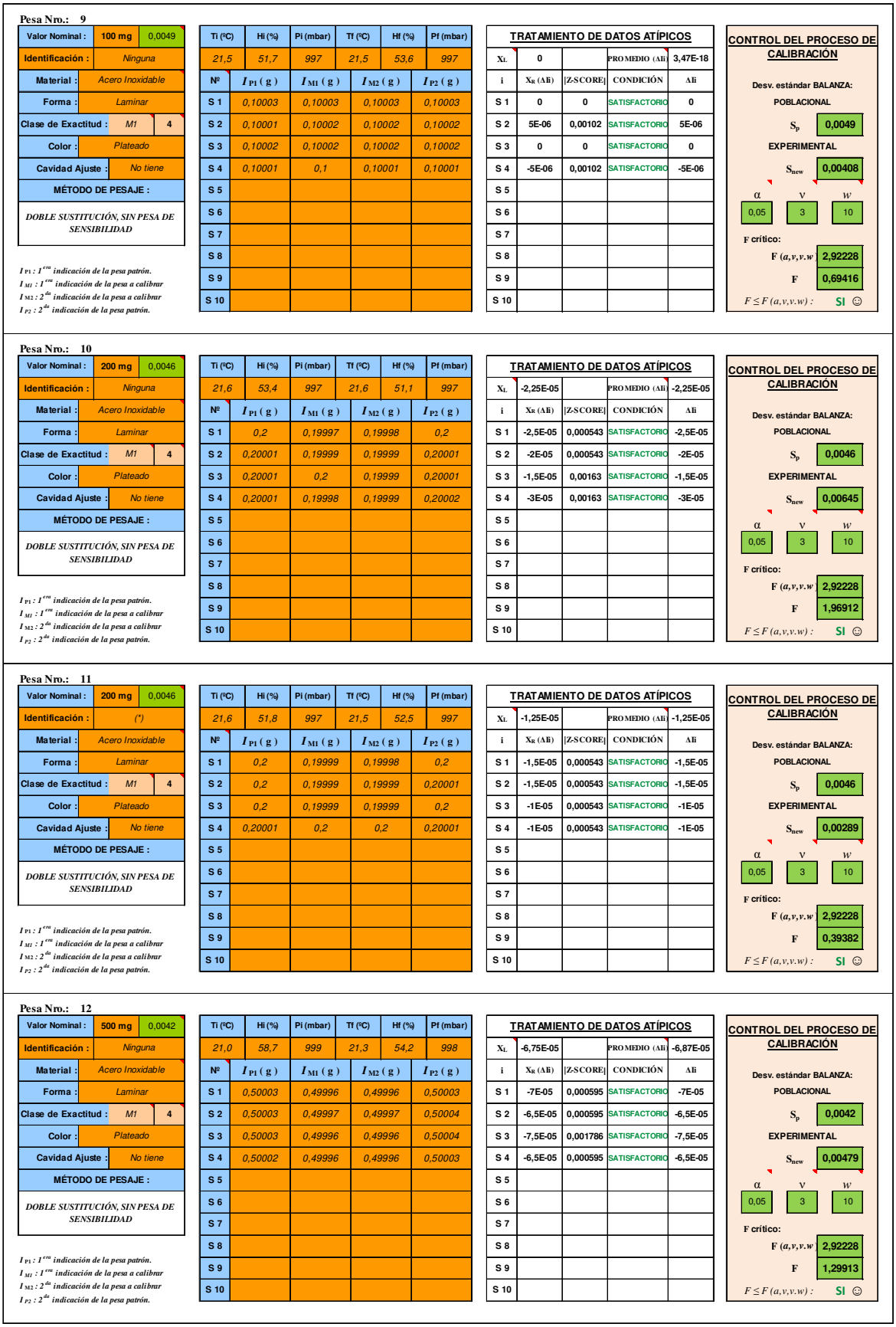
Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL S_p = 0,0033
EXPERIMENTAL S_{new} = 0,0025

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w = 2,92228
F = 0,57392
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Figura 5

Datos tomados para las pesas de 100 mg, 200 mg, 200 mg (*) y 500 mg.



Pesa Nro.: 9

Valor Nominal :	100 mg	0,0049
Identificación :	Ninguna	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Laminar	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1ra indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1ra indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
21,5	51,7	997	21,5	53,6	997

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	0,10003	0,10003	0,10003	0,10003
S 2	0,10001	0,10002	0,10002	0,10002
S 3	0,10002	0,10002	0,10002	0,10002
S 4	0,10001	0,1	0,10001	0,10001
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	0		PROMEDIO (Δi)	3,47E-18
i	X_R (Δi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δi
S 1	0	0	SATISFACTORIO	0
S 2	5E-06	0,00102	SATISFACTORIO	5E-06
S 3	0	0	SATISFACTORIO	0
S 4	-5E-06	0,00102	SATISFACTORIO	-5E-06
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p = 0,0049
EXPERIMENTAL
S_{new} = 0,00408

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w = 2,92228
F = 0,69416
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 10

Valor Nominal :	200 mg	0,0046
Identificación :	Ninguna	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Laminar	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1ra indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1ra indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
21,6	53,4	997	21,6	51,1	997

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	0,2	0,19997	0,19998	0,2
S 2	0,20001	0,19999	0,19999	0,20001
S 3	0,20001	0,2	0,19999	0,20001
S 4	0,20001	0,19998	0,19999	0,20002
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	-2,25E-05		PROMEDIO (Δi)	-2,25E-05
i	X_R (Δi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δi
S 1	-2,5E-05	0,000543	SATISFACTORIO	-2,5E-05
S 2	-2E-05	0,000543	SATISFACTORIO	-2E-05
S 3	-1,5E-05	0,00163	SATISFACTORIO	-1,5E-05
S 4	-3E-05	0,00163	SATISFACTORIO	-3E-05
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p = 0,0046
EXPERIMENTAL
S_{new} = 0,00645

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w = 2,92228
F = 1,96912
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 11

Valor Nominal :	200 mg	0,0046
Identificación :	(*)	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Laminar	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1ra indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1ra indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
21,6	51,8	997	21,5	52,5	997

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	0,2	0,19999	0,19998	0,2
S 2	0,2	0,19999	0,19999	0,20001
S 3	0,2	0,19999	0,19999	0,2
S 4	0,20001	0,2	0,2	0,20001
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	-1,25E-05		PROMEDIO (Δi)	-1,25E-05
i	X_R (Δi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δi
S 1	-1,5E-05	0,000543	SATISFACTORIO	-1,5E-05
S 2	-1,5E-05	0,000543	SATISFACTORIO	-1,5E-05
S 3	-1E-05	0,000543	SATISFACTORIO	-1E-05
S 4	-1E-05	0,000543	SATISFACTORIO	-1E-05
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p = 0,0046
EXPERIMENTAL
S_{new} = 0,00289

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w = 2,92228
F = 0,39382
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 12

Valor Nominal :	500 mg	0,0042
Identificación :	Ninguna	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Laminar	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1ra indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1ra indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
21,0	58,7	999	21,3	54,2	998

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	0,50003	0,49996	0,49996	0,50003
S 2	0,50003	0,49997	0,49997	0,50004
S 3	0,50003	0,49996	0,49996	0,50004
S 4	0,50002	0,49996	0,49996	0,50003
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	-6,75E-05		PROMEDIO (Δi)	-6,87E-05
i	X_R (Δi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δi
S 1	-7E-05	0,000595	SATISFACTORIO	-7E-05
S 2	-6,5E-05	0,000595	SATISFACTORIO	-6,5E-05
S 3	-7,5E-05	0,001786	SATISFACTORIO	-7,5E-05
S 4	-6,5E-05	0,000595	SATISFACTORIO	-6,5E-05
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p = 0,0042
EXPERIMENTAL
S_{new} = 0,00479

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w = 2,92228
F = 1,29913
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Figura 6

Datos tomados para las pesas de 1 g, 2 g, 2 g (*) y 5 g.

Pesa Nro.: 13

Valor Nominal :	1 g	0,055
Identificación :	Ninguna	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Cilíndrica con Botón	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
21,5	57,0	999	21,3	57,1	999

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	1,0001	0,9998	0,9996	0,9998
S 2	0,9998	0,9997	0,9996	0,9998
S 3	0,9999	0,9998	0,9996	0,9997
S 4	1,0001	0,9998	1	0,9998
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	-0,000125		PROMEDIO (Δi)	-0,000137
i	X_R (Δi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δi
S 1	-0,00025	0,002273	SATISFACTORIO	-0,00025
S 2	-0,00015	0,000455	SATISFACTORIO	-0,00015
S 3	-1E-04	0,000455	SATISFACTORIO	-1E-04
S 4	-5E-05	0,001364	SATISFACTORIO	-5E-05
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL S_p = 0,055
EXPERIMENTAL S_{new} = 0,08539

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w = 2,92228
F = 2,41047
$F \le F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 14

Valor Nominal :	2 g	0,067
Identificación :	Ninguna	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Cilíndrica con Botón	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
21,1	58,1	998	21,5	58,9	999

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	1,9999	1,9999	2,0001	2,0002
S 2	1,9997	2,0001	1,9999	2,0001
S 3	2,0001	2,0002	1,9998	2
S 4	2,0001	2	2,0001	2
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	-2,5E-05		PROMEDIO (Δi)	0
i	X_R (Δi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δi
S 1	-5E-05	0,000373	SATISFACTORIO	-5E-05
S 2	1E-04	0,001866	SATISFACTORIO	1E-04
S 3	-5E-05	0,000373	SATISFACTORIO	-5E-05
S 4	0	0,000373	SATISFACTORIO	0
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL S_p = 0,067
EXPERIMENTAL S_{new} = 0,07071

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w = 2,92228
F = 1,11383
$F \le F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 15

Valor Nominal :	2 g	0,067
Identificación :	(*)	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Cilíndrica con Botón	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
21,6	58,2	999	22,6	55,0	999

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	1,9999	2	2,0001	1,9998
S 2	1,9998	1,9997	2,0002	2
S 3	1,9999	1,9998	2,0003	2
S 4	2	2	2	2
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	7,5E-05		PROMEDIO (Δi)	8,75E-05
i	X_R (Δi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δi
S 1	0,0002	0,001866	SATISFACTORIO	0,0002
S 2	5E-05	0,000373	SATISFACTORIO	5E-05
S 3	1E-04	0,000373	SATISFACTORIO	1E-04
S 4	0	0,001119	SATISFACTORIO	0
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL S_p = 0,067
EXPERIMENTAL S_{new} = 0,08539

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w = 2,92228
F = 1,62434
$F \le F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 16

Valor Nominal :	5 g	0,065
Identificación :	Ninguna	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Cilíndrica con Botón	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
22,7	53,2	999	22,0	54,9	998

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	4,9999	4,9997	4,9997	4,9999
S 2	5,0001	4,9998	4,9997	4,9997
S 3	4,9999	4,9998	4,9998	4,9998
S 4	5,0001	5,0001	4,9997	4,9998
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	-0,0001		PROMEDIO (Δi)	-0,000113
i	X_R (Δi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δi
S 1	-0,0002	0,001538	SATISFACTORIO	-0,0002
S 2	-0,00015	0,000769	SATISFACTORIO	-0,00015
S 3	-5E-05	0,000769	SATISFACTORIO	-5E-05
S 4	-5E-05	0,000769	SATISFACTORIO	-5E-05
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL S_p = 0,065
EXPERIMENTAL S_{new} = 0,075

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w = 2,92228
F = 1,33136
$F \le F(a,v,v.w)$: SI ☺

Figura 7

Datos tomados para las pesas de 10 g, 20 g, 20 g (*) y 50 g.

Pesa Nro.: 17

Valor Nominal :	10 g	0,054
Identificación :	Ninguna	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Cilíndrica con Botón	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
21,7	54,9	999	21,7	57,3	997

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	10,0001	10,0001	10	10
S 2	10	9,9999	10	9,9998
S 3	9,9999	9,9999	10	9,9999
S 4	10,0002	10,0002	10,0003	10,0003
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	2,5E-05		PROMEDIO (Δi)	2,5E-05
i	X_R (Δi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δi
S 1	0	0,000463	SATISFACTORIO	0
S 2	5E-05	0,000463	SATISFACTORIO	5E-05
S 3	5E-05	0,000463	SATISFACTORIO	5E-05
S 4	0	0,000463	SATISFACTORIO	0
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p = 0,054
EXPERIMENTAL
S_{new} = 0,02887

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w = 2,92228
F = 0,28578
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 18

Valor Nominal :	20 g	0,063
Identificación :	Ninguna	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Cilíndrica con Botón	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
22,6	52,9	997	23,5	47,3	997

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	19,9999	19,9998	19,9998	20,0001
S 2	20,0003	20,0002	19,9999	20,0003
S 3	20,0003	20,0001	20	20
S 4	20,0002	20,0001	19,9998	20,0001
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	-0,0002		PROMEDIO (Δi)	-0,000187
i	X_R (Δi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δi
S 1	-0,0002	0	SATISFACTORIO	-0,0002
S 2	-0,00025	0,000794	SATISFACTORIO	-0,00025
S 3	-1E-04	0,001587	SATISFACTORIO	-1E-04
S 4	-0,0002	0	SATISFACTORIO	-0,0002
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p = 0,063
EXPERIMENTAL
S_{new} = 0,06292

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w = 2,92228
F = 0,99731
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 19

Valor Nominal :	20 g	0,063
Identificación :	(*)	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Cilíndrica con Botón	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
23,4	48,8	998	23,7	48,8	998

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	20	20,0002	20,0002	20,0002
S 2	20,0001	20,0002	20,0002	19,9999
S 3	20	20,0003	20,0002	20,0004
S 4	20	20	20	20,0001
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	7,5E-05		PROMEDIO (Δi)	7,5E-05
i	X_R (Δi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δi
S 1	1E-04	0,000397	SATISFACTORIO	1E-04
S 2	0,0002	0,001984	SATISFACTORIO	0,0002
S 3	5E-05	0,000397	SATISFACTORIO	5E-05
S 4	-5E-05	0,001984	SATISFACTORIO	-5E-05
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p = 0,063
EXPERIMENTAL
S_{new} = 0,10408

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w = 2,92228
F = 2,72949
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 20

Valor Nominal :	50 g	0,075
Identificación :	Ninguna	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Cilíndrica con Botón	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	No tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
23,7	48,5	998	24,0	49,5	998

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	50	50,00005	50,0006	49,9999
S 2	49,9998	50,0005	50,0005	50
S 3	50,0001	50,0006	50,0002	50
S 4	49,9999	50,0006	50,0004	50
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	0,000463		PROMEDIO (Δi)	0,000469
i	X_R (Δi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δi
S 1	0,000375	0,001167	SATISFACTORIO	0,000375
S 2	0,0006	0,001833	SATISFACTORIO	0,0006
S 3	0,00035	0,0015	SATISFACTORIO	0,00035
S 4	0,00055	0,001167	SATISFACTORIO	0,00055
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

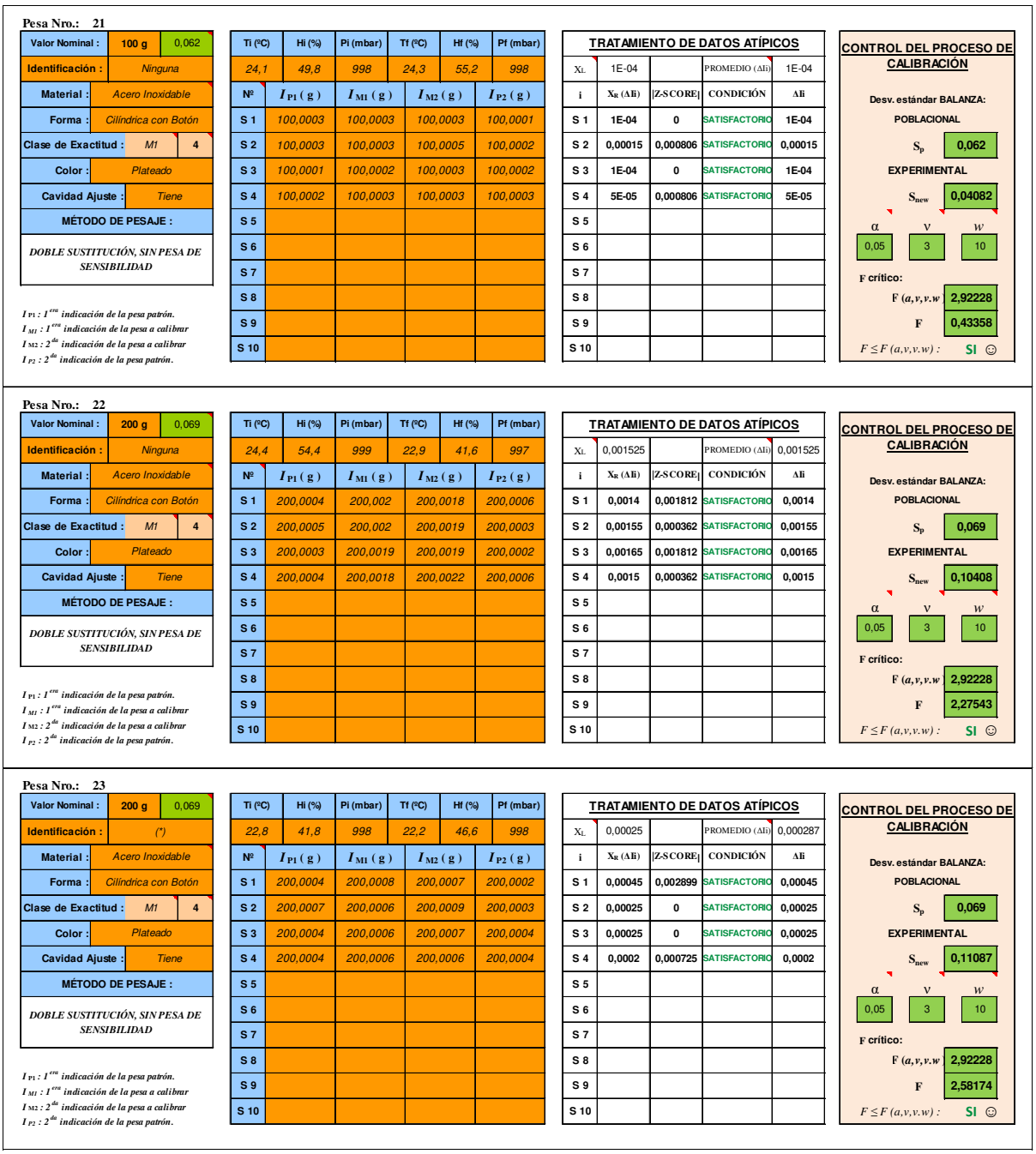
Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p = 0,075
EXPERIMENTAL
S_{new} = 0,12479

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
F (a,v,v.w = 2,92228
F = 2,76852
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Figura 8

Datos tomados para las pesas de 100 g, 200 g y 200 g (*).



Pesa Nro.: 21

Valor Nominal :	100 g	0,062
Identificación :	Ninguna	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Cilíndrica con Botón	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	Tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1ra indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1ra indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
24,1	49,8	998	24,3	55,2	998

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	100,0003	100,0003	100,0003	100,0001
S 2	100,0003	100,0003	100,0005	100,0002
S 3	100,0001	100,0002	100,0003	100,0002
S 4	100,0002	100,0003	100,0003	100,0003
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	1E-04		PROMEDIO (ΔIi)	1E-04
i	X_R (ΔIi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	ΔIi
S 1	1E-04	0	SATISFACTORIO	1E-04
S 2	0,00015	0,000806	SATISFACTORIO	0,00015
S 3	1E-04	0	SATISFACTORIO	1E-04
S 4	5E-05	0,000806	SATISFACTORIO	5E-05
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL S_p = 0,062
EXPERIMENTAL S_{new} = 0,04082

α	ν	w
0,05	3	10

F crítico:
$F(a,v,v.w)$ = 2,92228
F = 0,43358
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 22

Valor Nominal :	200 g	0,069
Identificación :	Ninguna	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Cilíndrica con Botón	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	Tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1ra indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1ra indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
24,4	54,4	999	22,9	41,6	997

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	200,0004	200,002	200,0018	200,0006
S 2	200,0005	200,002	200,0019	200,0003
S 3	200,0003	200,0019	200,0019	200,0002
S 4	200,0004	200,0018	200,0022	200,0006
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	0,001525		PROMEDIO (ΔIi)	0,001525
i	X_R (ΔIi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	ΔIi
S 1	0,0014	0,001812	SATISFACTORIO	0,0014
S 2	0,00155	0,000362	SATISFACTORIO	0,00155
S 3	0,00165	0,001812	SATISFACTORIO	0,00165
S 4	0,0015	0,000362	SATISFACTORIO	0,0015
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL S_p = 0,069
EXPERIMENTAL S_{new} = 0,10408

α	ν	w
0,05	3	10

F crítico:
$F(a,v,v.w)$ = 2,92228
F = 2,27543
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 23

Valor Nominal :	200 g	0,069
Identificación :	(*)	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Cilíndrica con Botón	
Clase de Exactitud :	M1	4
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	Tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1ra indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1ra indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
22,8	41,8	998	22,2	46,6	998

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	200,0004	200,0008	200,0007	200,0002
S 2	200,0007	200,0006	200,0009	200,0003
S 3	200,0004	200,0006	200,0007	200,0004
S 4	200,0004	200,0006	200,0006	200,0004
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	0,00025		PROMEDIO (ΔIi)	0,000287
i	X_R (ΔIi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	ΔIi
S 1	0,00045	0,002899	SATISFACTORIO	0,00045
S 2	0,00025	0	SATISFACTORIO	0,00025
S 3	0,00025	0	SATISFACTORIO	0,00025
S 4	0,0002	0,000725	SATISFACTORIO	0,0002
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

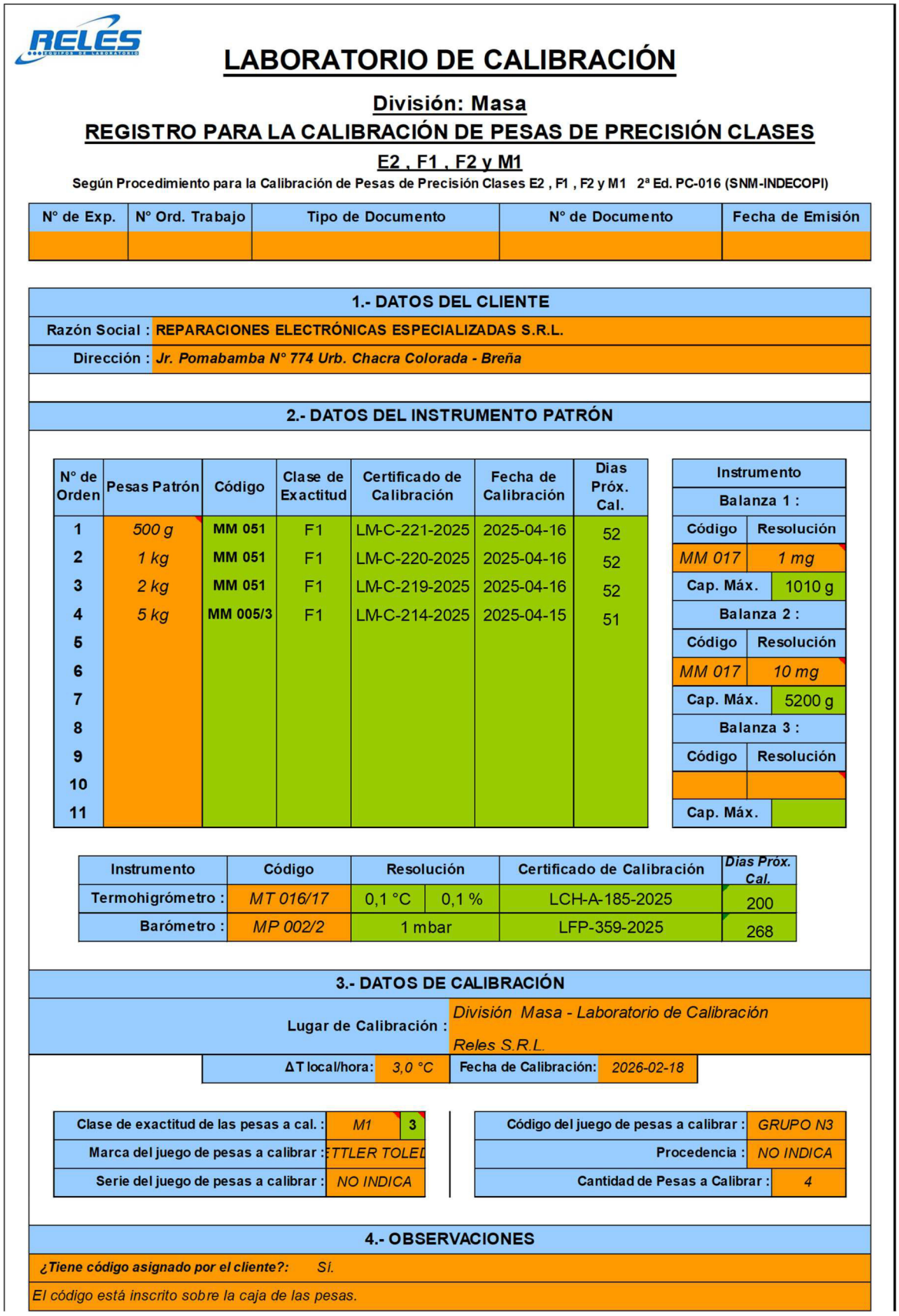
Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL S_p = 0,069
EXPERIMENTAL S_{new} = 0,11087

α	ν	w
0,05	3	10

F crítico:
$F(a,v,v.w)$ = 2,92228
F = 2,58174
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Figura 9

Registro de calibración para pesas, desde 500 g hasta 5 kg.



RELES

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

División: Masa

REGISTRO PARA LA CALIBRACIÓN DE PESAS DE PRECISIÓN CLASES E2 , F1 , F2 y M1

Según Procedimiento para la Calibración de Pesas de Precisión Clases E2 , F1 , F2 y M1 2ª Ed. PC-016 (SNM-INDECOPI)

N° de Exp.	N° Ord. Trabajo	Tipo de Documento	N° de Documento	Fecha de Emisión

1.- DATOS DEL CLIENTE

Razón Social :	REPARACIONES ELECTRÓNICAS ESPECIALIZADAS S.R.L.
Dirección :	*Jr. Pomabamba N° 774 Urb. Chacra Colorada - Breña*

2.- DATOS DEL INSTRUMENTO PATRÓN

N° de Orden	Pesas Patrón	Código	Clase de Exactitud	Certificado de Calibración	Fecha de Calibración	Dias Próx. Cal.
1	*500 g*	MM 051	F1	LM-C-221-2025	2025-04-16	52
2	*1 kg*	MM 051	F1	LM-C-220-2025	2025-04-16	52
3	*2 kg*	MM 051	F1	LM-C-219-2025	2025-04-16	52
4	*5 kg*	MM 005/3	F1	LM-C-214-2025	2025-04-15	51
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						

Instrumento	
Balanza 1 :	
Código	Resolución
MM 017	*1 mg*
Cap. Máx.	1010 g
Balanza 2 :	
Código	Resolución
MM 017	*10 mg*
Cap. Máx.	5200 g
Balanza 3 :	
Código	Resolución
Cap. Máx.	

Instrumento	Código	Resolución		Certificado de Calibración	Dias Próx. Cal.
Termohigrómetro :	*MT 016/17*	0,1 °C	0,1 %	LCH-A-185-2025	200
Barómetro :	*MP 002/2*	1 mbar		LFP-359-2025	268

3.- DATOS DE CALIBRACIÓN

Lugar de Calibración :	*División Masa - Laboratorio de Calibración Reles S.R.L.*

ΔT local/hora:	*3,0 °C*	Fecha de Calibración:	*2026-02-18*

Clase de exactitud de las pesas a cal. :	*M1*	3
Marca del juego de pesas a calibrar :	*ETTLER TOLEI*	
Serie del juego de pesas a calibrar :	*NO INDICA*	

Código del juego de pesas a calibrar :	*GRUPO N3*
Procedencia :	*NO INDICA*
Cantidad de Pesas a Calibrar :	*4*

4.- OBSERVACIONES

¿Tiene código asignado por el cliente?: Sí.
El código está inscrito sobre la caja de las pesas.

Figura 10

Datos tomados para las pesas de 500 g, 1 kg, 2 kg y 5 kg.

Pesa Nro.: 1

Valor Nominal :	500 g	0,49
Identificación :	MM 023-1	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Cilíndrica con Botón	
Clase de Exactitud :	M1	3
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	Tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
21,1	54,0	996	21,8	50,7	996

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	500,001	499,998	499,997	500,002
S 2	500,001	499,996	499,995	499,999
S 3	500	499,995	499,995	499,999
S 4	499,999	499,994	499,994	499,998
S 5	500	499,995	499,995	500
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	-0,0045		PROMEDIO (Δi)	-0,0045
i	X_R (Δi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δi
S 1	-0,004	0,00102	SATISFACTORIO	-0,004
S 2	-0,0045	0	SATISFACTORIO	-0,0045
S 3	-0,0045	0	SATISFACTORIO	-0,0045
S 4	-0,0045	0	SATISFACTORIO	-0,0045
S 5	-0,005	0,00102	SATISFACTORIO	-0,005
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p = 0,49
EXPERIMENTAL
S_{new} = 0,35355

α	v	w
0,05	4	10

F crítico:
$F(a,v,v.w)$ = 2,60597
F = 0,52062
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 2

Valor Nominal :	1 kg	0,39
Identificación :	MM 024-1	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Cilíndrica con Botón	
Clase de Exactitud :	M1	3
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	Tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
21,8	51,9	995	21,8	52,5	996

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	1000,001	1000,002	1000,002	1000,001
S 2	1000,001	1000,002	1000,001	1000,001
S 3	1000	1000,001	1000,002	1000
S 4	1000	1000,001	1000,001	1000
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	0,001		PROMEDIO (Δi)	0,001
i	X_R (Δi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δi
S 1	0,001	0	SATISFACTORIO	0,001
S 2	0,0005	0,001282	SATISFACTORIO	0,0005
S 3	0,0015	0,001282	SATISFACTORIO	0,0015
S 4	0,001	0	SATISFACTORIO	0,001
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p = 0,39
EXPERIMENTAL
S_{new} = 0,40825

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
$F(a,v,v.w)$ = 2,92228
F = 1,09577
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 3

Valor Nominal :	2 kg	4,588
Identificación :	MM 025-1	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Cilíndrica con Botón	
Clase de Exactitud :	M1	3
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	Tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
21,8	52,4	996	21,9	52,4	997

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	2000	2000	2000	2000
S 2	2000	2000	2000	2000
S 3	2000	2000	2000	2000
S 4	2000	2000	2000	2000
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	0		PROMEDIO (Δi)	0
i	X_R (Δi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δi
S 1	0	0	SATISFACTORIO	0
S 2	0	0	SATISFACTORIO	0
S 3	0	0	SATISFACTORIO	0
S 4	0	0	SATISFACTORIO	0
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p = 4,588
EXPERIMENTAL
S_{new} = 0

α	v	w
0,05	3	10

F crítico:
$F(a,v,v.w)$ = 2,92228
F = 0
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

Pesa Nro.: 4

Valor Nominal :	5 kg	3,385
Identificación :	MM 026/1	
Material :	Acero Inoxidable	
Forma :	Cilíndrica con Botón	
Clase de Exactitud :	M1	3
Color :	Plateado	
Cavidad Ajuste :	Tiene	
MÉTODO DE PESAJE :		
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD		

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)
22,5	47,1	996	22,8	52,4	997

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1	5000	5000	5000,01	5000
S 2	5000,01	5000,01	5000,01	5000
S 3	5000	5000	5000	5000
S 4	5000	5000	5000	5000
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L	0,0025		PROMEDIO (Δi)	0,0025
i	X_R (Δi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	Δi
S 1	0,005	0,000739	SATISFACTORIO	0,005
S 2	0,005	0,000739	SATISFACTORIO	0,005
S 3	0	0,000739	SATISFACTORIO	0
S 4	0	0,000739	SATISFACTORIO	0
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p = 3,385
EXPERIMENTAL
S_{new} = 2,88675

α	v	w
0,05	3	10

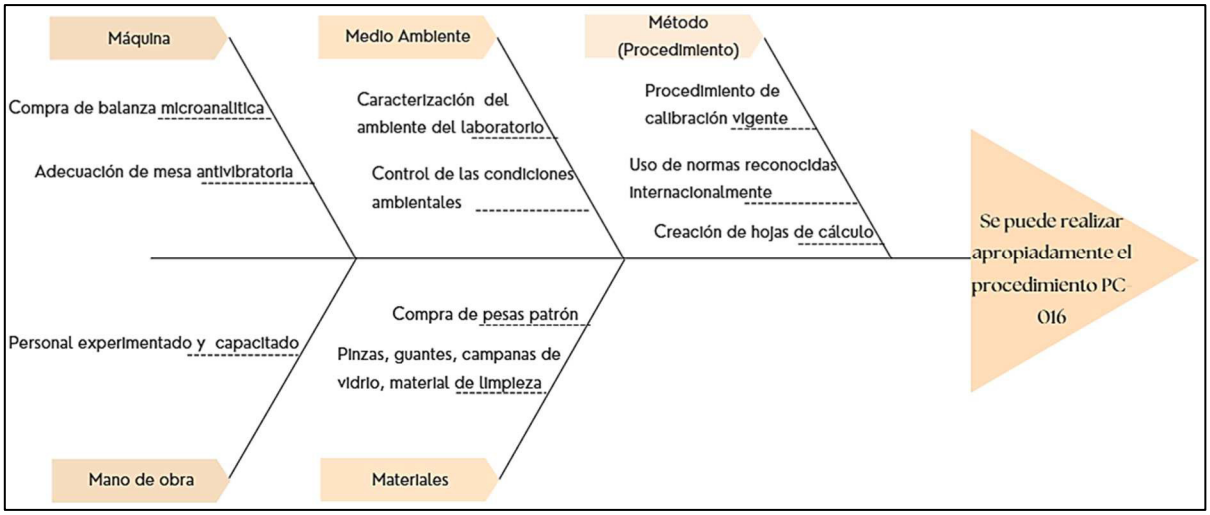
F crítico:
$F(a,v,v.w)$ = 2,92228
F = 0,72728
$F \leq F(a,v,v.w)$: SI ☺

3.2 Metodología

Para el desarrollo y aplicación del procedimiento se analizó previamente las deficiencias encontradas en el laboratorio para llevar a cabo adecuadamente la calibración de las pesas (ver Figura 11), luego se subsanó las deficiencias, tal como, creación de hojas de cálculo, caracterización del ambiente del laboratorio en temperatura, humedad y presión atmosférica, pruebas de repetibilidad de las balanzas para cada valor nominal de pesa a ensayar (desde 1 mg hasta 5 kg), calibración trazable de las pesas de referencia (pesas patrón).

Figura 11

Diagrama de Ishikawa del análisis de deficiencias encontradas



Para la implementación del procedimiento se tomó como documento de referencia la NTP ISO/IEC 17025 y analizó una serie de requerimientos del INACAL (ver Figura 12):

a. Requisitos de la directriz DA-acr-06D (Directriz para la acreditación de laboratorios de ensayo y calibración).

b. Requisitos de la directriz DA-acr-09D (Directriz para la evaluación de la incertidumbre de la medición).

c. Requisitos de la directriz DA-acr-12D (Criterios para la trazabilidad de las mediciones).

d. Requisitos de la directriz DA-acr-02D (Directriz para la validación de métodos de ensayo).

e. Revisión del procedimiento de calibración PC-016 segunda edición abril 2015.

f. Revisión del Vocabulario internacional de metrología (Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM)., 2012).

g. Revisión de la guía GUM (Guía para la expresión de la incertidumbre de medición).

h. Revisión de la NMP 004 (INDECOPI, 2007).

i. Elaboración de los procedimientos internos.

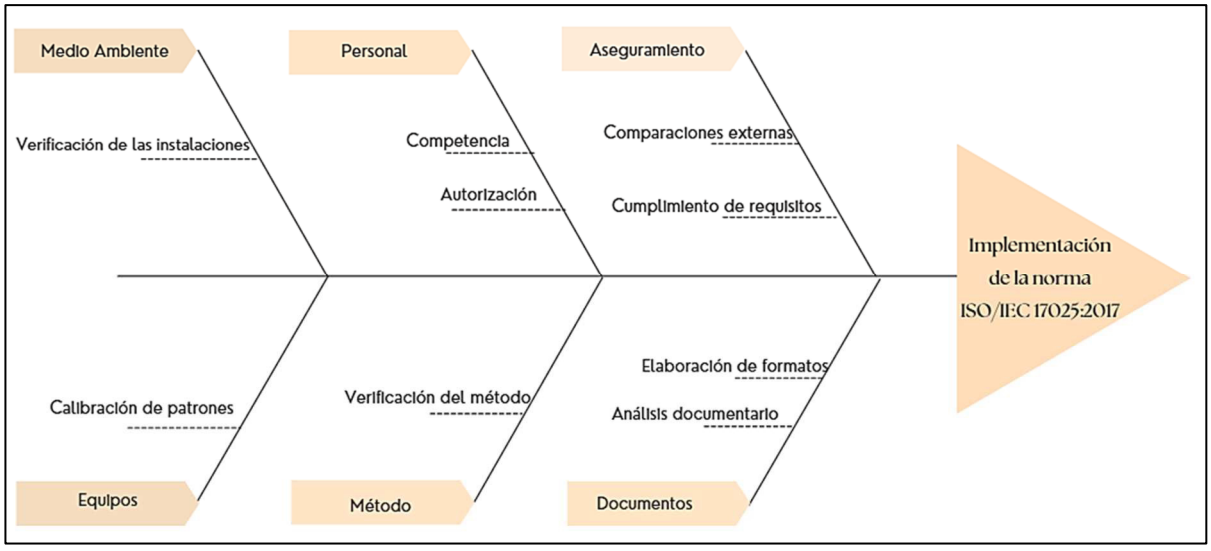
j. Elaboración de los formatos internos.

k. Calibrar los equipos patrones de masa.

l. Elaborar y validar las plantillas de cálculo.

Figura 12

Diagrama de Ishikawa del análisis de los requisitos de la NTP ISO/IEC 17025



3.3 Diseño experimental

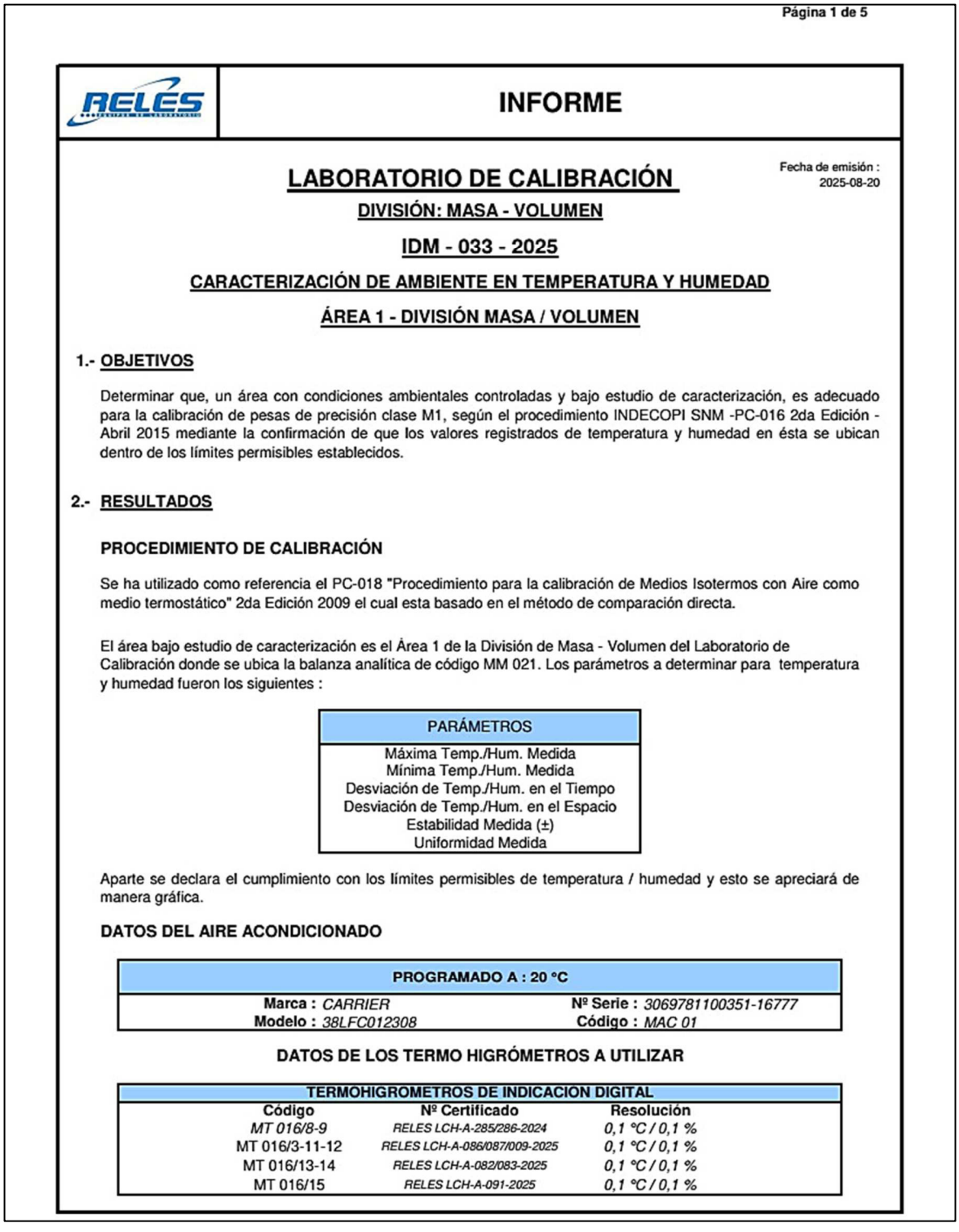
3.3.1 Caracterización del ambiente del laboratorio

Se determina que un ambiente de condiciones ambientales controladas es adecuado para el desarrollo del método, se confirma que los valores registrados de temperatura y humedad se

encuentran dentro de límites permisibles establecidos (ver Figura 13, Figura 14, Figura 15, Figura 16, Figura 17, Figura 18 y Figura 19).

Figura 13

Informe de caracterización de ambiente en temperatura y humedad.



Página 1 de 5

RELES

INFORME

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Fecha de emisión : 2025-08-20

DIVISIÓN: MASA - VOLUMEN

IDM - 033 - 2025

CARACTERIZACIÓN DE AMBIENTE EN TEMPERATURA Y HUMEDAD

ÁREA 1 - DIVISIÓN MASA / VOLUMEN

1.- OBJETIVOS

Determinar que, un área con condiciones ambientales controladas y bajo estudio de caracterización, es adecuado para la calibración de pesas de precisión clase M1, según el procedimiento INDECOPI SNM -PC-016 2da Edición - Abril 2015 mediante la confirmación de que los valores registrados de temperatura y humedad en ésta se ubican dentro de los límites permisibles establecidos.

2.- RESULTADOS

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Se ha utilizado como referencia el PC-018 "Procedimiento para la calibración de Medios Isotermos con Aire como medio termostático" 2da Edición 2009 el cual esta basado en el método de comparación directa.

El área bajo estudio de caracterización es el Área 1 de la División de Masa - Volumen del Laboratorio de Calibración donde se ubica la balanza analítica de código MM 021. Los parámetros a determinar para temperatura y humedad fueron los siguientes :

PARÁMETROS
Máxima Temp./Hum. Medida
Mínima Temp./Hum. Medida
Desviación de Temp./Hum. en el Tiempo
Desviación de Temp./Hum. en el Espacio
Estabilidad Medida (±)
Uniformidad Medida

Aparte se declara el cumplimiento con los límites permisibles de temperatura / humedad y esto se apreciará de manera gráfica.

DATOS DEL AIRE ACONDICIONADO

PROGRAMADO A : 20 °C	
Marca : *CARRIER*	**Nº Serie :** *3069781100351-16777*
Modelo : *38LFC012308*	**Código :** *MAC 01*

DATOS DE LOS TERMO HIGRÓMETROS A UTILIZAR

TERMOHIGROMETROS DE INDICACION DIGITAL		
Código	**Nº Certificado**	**Resolución**
MT 016/8-9	*RELES LCH-A-285/286-2024*	*0,1 °C / 0,1 %*
MT 016/3-11-12	*RELES LCH-A-086/087/009-2025*	*0,1 °C / 0,1 %*
MT 016/13-14	*RELES LCH-A-082/083-2025*	*0,1 °C / 0,1 %*
MT 016/15	*RELES LCH-A-091-2025*	*0,1 °C / 0,1 %*

Figura 14

Informe de caracterización de ambiente en temperatura y humedad (continuación).

DISTRIBUCIÓN DE SENSORES

El esquema de distribución en el volumen interno se muestra en los siguientes gráficos :

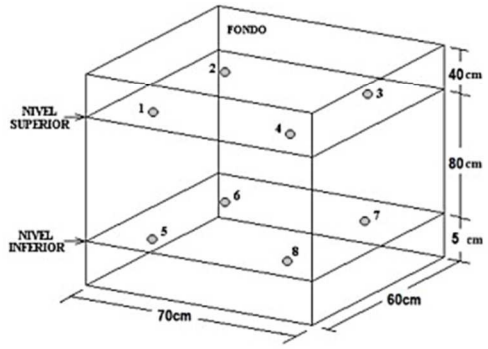


Fig. 1.- Posición tridimensional de los sensores.



Fig. 2.- Fotografía del ambiente.

POSICIÓN DE LOS PLANOS

NIVEL SUPERIOR : a 40 cm del techo NIVEL INFERIOR : a 5 cm de la base

En la caracterización del área 1 de División Masa - Volumen se programaron los equipos usados (aire acondicionado y deshumedecedor) para lograr las condiciones de temperatura y humedad óptimas necesarias.

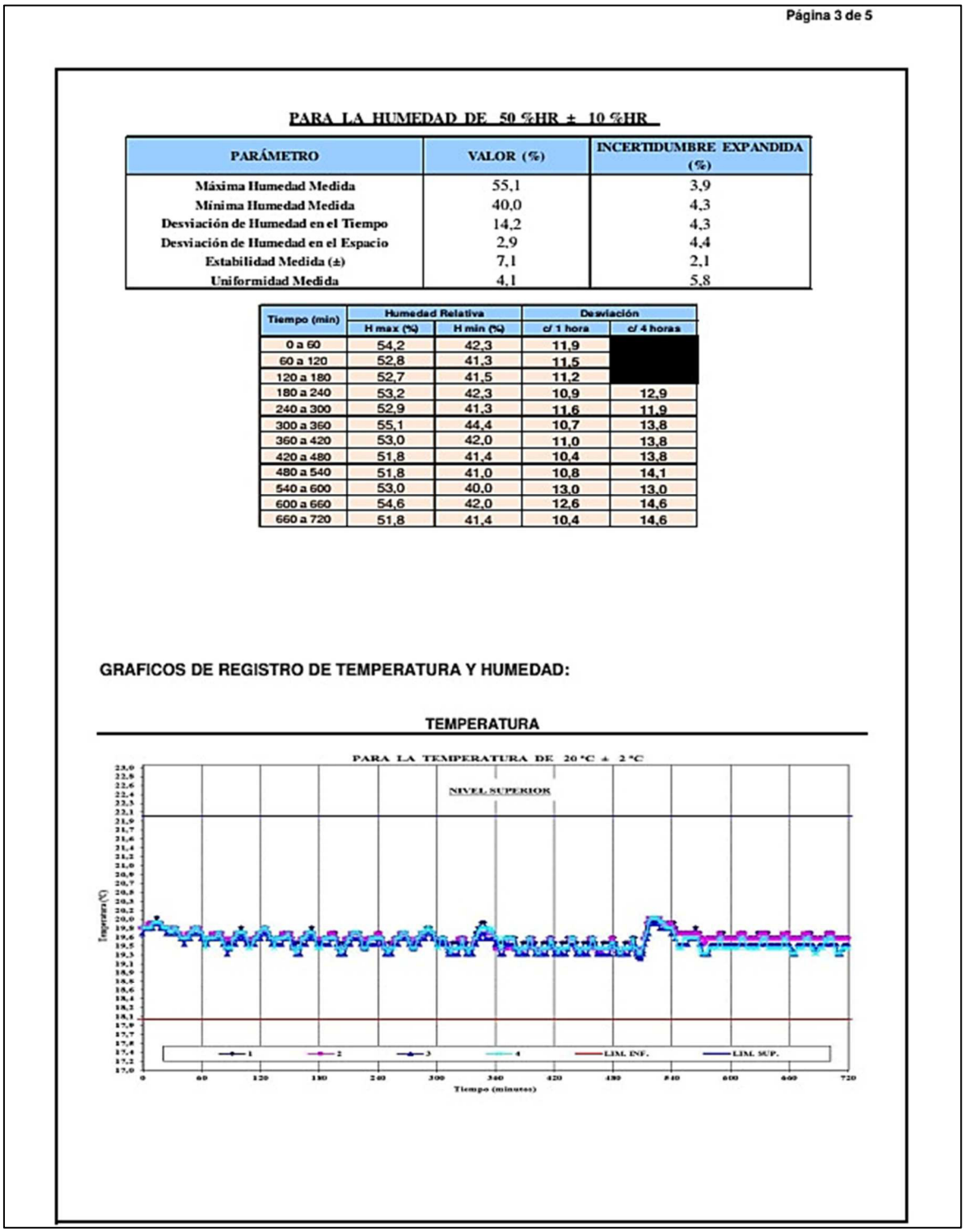
PARA LA TEMPERATURA DE 20 °C ± 2 °C

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	20,0	0,3
Mínima Temperatura Medida	18,5	0,2
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1,3	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	0,5	0,1
Estabilidad Medida (±)	0,65	0,04
Uniformidad Medida	0,9	0,1

Tiempo c/(60min)	Max. T (°C)	Min. T (°C)	Desviación
0 a 60	20,0	18,9	1,1
60 a 120	19,8	18,8	1,0
120 a 180	19,8	18,8	1,0
180 a 240	19,7	18,8	0,9
240 a 300	19,8	18,8	1,0
300 a 360	19,9	18,7	1,2
360 a 420	19,6	18,7	0,9
420 a 480	19,6	18,6	1,0
480 a 540	20,0	18,5	1,5
540 a 600	19,9	18,9	1,0
600 a 660	19,7	19,1	0,6
600 a 720	19,7	19,1	0,6

Figura 15

Informe de caracterización de ambiente en temperatura y humedad (continuación).



Página 3 de 5

PARA LA HUMEDAD DE 50 %HR ± 10 %HR

PARÁMETRO	VALOR (%)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (%)
Máxima Humedad Medida	55,1	3,9
Mínima Humedad Medida	40,0	4,3
Desviación de Humedad en el Tiempo	14,2	4,3
Desviación de Humedad en el Espacio	2,9	4,4
Estabilidad Medida (±)	7,1	2,1
Uniformidad Medida	4,1	5,8

Tiempo (min)	Humedad Relativa		Desviación	
	H max (%)	H min (%)	c/ 1 hora	c/ 4 horas
0 a 60	54,2	42,3	11,9	
60 a 120	52,8	41,3	11,5	
120 a 180	52,7	41,5	11,2	
180 a 240	53,2	42,3	10,9	12,9
240 a 300	52,9	41,3	11,6	11,9
300 a 360	55,1	44,4	10,7	13,8
360 a 420	53,0	42,0	11,0	13,8
420 a 480	51,8	41,4	10,4	13,8
480 a 540	51,8	41,0	10,8	14,1
540 a 600	53,0	40,0	13,0	13,0
600 a 660	54,6	42,0	12,6	14,6
660 a 720	51,8	41,4	10,4	14,6

GRAFICOS DE REGISTRO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD:

TEMPERATURA

Figura 16

Informe de caracterización de ambiente en temperatura y humedad (continuación).

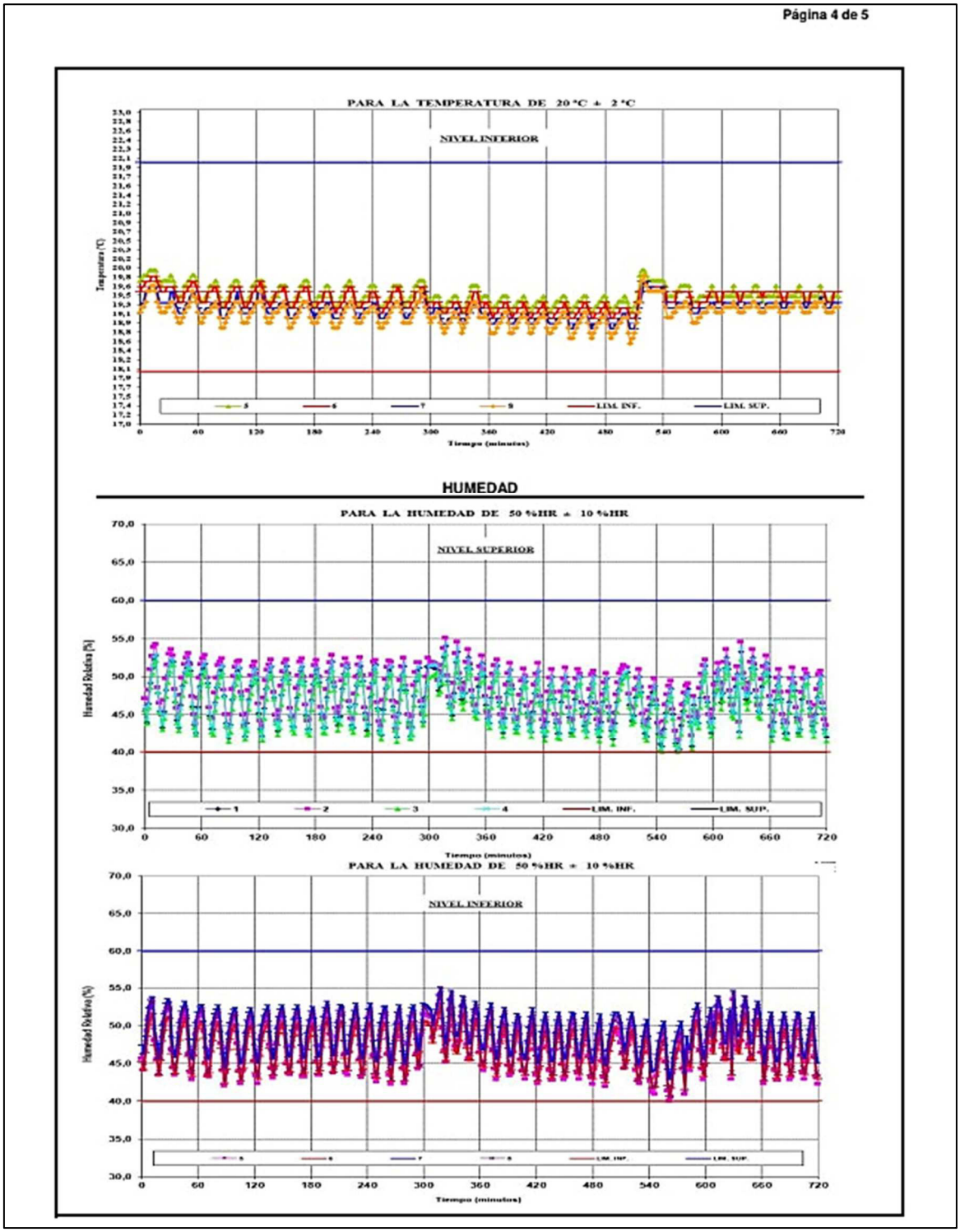
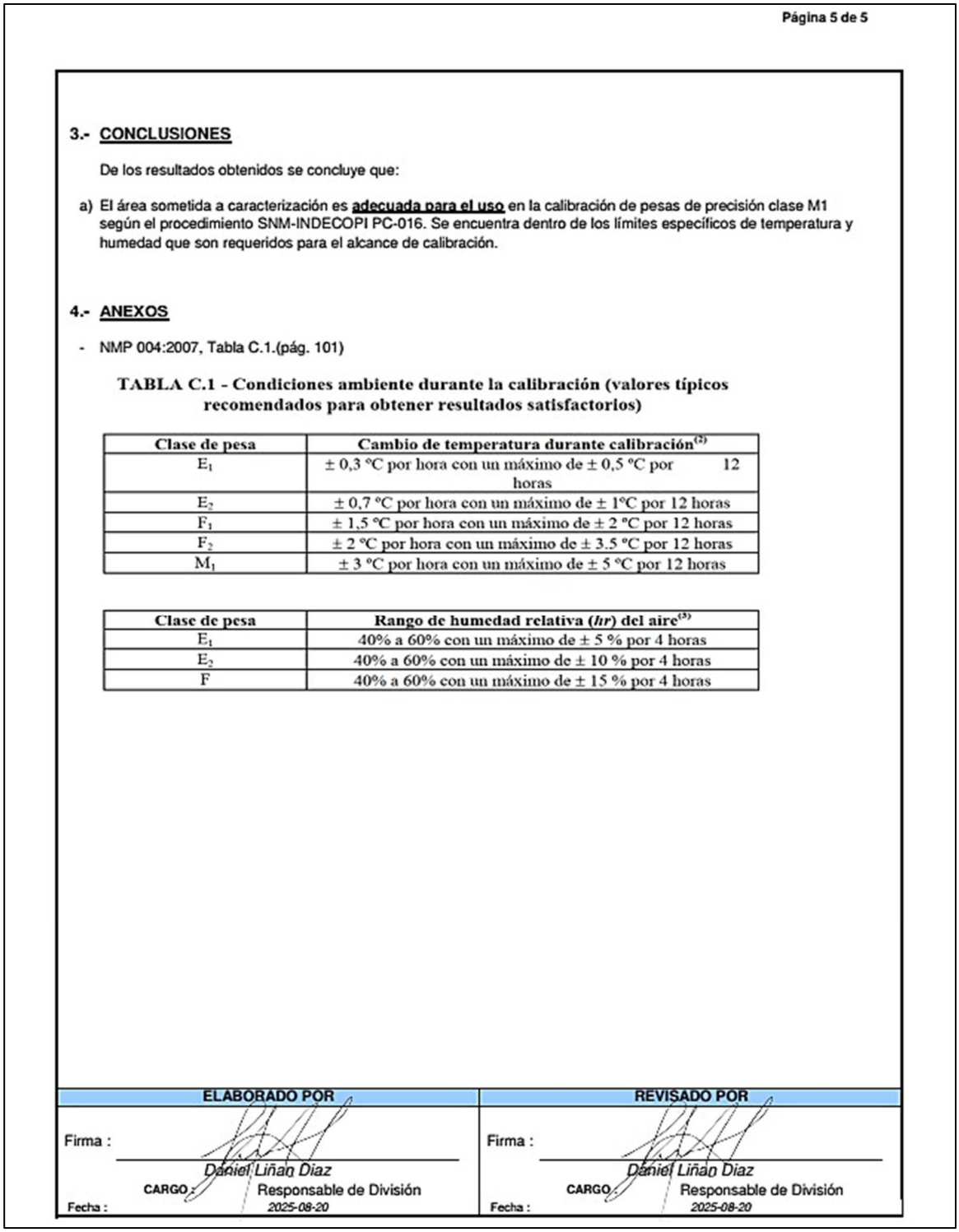


Figura 17

Informe de caracterización de ambiente en temperatura y humedad (continuación).



Página 5 de 5

3.- CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se concluye que:

a) El área sometida a caracterización es **adecuada para el uso** en la calibración de pesas de precisión clase M1 según el procedimiento SNM-INDECOPI PC-016. Se encuentra dentro de los límites específicos de temperatura y humedad que son requeridos para el alcance de calibración.

4.- ANEXOS

- NMP 004:2007, Tabla C.1.(pág. 101)

TABLA C.1 - Condiciones ambiente durante la calibración (valores típicos recomendados para obtener resultados satisfactorios)

Clase de pesa	Cambio de temperatura durante calibración[2]
E_1	± 0,3 °C por hora con un máximo de ± 0,5 °C por 12 horas
E_2	± 0,7 °C por hora con un máximo de ± 1°C por 12 horas
F_1	± 1,5 °C por hora con un máximo de ± 2 °C por 12 horas
F_2	± 2 °C por hora con un máximo de ± 3.5 °C por 12 horas
M_1	± 3 °C por hora con un máximo de ± 5 °C por 12 horas

Clase de pesa	Rango de humedad relativa (*hr*) del aire[3]
E_1	40% a 60% con un máximo de ± 5 % por 4 horas
E_2	40% a 60% con un máximo de ± 10 % por 4 horas
F	40% a 60% con un máximo de ± 15 % por 4 horas

ELABORADO POR	REVISADO POR
Firma :	Firma :
Daniel Liñan Diaz	Daniel Liñan Diaz
CARGO : Responsable de División	CARGO : Responsable de División
Fecha : 2025-08-20	Fecha : 2025-08-20

Figura 18

Aire acondicionado.



Figura 19

Deshumidificador.



3.3.2 Caracterización de los instrumentos de pesaje (balanzas)

Se realiza una serie de secuencias de calibraciones para determinar la dispersión de las mediciones mediante repeticiones y conseguir una desviación estándar poblacional para cada balanza (histórico de mediciones). En la Figura 20 y Figura 21 se muestran los resultados obtenidos en la caracterización de las balanzas.

Figura 20

Informe de caracterización de balanzas.

INFORME

Fecha de emisión : 2025-08-29

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

DIVISIÓN: MASA

IDM-037-2025

CARACTERIZACIÓN DE BALANZAS

1.- OBJETIVOS

Determinar la desviación estándar poblacional de las balanzas de código MM 018, MM 021, MM 017 y MM 020 a partir de la repetibilidad que puede tener la balanza para pesas de valor nominal de 1 mg hasta 5 kg para la calibración de pesas de clase de exactitud M1.

2.- RESULTADOS

Datos de la balanza MM 018

Marca :	AND INSTRUMENTS	Capacidad Máxima (Max) :	22 g
Modelo :	BM-20	Resolución (d) :	0,00001 g
Serie :	T1005361	Código :	MM 018

Datos de la balanza MM 021

Marca :	SARTORIUS	Capacidad Máxima (Max) :	230 g
Modelo :	LA230S	Resolución (d) :	0,0001 g
Serie :	19406488	Código :	MM 021

Datos de la balanza MM 017

Marca :	SARTORIUS	Capacidad Máxima (Max) :	1010 g / 5200 g
Modelo :	LA5200D	Resolución (d) :	0,001 g / 0,01 g
Serie :	21608953	Código :	MM 017

ELABORADO POR		REVISADO POR	
Firma :	DLD	Firma :	DLD
Nombre	*Daniel Liñan Diaz*	Nombre	*Daniel Liñan Diaz*
CARGO :	Responsable de División	CARGO :	Responsable de División

Figura 21

Informe de caracterización de balanzas (continuación).

3.- CONCLUSIONES

Se ha obtenido los siguientes resultados:

Para las pesas de valor nominal de 1 mg hasta 200 g de clase de exactitud F1 y N°Certificado: E1623-A1-2589A-2025-1.

Para las pesas de valor nominal de 500 g hasta 5 kg de clase de exactitud F1 y N°Certificado: INACAL LM-C-221-2025, LM-C-220-2025, LM-C-219-2025, LM-214-2025.

Se ha determinado la desviación estándar poblacional de las balanzas de código MM 018, MM 021 y MM 017 para pesas de valor nominal de 1 mg hasta 5 kg.

Balanza MM 018		
Valor Nominal	*Sp* (g)	*Sp* (mg)
1 mg	0,0000038	0,0038460
2 mg	0,0000042	0,0041833
5 mg	0,0000032	0,0031623
10 mg	0,0000037	0,0037361
20 mg	0,0000039	0,0038730
50 mg	0,0000033	0,0032914
100 mg	0,0000049	0,0048947
200 mg	0,0000046	0,0045644
500 mg	0,0000041	0,0041332

Balanza MM 017		
Valor Nominal	*Sp* (g)	*Sp* (mg)
500 g	0,0004895	0,4894725
1 kg	0,0003900	0,3899786
2 kg	0,0045871	4,5871196
5 kg	0,0033850	3,3850160

Balanza MM 021		
Valor Nominal	*Sp* (g)	*Sp* (mg)
1 g	0,0000542	0,0541987
2 g	0,0000665	0,0664580
5 g	0,0000644	0,0643881
10 g	0,0000534	0,0534244
20 g	0,0000624	0,0624166
50 g	0,0000743	0,0743023
100 g	0,0000617	0,0617454
200 g	0,0000683	0,0683130

3.3.3 Proceso de calibración de pesas

a. El metrólogo hace uso de pesas patrones y balanzas (ver Figura 22 y Figura 23).

Figura 22

Pesas patrón.



Figura 23

Balanza digital.



b. El metrólogo verifica y anota las condiciones ambientales del laboratorio y tiene en consideración lo indicado en el procedimiento PC-016. Para ello se hace uso de instrumento auxiliares como termohigrómetro y barómetro (ver Figura 24 y Figura 25).

Figura 24

Medidor de condiciones ambientales en temperatura y humedad (termohigrómetro).



Figura 25

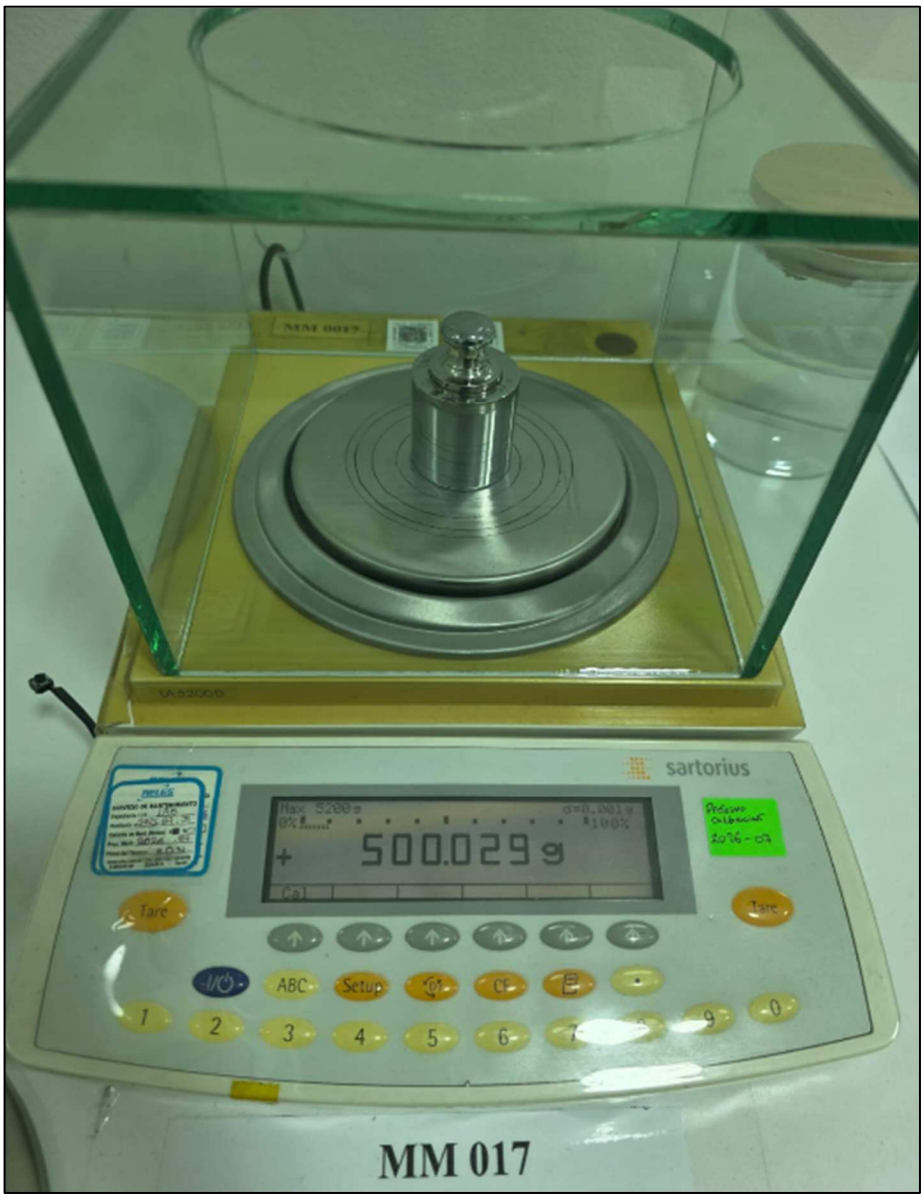
Medidor de presión atmosférica (barómetro).



c. El metrólogo realiza la calibración de las pesas mediante el método de doble sustitución. Se utiliza, como medio para la calibración, una balanza digital como se muestra en la Figura 26.

Figura 26

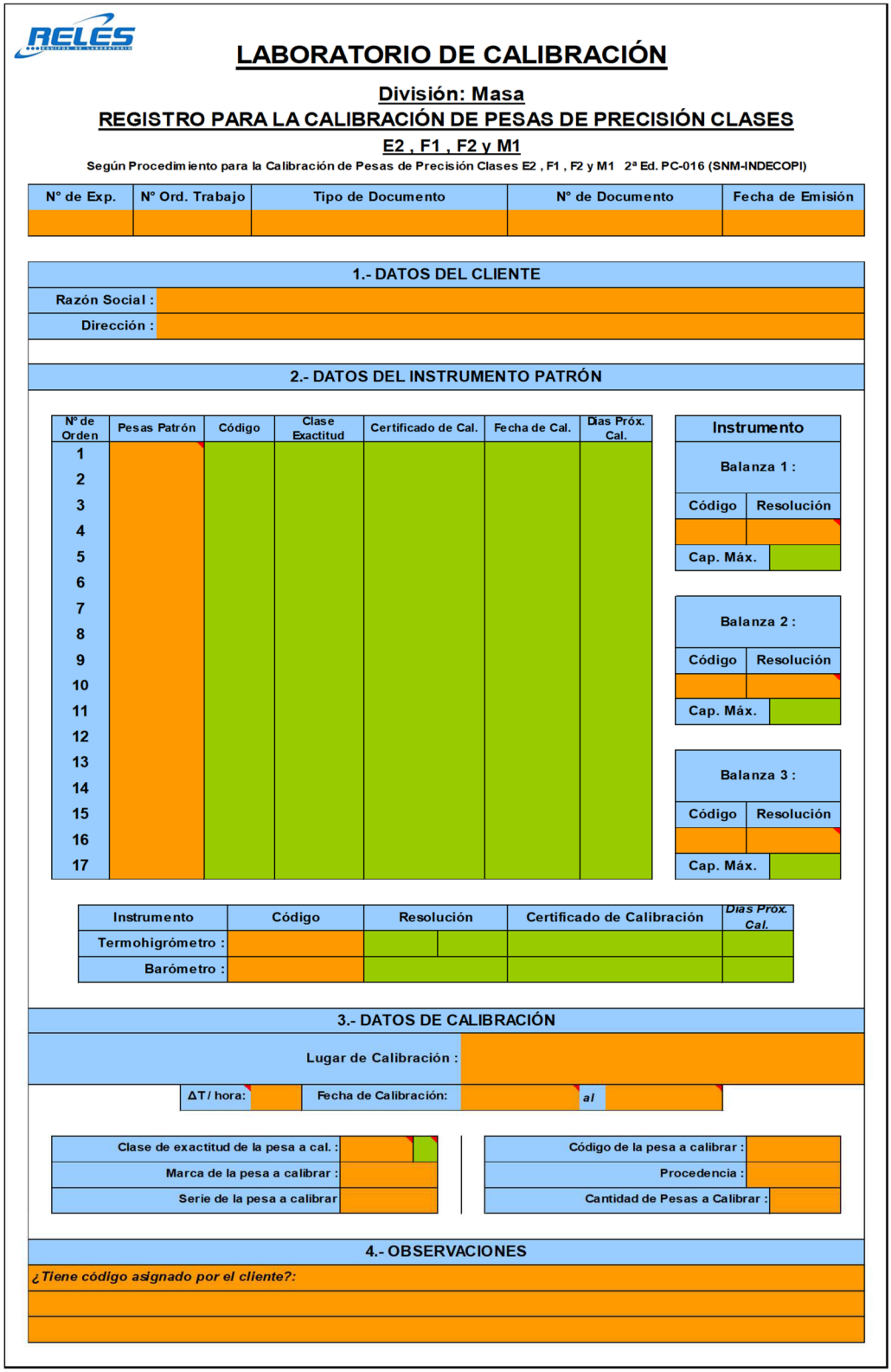
Ejemplo de medición para pesa clase M1 de 500 g de valor nominal.



d. El metrólogo registra la información recolectada en el formato de calibración de pesas de precisión (ver Figura 27 y Figura 28).

Figura 27

Registro de calibración de pesas de precisión.



RELES

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

División: Masa

REGISTRO PARA LA CALIBRACIÓN DE PESAS DE PRECISIÓN CLASES E2 , F1 , F2 y M1

Según Procedimiento para la Calibración de Pesas de Precisión Clases E2 , F1 , F2 y M1 2ª Ed. PC-016 (SNM-INDECOPI)

N° de Exp.	N° Ord. Trabajo	Tipo de Documento	N° de Documento	Fecha de Emisión

1.- DATOS DEL CLIENTE

Razón Social :

Dirección :

2.- DATOS DEL INSTRUMENTO PATRÓN

N° de Orden	Pesas Patrón	Código	Clase Exactitud	Certificado de Cal.	Fecha de Cal.	Dias Próx. Cal.
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						

Instrumento	
Balanza 1 :	
Código	Resolución
Cap. Máx.	

Balanza 2 :	
Código	Resolución
Cap. Máx.	

Balanza 3 :	
Código	Resolución
Cap. Máx.	

Instrumento	Código	Resolución	Certificado de Calibración	Dias Próx. Cal.
Termohigrómetro :				
Barómetro :				

3.- DATOS DE CALIBRACIÓN

Lugar de Calibración :

ΔT / hora: | Fecha de Calibración: | al

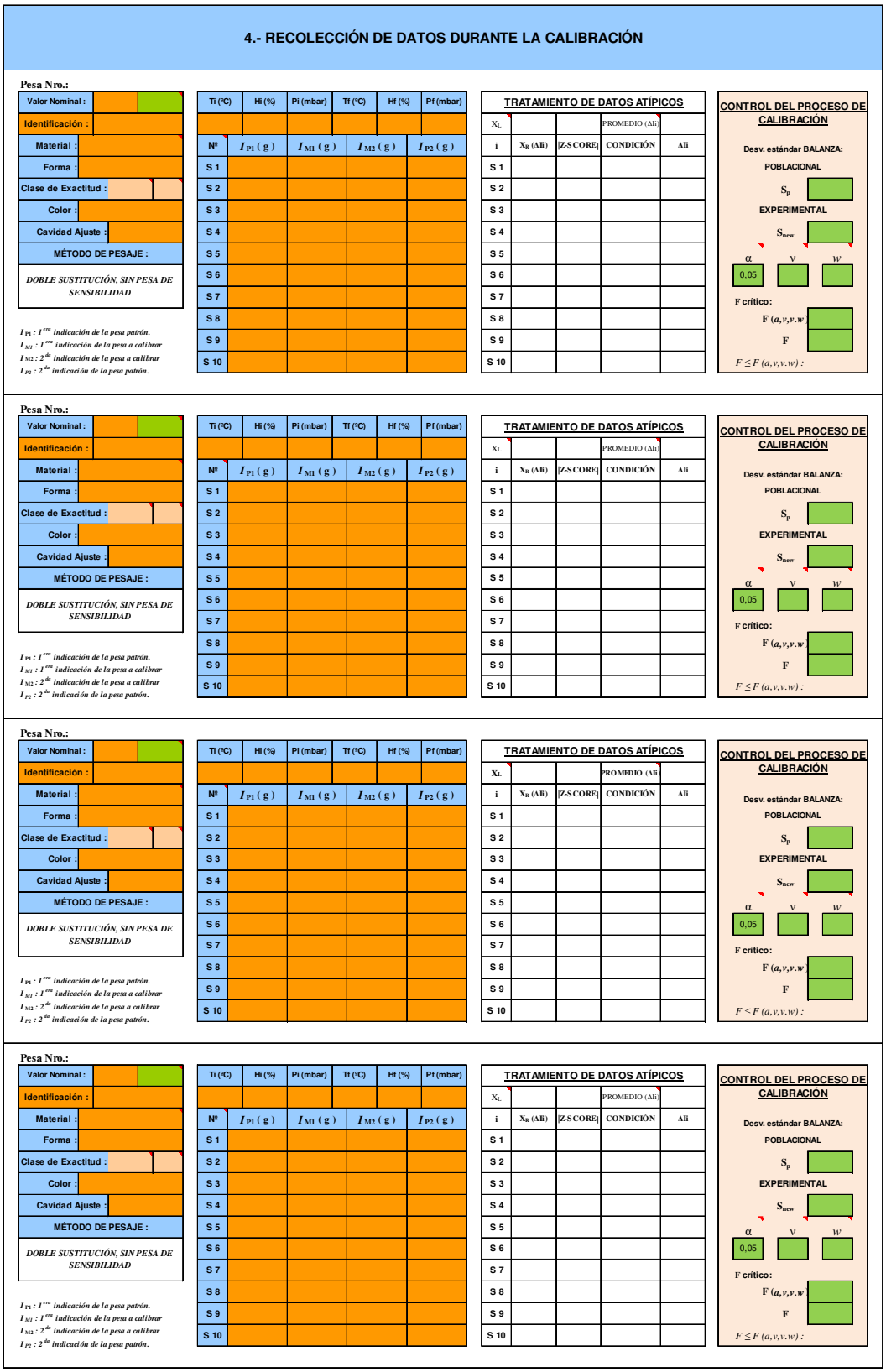
Clase de exactitud de la pesa a cal. :		Código de la pesa a calibrar :	
Marca de la pesa a calibrar :		Procedencia :	
Serie de la pesa a calibrar		Cantidad de Pesas a Calibrar :	

4.- OBSERVACIONES

¿Tiene código asignado por el cliente?:

Figura 28

Registro de calibración de pesas de precisión (continuación).



4.- RECOLECCIÓN DE DATOS DURANTE LA CALIBRACIÓN

Pesa Nro.:

Valor Nominal :
Identificación :
Material :
Forma :
Clase de Exactitud :
Color :
Cavidad Ajuste :
MÉTODO DE PESAJE :
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC)	Hi (%)	Pi (mbar)	Tf (ºC)	Hf (%)	Pf (mbar)

Nº	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)
S 1				
S 2				
S 3				
S 4				
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L			PROMEDIO (ΔIi)	
i	X_R (ΔIi)	|Z-SCORE|	CONDICIÓN	ΔIi
S 1				
S 2				
S 3				
S 4				
S 5				
S 6				
S 7				
S 8				
S 9				
S 10				

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p
EXPERIMENTAL
S_{new}
α: 0,05 | v | w
F crítico:
F (a,v,v.w
F
$F \leq F\ (a,v,v.w)$:

Pesa Nro.:

Valor Nominal :
Identificación :
Material :
Forma :
Clase de Exactitud :
Color :
Cavidad Ajuste :
MÉTODO DE PESAJE :
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC) | Hi (%) | Pi (mbar) | Tf (ºC) | Hf (%) | Pf (mbar)

Nº | I_{P1} (g) | I_{M1} (g) | I_{M2} (g) | I_{P2} (g)
S 1 | S 2 | S 3 | S 4 | S 5 | S 6 | S 7 | S 8 | S 9 | S 10

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L | PROMEDIO (ΔIi)
i | X_R (ΔIi) | |Z-SCORE| | CONDICIÓN | ΔIi
S 1 | S 2 | S 3 | S 4 | S 5 | S 6 | S 7 | S 8 | S 9 | S 10

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p
EXPERIMENTAL
S_{new}
α: 0,05 | v | w
F crítico:
F (a,v,v.w
F
$F \leq F\ (a,v,v.w)$:

Pesa Nro.:

Valor Nominal :
Identificación :
Material :
Forma :
Clase de Exactitud :
Color :
Cavidad Ajuste :
MÉTODO DE PESAJE :
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC) | Hi (%) | Pi (mbar) | Tf (ºC) | Hf (%) | Pf (mbar)

Nº | I_{P1} (g) | I_{M1} (g) | I_{M2} (g) | I_{P2} (g)
S 1 | S 2 | S 3 | S 4 | S 5 | S 6 | S 7 | S 8 | S 9 | S 10

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L | PROMEDIO (ΔIi)
i | X_R (ΔIi) | |Z-SCORE| | CONDICIÓN | ΔIi
S 1 | S 2 | S 3 | S 4 | S 5 | S 6 | S 7 | S 8 | S 9 | S 10

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p
EXPERIMENTAL
S_{new}
α: 0,05 | v | w
F crítico:
F (a,v,v.w
F
$F \leq F\ (a,v,v.w)$:

Pesa Nro.:

Valor Nominal :
Identificación :
Material :
Forma :
Clase de Exactitud :
Color :
Cavidad Ajuste :
MÉTODO DE PESAJE :
DOBLE SUSTITUCIÓN, SIN PESA DE SENSIBILIDAD

I_{P1} : 1era indicación de la pesa patrón.
I_{M1} : 1era indicación de la pesa a calibrar
I_{M2} : 2da indicación de la pesa a calibrar
I_{P2} : 2da indicación de la pesa patrón.

Ti (ºC) | Hi (%) | Pi (mbar) | Tf (ºC) | Hf (%) | Pf (mbar)

Nº | I_{P1} (g) | I_{M1} (g) | I_{M2} (g) | I_{P2} (g)
S 1 | S 2 | S 3 | S 4 | S 5 | S 6 | S 7 | S 8 | S 9 | S 10

TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

X_L | PROMEDIO (ΔIi)
i | X_R (ΔIi) | |Z-SCORE| | CONDICIÓN | ΔIi
S 1 | S 2 | S 3 | S 4 | S 5 | S 6 | S 7 | S 8 | S 9 | S 10

CONTROL DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Desv. estándar BALANZA:
POBLACIONAL
S_p
EXPERIMENTAL
S_{new}
α: 0,05 | v | w
F crítico:
F (a,v,v.w
F
$F \leq F\ (a,v,v.w)$:

e. El metrólogo analiza los resultados de la calibración, revisa el valor convencional de masa e incertidumbre de la pesa calibrada. Los resultados se registran plantilla mostrada en la Figura 29.

Figura 29

Plantilla para el registro de los resultados de la calibración de pesas.

N°	Valor Nominal	IDENTIF.	MASA CONVENCIONAL	INCERTIDUMBRE	FORMA	MATERIAL	E. M. P.
				#N/D mg			mg
				#N/D mg			mg
				#N/D mg			mg
				#N/D mg			mg
				#N/D mg			mg
				#N/D mg			mg
				#N/D mg			mg
				#N/D mg			mg
				#N/D mg			mg

f. Verifica que la incertidumbre expandida de la pesa calibrada es menor o igual a 1/3 del EMP de la pesa. En la Figura 30 muestra la plantilla empleada para el cálculo del presupuesto de incertidumbre de la pesa calibrada.

Figura 30

Plantilla para el cálculo del presupuesto de incertidumbre de la pesa calibrada.

Pesa Nro. | Valor Nominal : 0 | Identificación : 0

Magnitud de entrada X_i	Valor Estimado	Incertidumbre $u(x_i)$	Distribución de Probabilidad	Coeficiente de Sensibilidad C_i	Contribución a la Incertidumbre $C_i.u(x_i)$	$\{C_i.u(x_i)\}^2$ (m^2g^2)	Aporte a la $u_c(\delta m_{ct})$
m_{cP}	#N/D	#N/D	NORMAL	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
δm_{DrP}	0 g	#N/D	RECTANGULAR	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
ρ_P	7950 kg/m3	70 kg/m3	NORMAL	#N/D #N/D	#N/D #N/D	#N/D	#N/D
ρ_M	#N/D	#N/D	NORMAL	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
ρ_a	0,000000000 kg/m3	#VALOR!	NORMAL	#N/D	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
$\bar{A}$		#N/D	NORMAL	1	#N/D	#N/D	#N/D
d	#N/D	#N/D	RECTANGULAR	1	#N/D	#N/D	#N/D
					$\Sigma u_i^2(\delta m_{ct})$:	#N/D	#N/D
					INCERTIDUMBRE COMBINADA:	#N/D	
					INCERTIDUMBRE EXPANDIDA k=2, $U(\delta m_{ct})$:	#N/D mg	

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA A REPORTAR (mg)
U - CMC
U ≤ 1/3 EMP (NMP004)
U calculada (k=2)

De esta manera se comprueba que los instrumentos utilizados como pesas, balanzas, medidores de condiciones ambientales e instalaciones son adecuados para la calibración de pesas y se puede seguir con el proceso de implementación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Cálculo de la densidad del aire y corrección por empuje del aire

En la Figura 31 muestra la hoja de cálculo utilizada para determinar la densidad del aire y las incertidumbres asociadas a la presión atmosférica, la temperatura ambiente y la humedad relativa para la pesa de 1 mg.

Figura 31

Hoja de cálculo para la determinación de la densidad del aire y las incertidumbres asociadas a la presión atmosférica, la temperatura ambiente y la humedad relativa para la pesa de 1 mg.

PARA LA PESA DE 1 mg

DENSIDAD DEL AIRE	
$\rho_{a\ inicial}$	1,1720 kg/m3
$\rho_{a\ final}$	1,1725 kg/m3
ρ_a	1,1723 kg/m3

PARÁMETROS	
u_f/ρ_a	0,0002
$(1/\rho_a)(\delta\rho_a/\delta p)$	0,001
$(1/\rho_a)(\delta\rho_a/\delta t)$	-0,004
$(1/\rho_a)(\delta\rho_a/\delta hr)$	-0,00009

APORTE DE INCERTIDUMBRE DE LA PRESIÓN				
$P_{inicial}$	P_{final}	Resolución	$U_{p\ certif.\ Calib.}$	u(p)
999 mbar	999 mbar	1 mbar	1,0 mbar	0,7638 mbar

APORTE DE INCERTIDUMBRE DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL				
$T_{inicial}$	T_{final}	Resolución	$U_{t\ certif.\ Calib.}$	u(t)
22,3 °C	22,2 °C	0,1 °C	0,22 °C	0,1274 °C

APORTE DE INCERTIDUMBRE DE LA HUMEDAD RELATUVA				
$HR_{inicial}$	HR_{final}	Resolución	$U_{hr\ certif.\ Calib.}$	u(hr)
53,7 %	52,8 %	0,1 %	2,7 %	1,3742 %

En la Figura 32 muestra la hoja de cálculo empleada para determinar el valor medio de las diferencias de las lecturas entre secuencias de pesadas, la corrección por empuje del aire y la masa convencional de la pesa de 1 mg.

Figura 32

Hoja de cálculo para la determinación del valor medio de las diferencias de las lecturas, la corrección por empuje del aire y la masa convencional de la pesa de 1 mg.

Pesa Nro. 1	Valor Nominal	Identificacion : Pesa a Calibrar	Código Pesa Patrón	δm_{cP} (mg)
	1 mg	Ninguna	MM 050	0,009

Orden	I_{P1} (g)	I_{M1} (g)	I_{M2} (g)	I_{P2} (g)	ΔIi (g)	PROMEDIO $\Delta\bar{I}$	m_{cM} (g)
S 1	0,00101	0,001	0,001	0,00102	-0,000015	-1,625E-05	0,00099275
S 2	0,00101	0,00099	0,00098	0,001	-2E-05		
S 3	0,00101	0,00099	0,00099	0,001	-0,000015		
S 4	0,00101	0,001	0,00099	0,00101	-0,000015		
S 5	0	0	0	0			
S 6	0	0	0	0			
S 7	0	0	0	0			
S 8	0	0	0	0			
S 9	0	0	0	0			
S 10	0	0	0	0			

Corrección por empuje del aire:

C= 0,00000E+00

MASA CONVENCIONAL

1 mg -0,01 mg

δm_{cP} : *Corrección de la pesa Patrón.*

δm_{cM} : *Corrección de la pesa calibrada.*

4.2 Presupuesto de incertidumbre

En la Figura 33 se muestra la hoja de cálculo empleada para la determinación del presupuesto de incertidumbre correspondiente a la calibración de la pesa de 1 mg.

Figura 33

Hoja de cálculo para la determinación del presupuesto de incertidumbre correspondiente a la calibración de la pesa de 1 mg.

Pesa Nro. 1	Valor Nominal : 1 mg	Identificación : Ninguna					
Magnitud de entrada X_i	Valor Estimado	Incertidumbre $u(x_i)$	Distribución de Probabilidad	Coeficiente de Sensibilidad C_i	Contribución a la Incertidumbre $C_i.u(x_i)$	$\{C_i.u(x_i)\}^2$ (m^2g^2)	Aporte a la $u_c(\delta m_{ct})$
m_{cP}	0,001009 g	0,0035 mg	NORMAL	1	0,0035 mg	0,0000123	25,07 %
δm_{DrP}	0 g	0,0040 mg	RECTANGULAR	1	0,00404145 mg	0,0000163	33,43 %
ρ_p	7950 kg/m3	70 kg/m3	NORMAL	1,596E-14 m6/kg -1,5E-02 (kg)2/m6	1,1175191E-06 -1,4985370E-02	0,0000000	0,00 %
ρ_M	7950 kg/m3	70 kg/m3	NORMAL	-4,4260067E-16 m3	-0,00000003 mg	0,0000000	0,00 %
ρ_a	1,172276047 kg/m3	0,001111158 kg/m3	NORMAL	0,0000000E+00 m3	0,00000000 mg	0,0000000	0,00 %
$\bar{\Delta}$	-0,00001625 g	0,0019 mg	NORMAL	1	0,00190000 mg	0,0000036	7,39 %
d	0,00001 g	0,0041 mg	RECTANGULAR	1	0,00408248 mg	0,0000167	*34,11 %*
					$\Sigma u_i^2(\delta m_{ct})$:	0,0000489	100,00 %
					INCERTIDUMBRE COMBINADA:	0,0069900	
					INCERTIDUMBRE EXPANDIDA k=2, $U(\delta m_{ct})$:	0,0139800 mg	

4.3 Incertidumbre expandida a reportar en el resultado final

En la Figura 34 se muestra la hoja de cálculo empleada para verificar que la incertidumbre expandida calculada (U = 0,014 mg; k = 2) de la pesa de 1 mg cumple el criterio establecido en la NMP 004:2007 para la clase de exactitud M1, es decir, U ≤ 0,06 mg (INDECOPI, 2007)

Figura 34

Hoja de cálculo para la verificación de la incertidumbre expandida de la pesa de 1 mg.

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA A REPORTAR (mg)
U ≤ 1/3 EMP (NMP004)
0,06
U calculada (k=2)
0,013979986

Según la relación $U \leq 1/3\ EMP$, la incertidumbre expandida calculada para la pesa de 1 mg (U = 0,014 mg) cumple el criterio establecido para la clase de exactitud M1, ya que 0,014 mg ≤ 0,06 mg. En consecuencia, la incertidumbre expandida a reportar en el certificado de calibración es de 0,06 mg, a fin de no subestimar la incertidumbre de medición.

Finalmente, se realiza el mismo análisis para las pesas de valores nominales 2 mg, 2 mg (*), 5 mg, 10 mg, 20 mg, 20 mg (*), 50 mg, 100 mg, 200 mg, 200 mg (*), 500 mg, 1 g, 2 g, 2 g (*), 5 g, 10 g, 20 g, 20 g (*), 50 g, 100 g, 200 g, 200 g (*), 500 g, 1 kg, 2 kg y 5 kg.

4.4 Presentación de resultados

En las Tablas 3 y 4 se presentan los resultados obtenidos en la calibración de las pesas, incluyendo la masa convencional, la incertidumbre expandida, la forma de la pesa, el material y el error máximo permitido (EMP).

Tabla 3

Resultados de la calibración de las pesas de 1 mg a 200 g de clase M1.

N°	Valor nominal	Identificación	Masa convencional	Incertidumbre	Forma	Material	E. M. P. M1
1	1 mg	Ninguna	1 mg – 0,01 mg	0,06 mg	Laminar	Acero inoxidable	0,20 mg
2	2 mg	Ninguna	2 mg – 0,01 mg	0,06 mg	Laminar	Acero inoxidable	0,20 mg
3	2 mg	(*)	2 mg – 0,01 mg	0,06 mg	Laminar	Acero inoxidable	0,20 mg
4	5 mg	Ninguna	5 mg + 0,01 mg	0,06 mg	Laminar	Acero inoxidable	0,20 mg
5	10 mg	Ninguna	10 mg – 0,01 mg	0,08 mg	Laminar	Acero inoxidable	0,25 mg
6	20 mg	Ninguna	20 mg – 0,04 mg	0,10 mg	Laminar	Acero inoxidable	0,30 mg
7	20 mg	(*)	20 mg – 0,04 mg	0,10 mg	Laminar	Acero inoxidable	0,30 mg
8	50 mg	Ninguna	50 mg + 0,02 mg	0,12 mg	Laminar	Acero inoxidable	0,40 mg
9	100 mg	Ninguna	100 mg – 0,02 mg	0,16 mg	Laminar	Acero inoxidable	0,50 mg
10	200 mg	Ninguna	200 mg – 0,01 mg	0,20 mg	Laminar	Acero inoxidable	0,60 mg
11	200 mg	(*)	200 mg – 0,00 mg	0,20 mg	Laminar	Acero inoxidable	0,60 mg
12	500 mg	Ninguna	500 mg – 0,05 mg	0,25 mg	Laminar	Acero inoxidable	0,80 mg
13	1 g	Ninguna	1 g – 0,1 mg	0,3 mg	Cilíndrica con botón	Acero inoxidable	1,0 mg
14	2 g	Ninguna	2 g + 0,0 mg	0,4 mg	Cilíndrica con botón	Acero inoxidable	1,2 mg
15	2 g	(*)	2 g + 0,1 mg	0,4 mg	Cilíndrica con botón	Acero inoxidable	1,2 mg
16	5 g	Ninguna	5 g – 0,0 mg	0,5 mg	Cilíndrica con botón	Acero inoxidable	1,6 mg
17	10 g	Ninguna	10 g + 0,1 mg	0,6 mg	Cilíndrica con botón	Acero inoxidable	2,0 mg
18	20 g	Ninguna	20 g – 0,1 mg	0,8 mg	Cilíndrica con botón	Acero inoxidable	2,5 mg
19	20 g	(*)	20 g + 0,2 mg	0,8 mg	Cilíndrica con botón	Acero inoxidable	2,5 mg
20	50 g	Ninguna	50 g + 0,6 mg	1,0 mg	Cilíndrica con botón	Acero inoxidable	3,0 mg
21	100 g	Ninguna	100 g + 0,5 mg	1,6 mg	Cilíndrica con botón	Acero inoxidable	5,0 mg
22	200 g	Ninguna	200 g + 1,8 mg	3,0 mg	Cilíndrica con botón	Acero inoxidable	10 mg
23	200 g	(*)	200 g + 0,6 mg	3,0 mg	Cilíndrica con botón	Acero inoxidable	10 mg

Tabla 4

Resultados de la calibración de pesas desde 500 g a 5 kg clase M1.

N°	Valor nominal	Identif.	Masa convencional	Incertidumbre	Forma	Material	E. M. P. M1
1	500 g	MM 023-1	500 g – 4 mg	8 mg	Cilíndrica con botón	Acero inoxidable	25 mg
2	1 kg	MM 024-1	1 kg + 3 mg	16 mg	Cilíndrica con botón	Acero inoxidable	50 mg
3	2 kg	MM 025-1	2 kg + 1 mg	30 mg	Cilíndrica con botón	Acero inoxidable	100 mg
4	5 kg	MM 026/1	5 kg + 11 mg	80 mg	Cilíndrica con botón	Acero inoxidable	250 mg

4.5 Discusión de resultados

El factor que influye directamente en el resultado de las mediciones para calibración de pesas y su incertidumbre asociada son las pesas patrones utilizadas y las balanzas donde se realiza la medición. Por tanto, se evalúa las características y especificaciones de los instrumentos en comparación con los requisitos exigidos por el procedimiento de calibración.

En la evaluación se consideró cuatro balanzas que tienen la función de comparar las masas y que tengan una resolución mínima para desempeñarse correctamente en las calibraciones:

a. Balanza con código interno MM 018 de 22 g de capacidad máxima de pesaje. La resolución mínima para uso de la balanza es de 0,01 mg; la balanza mencionada cumple el requisito de la ecuación (2), por tanto, se acepta como medio en la calibración de pesas de clases M1 para el rango de medición entre 1 mg y 500 mg.
b. Balanza con código interno MM 021 de 230 g de capacidad máxima de pesaje. La resolución mínima para uso de la balanza de 0,1 mg; la balanza mencionada cumple el requisito de la ecuación (2), por tanto, se acepta como medio en la calibración de pesas de la clase M1 para el rango de medición entre 1 g y 200 g.
c. Balanza con código interno MM 017 es de doble rango y de capacidades máximas 1010 g y 5200 g. La resolución mínima para cada rango es de 1 mg y 10 mg, respectivamente; la balanza mencionada cumple el requisito de la ecuación (2), por tanto, se acepta como

medio en la calibración de pesas de la clase M1 para el rango de medición de 500 g, 1 kg, 2 kg y 5 kg.

Para la evaluación de las pesas patrones se tiene en cuenta el criterio que sean de mejor clase de exactitud que las pesas a calibrar. Las pesas patrones utilizadas para la implementación son de clase F1, de nivel superior a las M1, por lo que cumplen el criterio y es posible utilizarlas para el desarrollo de las actividades de implementación y calibración.

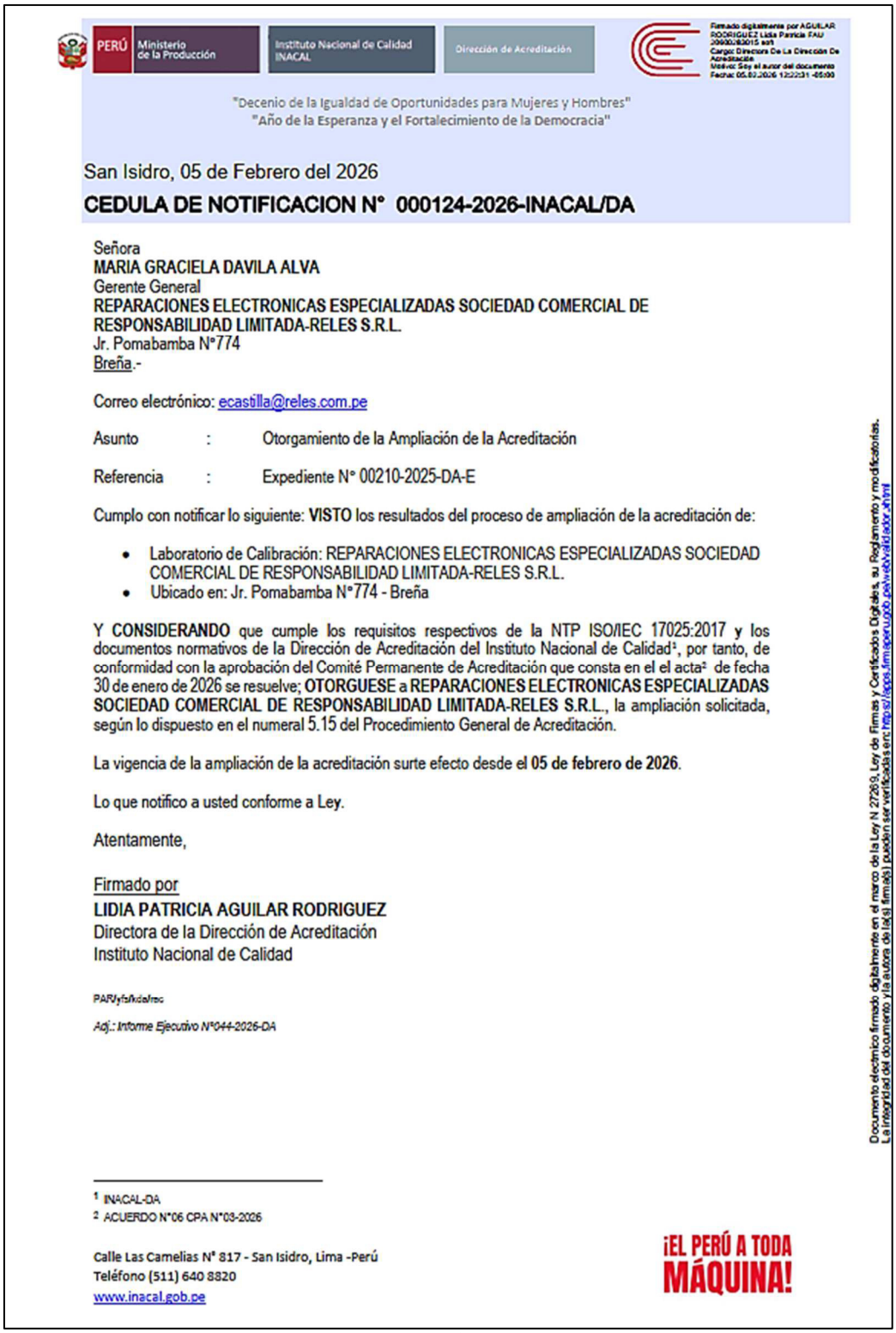
5. CONCLUSIONES

- Los instrumentos utilizados en el proceso de calibración, tales como balanzas, pesas patrón e instrumentos climáticos, fueron evaluados y verificados de acuerdo con los requisitos técnicos establecidos en el procedimiento PC-016 y norma NMP 004, de modo que los factores que contribuyen al resultado de medición, tales como, la clase de exactitud de pesa patrón, resolución del instrumento de pesaje, la temperatura ambiente, humedad relativa y presión atmosférica sean compatibles con pesas clase de exactitud M1.
- Se realizaron las caracterizaciones necesarias de los instrumentos de pesaje (desviación estándar poblacional), se verificó mediante un estudio del ambiente del laboratorio el cumplimiento de las condiciones requeridas para la temperatura y humedad relativa, las cuales se mantuvieron dentro de los rangos establecidos para la calibración de pesas M1, lo que garantizó la validez de las mediciones.
- Los resultados obtenidos en la calibración de pesas clase de exactitud M1 en el alcance de 1 mg hasta 5 kg fueron satisfactorios, evidenciados en los cálculos de masa convencional obtenidos para cada pesa calibrada. La incertidumbre expandida asociada cumplió con el criterio de conformidad **$U \leq 1/3$ EMP**, demostrando que el método aplicado es adecuado según NMP 004, de esta manera se garantiza la confiabilidad de los resultados.

- Se aseguró mediante análisis estadístico que las secuencias de pesadas son conformes o satisfactorios en el proceso de medición. El tratamiento de datos sospechosos se analiza mediante el estadístico z score, que permite identificar y excluir únicamente valores no representativos; mientras que la comparación mediante la prueba F de la desviación estándar experimental obtenida en el proceso de calibración y la desviación estándar poblacional histórica, evidenció que las balanzas operaron bajo control metrológico durante todo el proceso de calibración.
- Se implementó el procedimiento de calibración PC-016 para pesas clase de exactitud M1 conforme con los requisitos técnicos establecidos en la recomendación OIML R-111 (NMP 004) y con los criterios de competencia técnica de la NTP ISO/IEC 17025:2017.
- Se elaboró la documentación requerida por la NTP ISO/IEC 17025 y directrices del INACAL, incluyendo procedimientos internos, formatos de registro, plantillas de cálculo, evidencia de la capacidad de medición y calibración del laboratorio (CMC). Esta documentación permitió demostrar la competencia técnica del laboratorio y fue un elemento clave para sustentar la ampliación del alcance de acreditación otorgada por INACAL (ver Figura 35).
- Estos resultados satisfactorios constituyen un aporte significativo para el laboratorio RELES, permitiendo ofrecer servicios de calibración confiables y trazables dentro del alcance acreditado, y consolidando su posición como un proveedor competente dentro del sistema nacional de calidad.

Figura 35

Cédula de notificación del nuevo alcance de acreditación.



PERÚ Ministerio de la Producción | Instituto Nacional de Calidad INACAL | Dirección de Acreditación

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

San Isidro, 05 de Febrero del 2026

CEDULA DE NOTIFICACION N° 000124-2026-INACAL/DA

Señora
MARIA GRACIELA DAVILA ALVA
Gerente General
REPARACIONES ELECTRONICAS ESPECIALIZADAS SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA-RELES S.R.L.
Jr. Pomabamba N°774
Breña.-

Correo electrónico: ecastilla@reles.com.pe

Asunto : Otorgamiento de la Ampliación de la Acreditación

Referencia : Expediente N° 00210-2025-DA-E

Cumplo con notificar lo siguiente: **VISTO** los resultados del proceso de ampliación de la acreditación de:

- Laboratorio de Calibración: REPARACIONES ELECTRONICAS ESPECIALIZADAS SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA-RELES S.R.L.
- Ubicado en: Jr. Pomabamba N°774 - Breña

Y **CONSIDERANDO** que cumple los requisitos respectivos de la NTP ISO/IEC 17025:2017 y los documentos normativos de la Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad[1], por tanto, de conformidad con la aprobación del Comité Permanente de Acreditación que consta en el el acta[2] de fecha 30 de enero de 2026 se resuelve; **OTORGUESE** a **REPARACIONES ELECTRONICAS ESPECIALIZADAS SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA-RELES S.R.L.**, la ampliación solicitada, según lo dispuesto en el numeral 5.15 del Procedimiento General de Acreditación.

La vigencia de la ampliación de la acreditación surte efecto desde el **05 de febrero de 2026**.

Lo que notifico a usted conforme a Ley.

Atentamente,

Firmado por
LIDIA PATRICIA AGUILAR RODRIGUEZ
Directora de la Dirección de Acreditación
Instituto Nacional de Calidad

PAR/yfs/lvda/rac

Adj.: Informe Ejecutivo N°044-2026-DA

[1] INACAL-DA
[2] ACUERDO N°06 CPA N°03-2026

Calle Las Camelias N° 817 - San Isidro, Lima -Perú
Teléfono (511) 640 8820
www.inacal.gob.pe

¡EL PERÚ A TODA MÁQUINA!

Documento electrico firmado digitalmente en el marco de la Ley N 27269, Ley de Firmas y Certificados Digitales, su Reglamento y modificatorias.
La integridad del documento y la autoria de la(s) firma(s) pueden ser verificadas en: https://apps.firmaperu.gob.pe/web/validador.xhtml

Nota. Tomado de *CÉDULA DE NOTIFICACIÓN N°000124-2026*, por L. P. Aguilar, 2026, Dirección de Acreditación del INACAL.

6. RECOMENDACIONES

- Se debe analizar a profundidad los aspectos técnicos al momento de elegir los patrones, accesorios e instrumentos climáticos para el desarrollo pleno del procedimiento de calibración.
- Es necesario una revisión exhaustiva del procedimiento de calibración, la norma NMP 004, las directrices del INACAL y otros documentos mencionados en la bibliografía, dado que existen terminologías e interpretaciones especializadas.
- El personal responsable de la implementación debe tener conocimiento de la NTP ISO/IEC 17025, se recomienda que este haya llevado cursos de interpretación y documentación de esta.
- Los formatos para registrar la evidencia de las actividades del laboratorio fueron enfocados a cumplir con los requisitos de la NTP ISO/IEC 17025, estos pueden ser modificados o cambiados según las necesidades del laboratorio o según los cambios de las normativas vigentes.
- Los documentos internos elaborados se deben enfocar a la realidad del laboratorio y al cumplimiento de la NTP ISO 17025, las directrices y reglamentos publicados por el INACAL.
- La auditoría interna debe cubrir todos los requisitos de la NTP ISO/IEC 17025, y se debe realizar las veces que sean necesarias para poder asegurar el cumplimiento de los requisitos.
- Debemos ser transparentes en la evaluación y revisión de nuestros documentos por parte del ente acreditador para una acreditación con mínimas observaciones encontradas.

REFERENCIAS

Carrión. (2023). *Plan de negocio de un laboratorio químico acreditado en mina*. Lima, Perú.

Gálvez. (2023). *Implementación de requisitos para la competencia técnica en procedimientos de calibración en equipos de pesaje y masa de referencia en la empresa SIMSAC*. Callao, Perú.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2017). NTP ISO/IEC 17025:2017. *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*. Lima, Perú.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2018). DA-acr-09D. *Directriz para la evaluación de la incertidumbre de la medición*. Lima, Perú.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2018). DA-acr-12D. *Criterios para la trazabilidad de las mediciones*. Lima, Perú.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2019). DA-acr-06D. *Directriz para la acreditación de ensayo y calibración*. Lima, Perú.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2020). DA-acr-13D. *Directriz de criterios para la participación en ensayos de aptitud/comparaciones interlaboratorio*. Lima, Perú.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2026). *Laboratorios de calibración: alcances por empresa*. https://www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/alcance-acreditados-laboratorio-calibracion

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (s.f.). *Información institucional*. https://www.gob.pe/institucion/inacal/institucional

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2007). NMP 004. *Pesas de clases de exactitud E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3 y M3*. Lima, Perú.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2015). PC-016. *Procedimiento para la calibración de pesas de clases de precisión*. Lima, Perú.

Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM). (2012). *Vocabulario internacional de metrología. Conceptos básicos y generales, y términos asociados (VIM) (JCGM 200:2012)*. Instituto Nacional de Calidad (INACAL). https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/5/jer/boletinmetrologia/files/VIM_2012_%20INACAL.pdf

Ortiz. (2023). *Implementación y acreditación de un procedimiento para la calibración de pesas de clase de exactitud M2 y M3 en cumplimiento con los requisitos de la NTP ISO/IEC 17025:2017*. Callao, Perú.

Programa Nacional de Investigación Científica y Estudios Avanzados (PROCIENCIA). (2023). *Acreditación de laboratorios*. https://prociencia.gob.pe/2023/10/acreditacion-de-laboratorios/

RELES S.R.L. (s.f.). *Sobre nosotros*. https://www.reles.com.pe/about

ANEXOS

A. Informe de validación de la hoja de cálculo para la calibración de pesas de precisión, ver Figura 36.

Figura 36

Informe de validación de la hoja de cálculo.

INFORME DE VALIDACIÓN

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Fecha de emisión : 2024-09-26

DIVISIÓN: MASA

VAM-001-2024

VALIDACIÓN DEL LIBRO DE EXCEL RE - PC-016.01 Rev. 00 PARA LA CALIBRACIÓN DE PESAS DE PRECISIÓN CLASES E2, F1, F2, M1.

1.- OBJETIVOS

Comparar los resultados obtenidos por el libro de cálculo con los obtenidos por el cálculo manual, evaluar el indice de compatibilidad, si el resultado es satisfactorio entonces los resultados que se reporten por este medio son validados y si en caso el resultado no es satisfactorio se tiene que volver a revisar el libro de cálculo y proceder a una nueva evaluación.

2.- APLICACIÓN

La validación aplica al Libro de Excel de código: RE-PC-016.01 Rev. 00.

3.- DESCRIPCIÓN DEL LIBRO DE EXCEL A VALIDAR

El Libro de Excel RE-PC-016.01 Rev. 00, consta de las siguiente hojas de cálculo:

Instrucciones	Datos	Dat-Cal	Dat-Pat	Cál-Correc	Incert-Pesa	Print P 1-1	Print JP 1-1	Print P 1-2

A continuación se da una descripción de cada hoja de cálculo:

a) Instrucciones: Contiene una descripción del alcance, uso y restricciones del libro de Excel.

b) Datos : Hojas del registro de calibración que corresponde a los datos tomados en la medición.

c) Dat-Pat: Contiene los datos de las pesas patrones que se estan utilizando como son: masa convencional, incertidumbre, deriva, errores máximos permitidos. Cálculos de interpolación de temperatura, humedad y presión.

d) Cálc-Correc: Contiene los cálculos de correción de la masa convencional debido al empuje del aire.

e) Incert-Pesa: Esta hoja realiza el cálculo de todos los aportes que puedan presentarse durante la calibración según el procedimiento PC-016. También reporta el presupuesto de incertidumbre expandida de la pesa calibrada.

f) Print P1-1, Print JP1-1: Esta hoja de cálculo es la presentación a imprimir y entregar al Cliente, solo contiene una página y consta de las siguientes partes :

1. Cliente
2. Dirección
3. Procedimeinto de Calibración
4. Método de Calibración
5. Patrones de referencia y trabajo
6. Instrumento Calibrado
7. Condiciones de referencia (Lugar y condiciones ambientales)
8. Fecha

g) Print P1-2: Esta hoja de cálculo es la presentación a imprimir y entregar al Cliente, solo contiene una página, consta de las siguientes partes :

9. Resultados de medición
10. Observaciones

ELABORADO POR	REVISADO POR
Firma :	Firma :
Nombre : Daniel Liñan Diaz	Nombre : Daniel Liñan Diaz.
CARGO : Responsable de División	CARGO : Responsable de División

B. Criterio para la evaluación de la equivalencia de los resultados en la validación de la hoja de cálculo para calibración de pesas, ver Figura 37.

Figura 37

Criterio para la evaluación de la equivalencia de los resultados.

CRITERIO PARA LA EVALUACIÓN DE LA EQUIVALENCIA DE LOS RESULTADOS

MÉTODO: Error normalizado.

$$E_N = \frac{|X_1 - X_2|}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2}} \leq 1 \quad \text{.....}$$

MÉTODO: Diferencia de los valores de indicación

$$\Delta I = |X_1 - X_2| \leq 0{,}000001 \quad \text{.....}$$

Donde :

E_N : Error normalizado.
X_1 : Corrección de la pesa por el cálculo manual.
X_2 : Corrección de la pesa por la hoja de cálculo.
U_1: Incertidumbre asociada al X_1.
U_2: Incertidumbre asociada al X_2.
ΔI : Diferencia entre los valores del cálculo manual y la hoja de excel.

C. Creación de formatos

Elaborar los documentos internos para cumplir con los requisitos técnicos de la NTP ISO/IEC 17025. Con la revisión e interpretación de los documentos externos se desarrollaron los procedimientos internos del laboratorio de calibración para cumplir con los requisitos de la NTP ISO/IEC 17025. En la Tabla 5 se indican los procedimientos internos desarrollados.

Tabla 5

Procedimientos e instructivos desarrollados.

TÍTULO	REGISTRO
Procedimiento de Aseguramiento de la calidad	P-LCA-10
Procedimiento de Estimación de la Incertidumbre	P-LCA-06
Procedimiento de instalación y condiciones ambientales	P-LCA-05
Procedimiento de Gestión de Calibración	P-LCA-12
Procedimiento de Entrega de Autorizaciones	P-LCA-03
Procedimiento de Transporte y Manipulación de equipos	P-LCA-09
Procedimiento de Emisión de Informes de Calibración	P-LCA-11
Procedimiento de Equipos	P-LCA-04
Procedimiento de Control de Datos	P-LCA-07
Procedimiento de Verificaciones Intermedias	P-LCA-08

Nota. Adaptado de *Sistema Integrado de Gestión*, por RELES S.R.L, s. f., http://192.168.1.51:100/INTRANET2V/login.php

Algunas actividades desarrollas en los procedimientos internos:

- Actividades desarrolladas del procedimiento interno P-LCA-03:

El procedimiento interno está enfocado en indicar las actividades que realiza el laboratorio para poder autorizar al personal que revisa y autoriza los certificados de calibración, supervisa al personal técnico y realiza las actividades de calibración.

- Actividades desarrolladas del procedimiento interno P-LCA-05:

Este procedimiento hace referencia al control de del laboratorio y comprobar el estado de las instalaciones de manera periódica.

- **Actividades desarrolladas del procedimiento interno P-LCA-10**

Las actividades de aseguramiento de la calidad son realizadas para realizar el seguimiento y las posibles desviaciones que puedan afectar la validez de los resultados de las calibraciones.