

## INFORME DE RESULTADOS DE SEGUNDA COMPARACIÓN NACIONAL EN CALIBRACIÓN DE BALANZAS MB-09 (CHILE)

Francisco García<sup>1</sup>, Manuel Lladser<sup>2</sup>, Fernando Leyton<sup>1</sup>, Raúl Hernández<sup>1</sup>, Carla Araneda<sup>3</sup>, Claudio Durán<sup>4</sup>, Javier Fernández<sup>5</sup>, Roberto Morales<sup>6</sup>, Ricardo Muñoz<sup>7</sup>, Carolina Osorio<sup>8</sup>, Neru Pacheco<sup>9</sup>, Carlos Pezoa<sup>10</sup>, Ernesto Riquelme<sup>11</sup>, Mario Rojas<sup>12</sup>, Juan Sáez<sup>13</sup>, Juan Soto<sup>14</sup>, José Villanueva<sup>15</sup>

<sup>1</sup>LCPN-M, Red Nacional de Metrología, CESMEC S.A., Av. Marathon 2595, Macul, Chile.  
Teléfono: 56-2-3502185. fgarcia@cesmec.cl

<sup>2</sup>Unidad de Coordinación y Supervisión, Red Nacional de Metrología, Instituto Nacional de Normalización. Matías Cousiño 64, Piso 6, Santiago, Chile. Teléfono: 56-2-4458800. manuel.lladser@inn.cl

<sup>3</sup>Sociedad Tecnológica Metro Quality Ltda. Concha y Toro 2760, Puente Alto, Chile.

<sup>4</sup>Servicios Pesamatic S.A., Ernesto Pinto Lagarrigue N° 148, Santiago, Chile

<sup>5</sup>Metrología Covery S.A., Av. Los Cerrillos 75, Cerrillos, Chile.

<sup>6</sup>MORITT S.A., Merino 88, Curicó.

<sup>7</sup>Instituto de Investigaciones y Control del Ejército. Av. Pedro Montt 2122, Santiago.

<sup>8</sup>Servicio Metrología Integral, Carmen 1760, Santiago.

<sup>9</sup>Instrumentos Científicos CIENTEC S.A., Av. Miguel Claro 815, Santiago.

<sup>10</sup>LIEMUN Antofagasta-Universidad Católica del Norte, Avda. Angamos 610, Antofagasta.

<sup>11</sup>CODELCO Chile - División CODELCO Norte, Av 11 Norte 1291 Villa Exotica, Calama, Chile.

<sup>12</sup>ROSTEK Servicio S.A., Sucre 1447, Ñuñoa, Chile

<sup>13</sup>Precisión Servicio S.A., Av. Ejército 521, Santiago.

<sup>14</sup>MADECO Brass Mills S.A., San Francisco 4760, Santiago, Chile.

<sup>15</sup>DTS Ltda., Rosas 1444, Santiago, Chile.

**Resumen:** En este documento se presentan los resultados de la comparación de balanzas realizada en Chile, en el año 2009, bajo el código MB-09.

### 1. INTRODUCCIÓN

Internacionalmente es reconocido que la participación en intercomparaciones, constituye una actividad fundamental para aportar evidencia sobre la competencia de un laboratorio, en actividades de calibración o ensayo.

En Chile, la Red Nacional de Metrología (RNM), a través de su Unidad de Coordinación y Supervisión, ubicada en el Instituto Nacional de Normalización (INN), en conjunto con los Laboratorios Custodios de Patrones Nacionales (LCPNs), ha organizado varias actividades de comparación de indudable utilidad para los laboratorios de calibración y ensayo de la industria. En el marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo del Comité Internacional de Pesas y Medidas [1], INN es el Instituto Nacional de Metrología de Chile y los LCPNs son los Institutos Designados.

En el ámbito de metrología de masa, entre los años 2003 y 2004, se realizó una comparación en la calibración de balanzas, al término de la cual se

produjo un gran intercambio de ideas entre los laboratorios participantes y el LCPN-Masa, que fue de utilidad para aclarar dudas y uniformar criterios.

En el año 2009, en el marco del Proyecto Recurrente de Metrología Física, se decidió volver a realizar una comparación nacional en la calibración de una balanza, dado que las capacidades de los laboratorios de calibración en la industria han cambiado y nuevos laboratorios están empezando a prestar servicios en esta área.



**Fig. 1** Logotipo de la Red Nacional de Metrología

Se decidió realizar una convocatoria amplia para difundir la actividad metrológica; toda clase de laboratorios fueron invitados a participar, independientemente de que fueran laboratorios acreditados, en proceso de acreditación o de otros sectores de la industria.

## 2. OBJETIVO

Este ejercicio de comparación se realizó con los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar grados de equivalencia y nivel de acuerdo de las mediciones [1] de los laboratorios participantes con el Laboratorio Custodio de los Patrones Nacionales de Masa, LCPN-M.
- Facilitar a los laboratorios participantes la ejecución de medidas de "Aseguramiento de la calidad de los resultados" de acuerdo a la sección 5.9 de NCh-ISO 17025.Of2005 [2] y el cumplimiento del requisito del Sistema Nacional de Acreditación del INN establecido en el Doc. DA-D01 [3]

## 3. ORGANIZACIÓN

### 3.1 Coordinación

La coordinación de la presente comparación fue asumida por el Dr. Manuel Lladser de la Unidad de Coordinación y Supervisión de la RNM y desempeñó las siguientes funciones:

- Difusión de la actividad a nivel nacional.
- Organización y coordinación, en conjunto con el LCPN-Masa, de un taller al cierre de la comparación, en donde se realizó una discusión en conjunto con los participantes sobre los resultados.
- Asignación a cada participante de un Código (MB-09-XX) con el cual se identificó e informaron sus resultados.
- Definición de un programa para la ronda de comparación, con fechas, nombre de los laboratorios participantes y un representante directamente involucrado con las actividades técnicas del laboratorio.
- Recopilación de los resultados de cada laboratorio, para su consolidación codificada y posterior envío a CESMEC-LCPN-M para su análisis.

- Distribución entre los participantes del informe de la comparación entregado por CESMEC-LCPN-M (Informe B, interino e Informe A, final).

### 3.1 Por su parte, el LCPN-Masa:

- Preparó el protocolo para la comparación [4].
- Definió el valor de referencia, para lo que realizó una calibración al inicio y al final de la ronda de intercomparación, con los que se estableció el valor de referencia.
- Preparó un Informe B (interino) y A (Final) con los resultados de la comparación consolidados por el Coordinador.
- Actuó como facilitador en los talleres de inicio y cierre de la comparación.
- Ofreció asumir, a través de la persona del Sr. Fernando Leyton, Jefe del Laboratorio, cualquier daño en el instrumento utilizado en el marco de la comparación, dada la dificultad para conseguir seguros en el marco de estas actividades.

### 3.2 En cuanto a los participantes, se estableció:

- Realizar el pago de un arancel de participación por el monto de CH\$ 80 000 exento de IVA, con la finalidad de solventar los costos asociados a esta actividad.
- Respetar lo indicado en el protocolo de comparación.
- Informar diligentemente, dentro del programa que defina el Coordinador, los resultados de sus mediciones.
- Designar un representante, directamente involucrado con las actividades técnicas del laboratorio, para el intercambio de información con el Coordinador.
- Confirmar, previamente a las mediciones, que la balanza se encuentra nivelada y que no hay vibraciones, corrientes de viento, etc. que a su mejor nivel de conocimiento puedan poner en duda la calidad de las mediciones que ejecutará.
- Permitir que las pesas patrones utilizadas se ambienten a la temperatura de la sala por una media hora; estas pesas son propiedad de cada participante. Proceder de igual manera con la balanza.
- Para asegurar la comparabilidad de los resultados, se pidió a los participantes no realizar el ajuste de la balanza; este fue realizado diariamente por el LCPN-M.
- En caso de ser necesario, limpiar el receptor del instrumento con un paño o brocha suave.

- Enviar una copia del Formulario de Revisión Inicial al Dr. Manuel Lladser, dentro de las 24 horas siguientes a la ejecución de las mediciones, con la finalidad de entregar una constancia de las condiciones de la balanza.
- Evaluar y enviar los resultados mediante la planilla Excel [5], suministrada por correo, a más tardar 5 días después de ejecutada la calibración. La clave es "metrologia3889"

Los participantes de esta comparación fueron las mismas instituciones a las que pertenecen las personas co-autoras de este documento.

### 3.3 Instrumento utilizado en la comparación:

El objeto calibrado por los laboratorios fue una balanza de 5100 g de capacidad máxima, 5 g de capacidad mínima y 0.1 g de intervalo de división de escala. Modelo: PB5001-L, fabricante: Mettler-Toledo.

Este instrumento fue gentilmente facilitado por Precisión S.A.

Se acordó que la calibración se ejecutaría en los siguientes valores nominales: 200 g, 500 g, 1 kg, 2 kg, 3 kg, 5 kg.

La balanza fue instalada en el Laboratorio Custodio de los Patrones Nacionales de Masa.

### 3.4 Modelo de medida.

El modelo de medida fue especificado en el protocolo [4] de la comparación e implementado en la planilla de cálculo [5] repartida a los laboratorios. Dada la exactitud de la balanza, las condiciones generales de medida y el que los laboratorios en general se están poco a poco introduciendo en los aspectos relacionados con la evaluación de la incertidumbre, se optó por el uso de un modelo relativamente sencillo, que correspondería a una simplificación del planteado en [6], pero no por ello menos adecuado a las condiciones de calibración y características del instrumento.

## 4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos por el laboratorio piloto, el LCPN-Masa, antes y después de la calibración se presentan en la Tabla 1; a partir de ellos se definió el valor de referencia mediante el promedio de los valores determinados al inicio y término de la actividad de comparación (Tabla 1); la incertidumbre expandida se evaluó considerando las recomendaciones de la GUM [7].

En las tablas 2 a 7 se presentan, por cada valor nominal, la diferencia entre el valor informado por cada laboratorio y el valor informado por el laboratorio piloto, junto con el respectivo error normalizado [8].

**Tabla 1** Resultados obtenidos por el LCPN y valor de referencia para la comparación

Valor nominal / g	Resultados obtenidos por el LCPN-M antes de la ejecución de la actividad de comparación		Resultados obtenidos por el LCPN-M al término de la ejecución de la actividad de comparación		Valores de referencia para cada valor nominal.	
	Error /g	Incertidumbre 95 % (k=2) /g	Error / g	Incertidumbre 95 % (k=2) /g	Error / g	Incertidumbre 95 % (k=2) /g
200	-0.10	0.08	-0.10	0.13	-0.10	0.15
500	-0.12	0.09	-0.10	0.13	-0.11	0.16
1000	-0.24	0.10	-0.30	0.13	-0.27	0.16
2000	-0.50	0.08	-0.50	0.13	-0.50	0.15
3000	-0.80	0.08	-0.80	0.13	-0.80	0.15
5000	-1.36	0.10	-1.30	0.13	-1.33	0.16

**Tabla 2** Resultados informados por cada laboratorio y diferencia encontrada respecto del valor de referencia en el valor nominal 200 g

Código	Diferencia respecto de referencia / g	Incertidumbre expandida de la diferencia / g	Error normalizado
MB-09-01	0.06	0.21	0.28
MB-09-07	0.06	0.17	0.35
MB-09-11	0.0	0.2	0.00
MB-09-18	0.00	0.84	0.00
MB-09-22	0.00	0.28	0.00
MB-09-27	0.00	0.17	0.00
MB-09-36	0.10	0.20	0.50
MB-09-38	0.08	0.17	0.47
MB-09-58	0.10	0.17	0.58
MB-09-66	0.10	0.20	0.50
MB-09-73	0.02	0.21	0.09
MB-09-80	0.00	0.17	0.00
MB-09-90	0.1	0.2	0.33
MB-09-99	0.00	0.17	0.00

**Tabla 4** Resultados informados por cada laboratorio y diferencia encontrada respecto del valor de referencia en el valor nominal 1000 g

Código	Diferencia respecto de referencia / g	Incertidumbre expandida de la diferencia / g	Error normalizado
MB-09-01	-0.01	0.22	-0.04
MB-09-07	0.01	0.18	0.06
MB-09-11	0.0	0.2	-0.16
MB-09-18	-0.03	0.84	-0.04
MB-09-22	-0.01	0.29	-0.03
MB-09-27	-0.03	0.18	-0.18
MB-09-36	0.06	0.21	0.28
MB-09-38	0.06	0.17	0.35
MB-09-58	0.07	0.18	0.39
MB-09-66	0.01	0.21	0.05
MB-09-73	-0.01	0.22	-0.04
MB-09-80	-0.03	0.18	-0.18
MB-09-90	-0.03	0.18	-0.16
MB-09-99	-0.03	0.18	-0.16

**Tabla 3** Resultados informados por cada laboratorio y diferencia encontrada respecto del valor de referencia en el valor nominal 500 g

Código	Diferencia respecto de referencia / g	Incertidumbre expandida de la diferencia / g	Error normalizado
MB-09-01	0.01	0.21	0.05
MB-09-07	0.01	0.17	0.06
MB-09-11	-0.1	0.2	-0.48
MB-09-18	-0.07	0.84	-0.09
MB-09-22	-0.01	0.29	-0.03
MB-09-27	0.01	0.18	0.06
MB-09-36	0.01	0.20	0.05
MB-09-38	0.01	0.17	0.04
MB-09-58	0.01	0.18	0.06
MB-09-66	0.01	0.20	0.05
MB-09-73	0.01	0.21	0.05
MB-09-80	0.01	0.18	0.06
MB-09-90	0.01	0.18	0.06
MB-09-99	0.01	0.18	0.06

**Tabla 5** Resultados informados por cada laboratorio y diferencia encontrada respecto del valor de referencia en el valor nominal 2000 g

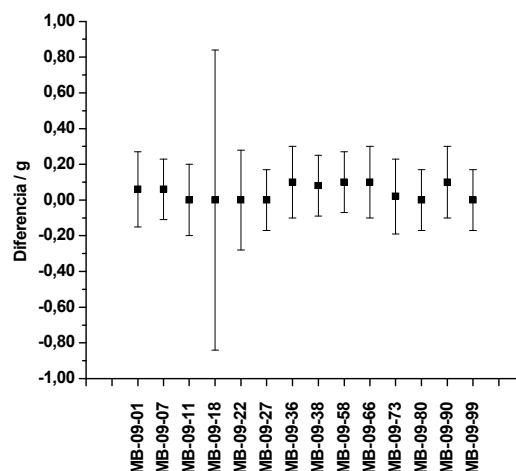
Código	Diferencia respecto de referencia / g	Incertidumbre expandida de la diferencia / g	Error normalizado
MB-09-01	0.01	0.21	0.05
MB-09-07	0.00	0.16	0.00
MB-09-11	-0.1	0.2	-0.55
MB-09-18	-0.01	0.84	-0.01
MB-09-22	-0.01	0.28	-0.03
MB-09-27	0.00	0.17	0.00
MB-09-36	-0.03	0.22	-0.13
MB-09-38	0.00	0.17	-0.02
MB-09-58	0.00	0.18	0.00
MB-09-66	0.00	0.20	0.00
MB-09-73	0.00	0.21	0.00
MB-09-80	0.00	0.17	0.00
MB-09-90	-0.02	0.18	-0.11
MB-09-99	0.10	0.17	0.59

**Tabla 6** Resultados informados por cada laboratorio y diferencia encontrada respecto del valor de referencia en el valor nominal 3000 g

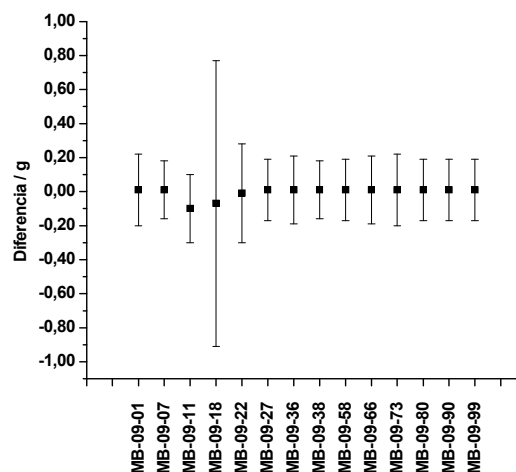
Código	Diferencia respecto de referencia / g	Incertidumbre expandida de la diferencia / g	Error normalizado
MB-09-01	0.00	0.20	0.00
MB-09-07	0.02	0.16	0.12
MB-09-11	0.0	0.2	0.00
MB-09-22	-0.01	0.28	-0.03
MB-09-27	0.00	0.17	-0.02
MB-09-36	-0.02	0.25	-0.08
MB-09-38	0.07	0.17	0.40
MB-09-58	0.10	0.17	0.58
MB-09-66	0.00	0.20	0.00
MB-09-73	-0.01	0.20	-0.05
MB-09-80	0.00	0.17	-0.02
MB-09-90	0.00	0.17	0.00
MB-09-99	0.19	0.17	1.13

**Tabla 7** Resultados informados por cada laboratorio y diferencia encontrada respecto del valor de referencia en el valor nominal 5000 g

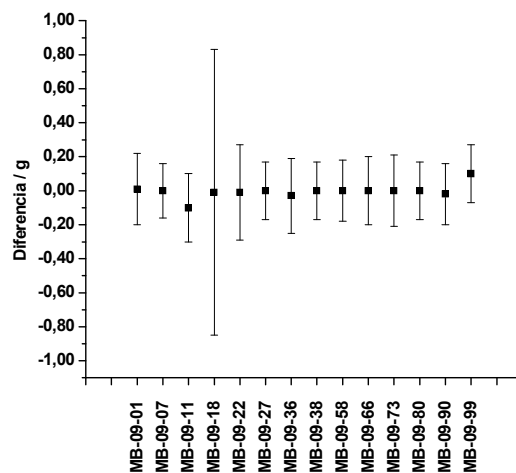
Código	Diferencia respecto de referencia / g	Incertidumbre expandida de la diferencia / g	Error normalizado
MB-09-01	-0.07	0.21	-0.33
MB-09-07	0.03	0.17	0.18
MB-09-11	0.03	0.19	0.16
MB-09-18	0.12	0.84	0.14
MB-09-22	0.01	0.29	0.04
MB-09-27	-0.08	0.18	-0.44
MB-09-36	-0.10	0.32	-0.31
MB-09-38	0.03	0.19	0.14
MB-09-58	0.11	0.20	0.55
MB-09-66	-0.07	0.21	-0.34
MB-09-73	-0.08	0.21	-0.38
MB-09-80	-0.08	0.18	-0.44
MB-09-90	-0.07	0.18	-0.39
MB-09-99	0.01	0.18	0.06



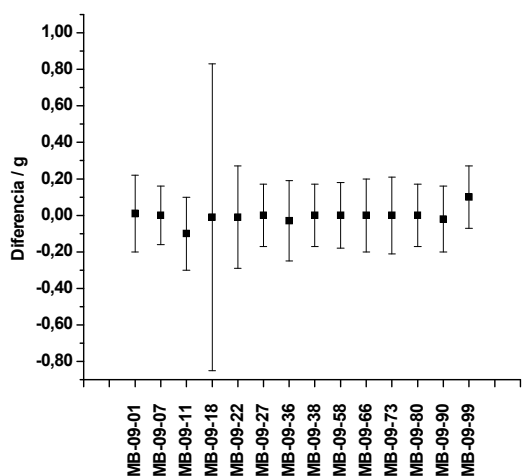
**Fig. 2** Diferencia entre el valor de error determinado por cada laboratorio y el LCPN-Masa para 200 g



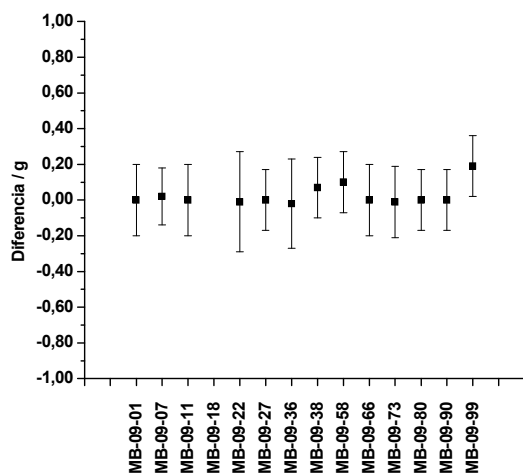
**Fig. 3** Diferencia entre el valor de error determinado por cada laboratorio y el LCPN-Masa para 500 g



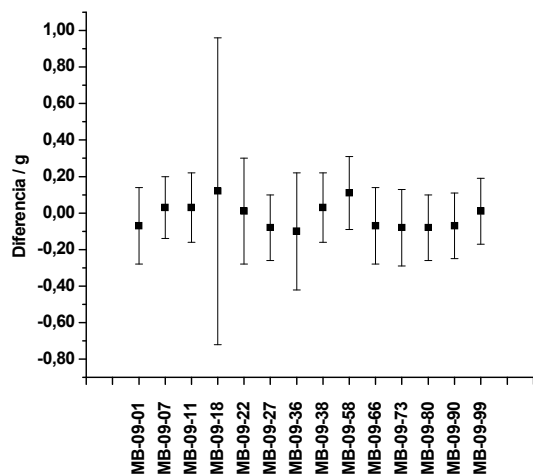
**Fig. 4** Diferencia entre el valor de error determinado por cada laboratorio y el LCPN-Masa para 1000 g



**Fig. 5** Diferencia entre el valor de error determinado por cada laboratorio y el LCPN-Masa para 2000 g



**Fig. 6** Diferencia entre el valor de error determinado por cada laboratorio y el LCPN-Masa para 3000 g



**Fig. 7** Diferencia entre el valor de error determinado por cada laboratorio y el LCPN-Masa para 5000 g

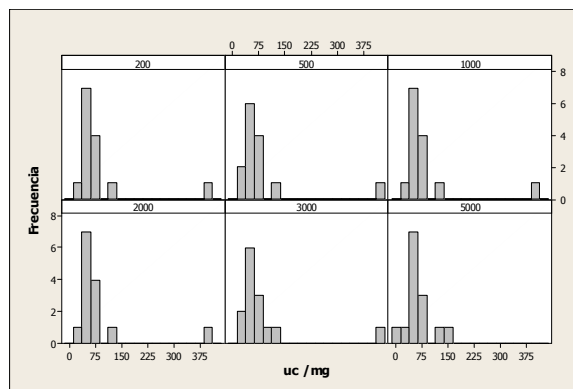
## 5. DISCUSIÓN

Una vez preparado el informe final de la comparación, se realizó una reunión en las instalaciones de INN con los participantes para conversar sobre los resultados y conceptos metroológicos generales.

Hubo acuerdo unánime sobre la conveniencia de seguir realizando este tipo de actividades, pues no solamente cumplen con los objetivos señalados en la sección 2, sino porque también son una oportunidad de intercambio de experiencias.

En cuanto a los resultados, luego de una inspección de las Tablas 2 a 7, se puede concluir que existe un buen nivel de acuerdo entre los resultados informados por los laboratorios y el valor de referencia, pues todos los valores de error normalizado son menores que 1, excepto en el caso de un resultado informado para 3000 g, cuyo error normalizado es ligeramente mayor a 1.

En la Figura 8 se presentan histogramas de la incertidumbre estándar de los resultados, por valor nominal. Se puede observar que la mayoría de laboratorios informó valores bastante similares, lo que implica capacidades de medida similar para la calibración de la balanza usada, como objeto de la comparación.



**Fig. 8** Histogramas de la contribución de la incertidumbre estándar de los resultados, por valor nominal

La información de las tablas de presupuesto de la incertidumbre de cada laboratorio es resumida en la Figura 9; para facilitar una visión general de la información se colocaron todos los histogramas en un mismo gráfico en desmedro de la calidad de

impresión, pero en todo caso se pueden revisar en la presente, la versión electrónica de este documento usando la herramienta de zoom. En el eje horizontal de la Figura 9 se indica la contribución a la incertidumbre estándar combinada en mg y en el eje vertical se informa la frecuencia o el número de laboratorios que informaron cada valor.

Se puede apreciar que, en general, la menor contribución a la incertidumbre provino de los patrones de masa utilizados por los laboratorios (correcciones informadas en los certificados de calibración de los patrones) mientras que la principal

contribución a la incertidumbre se debió a la excentricidad y resolución de la balanza, lo que corresponde justamente a la situación deseable en que la contribución de los patrones de los laboratorios sea menor a la del instrumento a calibrar. Se puede también indicar que hay un laboratorio que sobrestimó la contribución de la resolución a la incertidumbre, en el sentido que sus estimaciones de la contribución de la excentricidad y resolución de la balanza fueron significativamente mayores a las del resto.

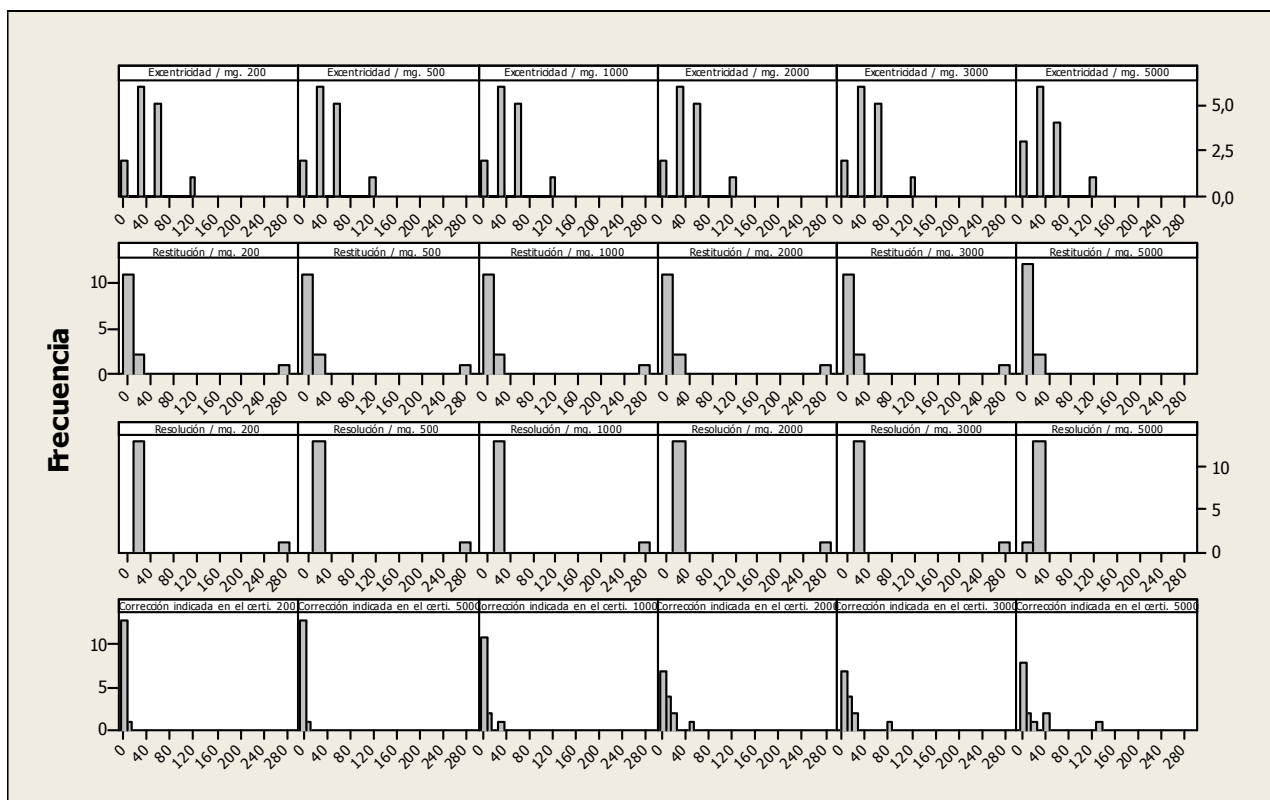


Fig. 9 Histogramas de la contribución de cada variable (en mg) de influencia por valor nominal

Finalmente, se pudo advertir falta de uniformidad en el uso de las cifras significativas por parte de los laboratorios al informar sus resultados; en este sentido se recomendó a los participantes considerar las indicaciones de la sección 7 de la referencia [7]).

**6. CONCLUSIÓN**

A nivel general, se puede concluir que existe un buen nivel de acuerdo entre los resultados informados por los laboratorios y el valor de

referencia, excepto en el caso de un resultado informado para 3000 g, cuyo error normalizado es ligeramente mayor a 1.

**REFERENCIAS**

[1] International Committee for Weights and Measures. 14 de October de 1999. [http://www.bipm.org/utlis/en/pdf/mra\\_2003.pdf](http://www.bipm.org/utlis/en/pdf/mra_2003.pdf).  
 [2] Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

- Instituto Nacional de Normalización. NCh-ISO17025.Of2005.
- [3] Instituto Nacional de Normalización. [http://www3.inn.cl/pdfs/acreditacion/cacreditars\\_e/DA-D01\\_v01-Directrices-ensayos-aptitud-otras-comparaciones.pdf](http://www3.inn.cl/pdfs/acreditacion/cacreditars_e/DA-D01_v01-Directrices-ensayos-aptitud-otras-comparaciones.pdf). Directrices para la participación en ensayos de aptitud y otras comparaciones para laboratorios. [http://www3.inn.cl/pdfs/acreditacion/cacreditars\\_e/DA-D01\\_v01-Directrices-ensayos-aptitud-otras-comparaciones.pdf](http://www3.inn.cl/pdfs/acreditacion/cacreditars_e/DA-D01_v01-Directrices-ensayos-aptitud-otras-comparaciones.pdf). DA-D01.
- [4] CESMEC-LCPN-Masa. Protocolo de Intercomparación en Calibración de Balanzas. [www.metrologia.cl](http://www.metrologia.cl). [http://www.metrologia.cl/medios/PROT\\_INTER\\_C\\_BALANZA\\_20091019.doc](http://www.metrologia.cl/medios/PROT_INTER_C_BALANZA_20091019.doc).
- [5] CESMEC-LCPN-Masa. Planilla utilizada en comparación de balanzas 2009. [www.metrologia.cl](http://www.metrologia.cl). [http://www.metrologia.cl/medios/Planilla\\_Res\\_Cert\\_Cal\\_Balanzas\\_2009\\_09\\_30.XLS](http://www.metrologia.cl/medios/Planilla_Res_Cert_Cal_Balanzas_2009_09_30.XLS).
- [6] Euramet e.V. Guidelines on the Calibration of Non-Automatic Weighing Instruments. Calibration Guides. [http://www.euramet.org/index.php?id=calibration-guides\\_cg-18](http://www.euramet.org/index.php?id=calibration-guides_cg-18).
- [7] Bureau International des Poids et Mesures. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement. Guides in Metrology. [http://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM\\_100\\_2008\\_E.pdf](http://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf). JCGM 100:2008.
- [8] Mutual Recognition of Calibration Services of National Metrology Institutes. NORAMET. 1998. NORAMET Document No. 8.