

PROPUESTA PARA LA DECLARACIÓN ARMONIZADA DE CMC EN EL MARCO DE ACREDITACIONES DE LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE PESAJE NO AUTOMÁTICOS

Francisco García
CESMEC-LCPN-M (Red Nacional de Metrología),
Centro de Estudios, Medición y Certificación de Calidad, CESMEC S.A.
Av. Marathon 2595, 781-0552 Macul, Chile
Teléfono: 56-2-3502185
e-mail: fgarcia@metrologia.cl

Resumen: En este documento se presenta una propuesta para ser utilizada en la preparación de las declaraciones de Capacidades de Medida y Calibración por parte de los laboratorios acreditados por el Instituto Nacional de Normalización de Chile en los servicios de calibración de instrumentos de pesaje no automáticos. La propuesta permite alcanzar una simplificación significativa en relación con las declaraciones actuales. Se presentan ejemplos al final del artículo.

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento se emite como una propuesta para la declaración de Capacidades de Medida y Calibración (CMC) [1] de laboratorios acreditados, de manera que estas sean iguales para organizaciones con capacidades similares, facilite las actividades administrativas del organismo de acreditación y, sobre todo, la comprensión de los clientes sobre el alcance de los servicios y para cuando requieran compararlos entre sí.

La preparación de este documento fue comprometida por CESMEC-LCPN-Masa en el marco de los compromisos alcanzados al término del "Taller de Armonización" realizado en los días 14 y 15 de diciembre de 2009 en el cual participaron los Institutos Designados del país, laboratorios de calibración acreditados y el organismo de acreditación del Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). Es conveniente indicar que el contenido de este informe es de la exclusiva responsabilidad del autor.

2. ALCANCE

Este es un documento que sugiere criterios de carácter esencialmente administrativo; se indica esto pues, para efectos prácticos, se propone algunas simplificaciones y requisitos cuya finalidad es normalizar las declaraciones de CMC.

No es parte del alcance del presente documento el establecer la forma de evaluar la incertidumbre en las calibraciones asociadas; lo que se pretende es sugerir valores permitidos para ser usados en las

declaraciones de CMC de las acreditaciones, de tal forma que estas sean más ordenadas que en la actualidad. A nivel internacional no se pudo encontrar una guía y se pudo comprobar que hay bastante disparidad en el modo de realizar las declaraciones de CMC.

Es de esperar que la presente propuesta ayude a la declaración de Mejores Capacidades de Medida (CMC) de manera que estas sean iguales para organizaciones con capacidades similares, facilite las actividades administrativas de un organismo de acreditación y, sobre todo, la comprensión eficiente de los clientes de los alcances acreditados de los servicios ofrecidos y una mayor facilidad para la comparación entre CMC declaradas, materializando de esta manera el lema del presente Simposio, en el que se señala a la Metrología como apoyo a la productividad y el desarrollo económico.

3. CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Las consideraciones que se indican a continuación guían el desarrollo posterior de este documento; puede que haya otras adicionales tomadas en cuenta de manera implícita en la propuesta, pero se destacan las más relevantes:

- En el ámbito de las calibraciones de balanzas, los patrones de masa constituyen la fuente de trazabilidad y naturalmente la primera contribución a la incertidumbre que se puede considerar, además de que es la aportada por el servicio de calibración.
- Por otra parte, las características de los patrones de masa, en particular las tolerancias de

sus valores de masa convencional, están definidas de tal manera que puedan satisfacer los requisitos de exactitud en las calibraciones de los instrumentos de pesaje mayoritariamente utilizados en la industria. Por lo anterior, se considera conveniente aprovechar los valores de tolerancia definidos para los patrones de masa, como la base de un ordenamiento o normalización de las CMC; sin embargo existen varias definiciones de tolerancias, en particular de OIML [2], ASTM [3] y NIST ([4], [5]) y, por simplicidad, se propone en este documento adoptar [2] dada su amplia aceptación internacional.

- En metrología de masa, en particular cuando se trabaja en el marco de OIML R 111, se acostumbra informar como valor de incertidumbre expandida el correspondiente al error máximo permisible de la clase metrológica superior a aquella asociada a la pesa, lo que numéricamente es aproximadamente igual a un tercio del error máximo permisible de la clase pretendida para la pesa. Por otra parte, esto ha permitido alcanzar un buen nivel de ordenamiento en la expresión de los resultados y en particular de las CMC de los laboratorios que calibran patrones de masa, el cual puede ser considerado como ejemplo a ser aplicado en el ámbito de los instrumentos de pesaje.

- En el marco de la declaración de CMC de laboratorios acreditados, es factible encontrar diversas formas de declarar la incertidumbre: en algunos casos se prefiere expresar la incertidumbre como una fórmula que es función del rango [6], en otros se ha adoptado expresarla como un solo número, ya sea como un porcentaje del rango o un valor absoluto [7]. También es posible encontrar casos en los que se ha decidido incorporar en la expresión de la incertidumbre, al menos un parámetro relevante [8] mediante una fórmula, algo que correspondería al resultado de aplicar las recomendaciones de [9], pero de manera incompleta, por ejemplo, en la declaración de una CMC asociada a calibración de material volumétrico de plástico [10] se utiliza la ecuación (1) que además de tomar en cuenta el valor nominal, NV, considera el diámetro del matraz D, pues este efectivamente contribuye de manera muy significativa a la incertidumbre, pero no se consideran otros parámetros, por ejemplo la temperatura:

$$((0,005\% \cdot NV)^2 + (0,27 \mu\text{l} \cdot D^2)^2)^{0,5} \quad (1)$$

- En otras situaciones la expresión de la incertidumbre no se entrega y simplemente se indica que ésta depende del comportamiento observado en el equipo más una contribución correspondiente a la incertidumbre estándar patrón. Hay casos en los que se detalla información sobre las características de exactitud del objeto que sería calibrado, etc. Algunas de las situaciones anteriores, ocurren en la declaración de CMC de servicios de calibración de balanzas: [11], [12], [13], [14], [15].

- A pesar de que no hay una sola manera aceptada o armonizada para declarar CMC, se puede indicar que es posible apreciar la búsqueda de la simplicidad y claridad en la entrega de la información al usuario final.

- También se puede indicar que las declaraciones de CMC no pretenden ser exhaustivas en relación con enumerar los aspectos que contribuyen a la incertidumbre finalmente declarada y menos que en ellas se indique cómo realizar una evaluación de incertidumbre; simplemente son una declaración que establece una cota inferior razonable; por esta razón no se incluirá la repetibilidad de las indicaciones de la balanza bajo calibración, la cual debe ser considerada en la evaluación de la incertidumbre que realiza el laboratorio; mientras esta última debe ser evaluada de acuerdo a [9] la incertidumbre declarada en la CMC es un número convencional, menor al cual no puede ser el valor informado como incertidumbre a los clientes en el marco de una acreditación.

- Los valores de incertidumbre son determinados por los laboratorios siguiendo las recomendaciones generales de la GUM [9] y [16] o publicaciones preparadas en el mismo espíritu, como [17], lo que ha permitido normalizar la metodología para la evaluación de la incertidumbre o al menos establecer criterios similares. Sin embargo una adecuada evaluación de la incertidumbre depende del modelo de medida y este puede no ser completo, lo que a su vez constituye una fuente de incertidumbre adicional que no necesariamente es sencilla de determinar. Por esta razón es conveniente informar una incertidumbre razonablemente mayor a aquella originalmente evaluada por el laboratorio, sin comprometer la definición del concepto incertidumbre [18]. Esto se reafirma por el hecho de que los resultados de las calibraciones son muchas veces utilizados para realizar evaluaciones de conformidad, en este caso de las indicaciones de instrumentos de pesaje. En el proceso de evaluación de conformidad se toma

una decisión que puede ser objeto de dos tipos de error debido a la incertidumbre: concluir que se satisfacen los requisitos cuando en realidad no ocurre así o concluir que no se satisfacen los requisitos cuando si ocurre eso. Así, como un primer paso para evitar la ocurrencia de ese primer tipo de errores y llegar a conclusiones más robustas, se considera conveniente aumentar la incertidumbre de medida de los instrumentos utilizados para realizar las verificaciones y, paralelamente, establecer que esos instrumentos tengan valores de incertidumbre que sean una fracción del rango de tolerancia especificado para la verificación para disminuir el segundo tipo de error.

- Al revisar las CMC publicadas se puede concluir que no se considera necesario que en las declaraciones de CMC se duplique la información; si

un laboratorio es capaz de informar una cierta incertidumbre haciendo uso de un patrón de cierto nivel de exactitud, es lógico suponer que puede alcanzar incertidumbres mayores y que para ellas puede contar con otros patrones no presentados de manera explícita en la CMC. Es decir si un laboratorio cuenta con un patrón de 500 kg OIML M2 y otro de 500 kg OIML M3, no es necesario que en la declaración de la CMC incluya al segundo.

4. CONSTRUCCIÓN DE LA PROPUESTA

A continuación se explica cómo se construyó la propuesta que finalmente se resume en la Tabla 4, a la cual el lector puede pasar sin revisar los detalles que se describen.

Tabla 1 Incertidumbre expandida informada para pesas OIML según clase de exactitud y valor nominal. Valores en mg

	E1	E2	F1	F2	M1	M1-2	M2	M2-3	M3
5 000 kg			8 000	25 000	80 000	160 000	250 000	500 000	800 000
2 000 kg			3 000	10 000	30 000	60 000	100 000	200 000	300 000
1 000 kg		500	1 600	5 000	16 000	30 000	50 000	100 000	160 000
500 kg		250	800	2 500	8 000	16 000	25 000	50 000	80 000
200 kg		100	300	1 000	3 000	6 000	10 000	20 000	30 000
100 kg		50	160	500	1 600	3 000	5 000	10 000	16 000
50 kg	8	25	80	250	800	1 600	2 500	5 000	8 000
20 kg	3	10	30	100	300		1 000		3 000
10 kg	1,6	5,0	16	50	160		500		1 600
5 kg	0,80	2,5	8,0	25	80		250		800
2 kg	0,30	1,0	3,0	10	30		100		300
1 kg	0,16	0,5	1,6	5,0	16		50		160
500 g	0,080	0,25	0,8	2,5	8,0		25		80
200 g	0,030	0,10	0,3	1,0	3,0		10		30
100 g	0,016	0,05	0,16	0,5	1,6		5,0		16
50 g	0,010	0,03	0,10	0,3	1,0		3,0		10
20 g	0,008	0,025	0,08	0,25	0,8		2,5		8,0
10 g	0,006	0,020	0,06	0,20	0,6		2,0		6,0
5 g	0,005	0,016	0,05	0,16	0,5		1,6		5,0
2 g	0,004	0,012	0,04	0,12	0,4		1,2		4,0
1 g	0,003	0,010	0,03	0,10	0,3		1,0		3,0
500 mg	0,002 5	0,008	0,025	0,08	0,25		0,8		
200 mg	0,002 0	0,006	0,020	0,06	0,20		0,6		
100 mg	0,0016	0,005	0,016	0,05	0,16		0,5		
50 mg	0,0012	0,004	0,012	0,04	0,12				
20 mg	0,0010	0,003	0,010	0,03	0,10				
10 mg	0,0010	0,003	0,008	0,025	0,08				
5 mg	0,0010	0,003	0,006	0,020	0,06				
2 mg	0,0010	0,003	0,006	0,020	0,06				
1 mg	0,0010	0,003	0,006	0,020	0,06				

4.1. Primera etapa.

Se considera la tabla de errores máximos permisibles de OIML R111 (Tabla 1 de [2]).

4.2. Segunda etapa.

A partir de la Tabla 1 de [2] y de consideraciones preliminares, se puede decir que los valores de incertidumbre comúnmente informados para cada valor de nominal de pesas, por clase, son los que se indican en la Tabla 1; la construcción de esta tabla se hizo considerando que normalmente los laboratorios de calibración informan como valores de incertidumbre expandida aquellos que corresponden a los valores de error máximo permisible de la clase OIML superior de aquella para la cual se pretende que es la pesa; en el caso de aquellas pesas de valores nominales y clases por sobre las cuales no existe una clase superior, simplemente se estableció un valor correspondiente a aproximadamente un tercio del error máximo permisible e igual a un décimo del valor de error máximo permisible de una pesa del mismo valor nominal de la clase OIML inmediatamente superior. Por ejemplo este es el caso de las pesas E1 o la de 5000 kg F1.

Los datos de la Tabla 1 se representan en la Figura 1 (gráfico log-log en base 10) en términos de incertidumbre expandida relativa pues, esto simplifica la comprensión de la información.

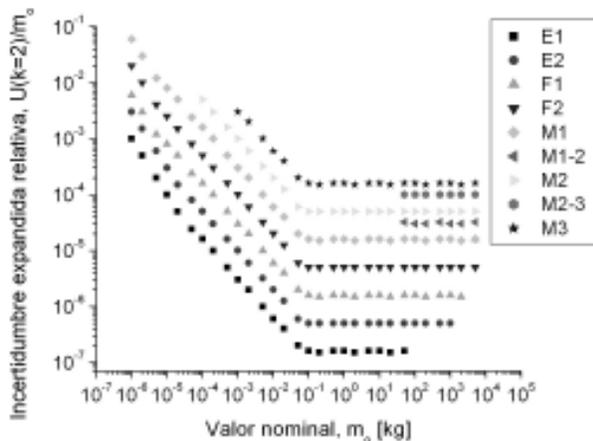


Fig. 1 Incertidumbre expandida relativa de masas patrones OIML

En la Figura 1 es claro que, a partir de 50 g, los valores de incertidumbre expandida relativa son aproximadamente constantes, mientras que para

valores nominales inferiores y una misma clase, los valores de incertidumbre expandida relativa se encuentran aproximadamente a lo largo de una recta de pendiente negativa. En consecuencia, el logaritmo del valor de incertidumbre expandida relativa se puede representar mediante rectas en función del logaritmo del valor nominal, pero con pendientes e interceptos diferentes para valores nominales mayores y menores a 50 g.

Las ecuaciones propuestas para estas rectas se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2 Ecuaciones de rectas que relacionan el logaritmo de la incertidumbre expandida relativa, $\log_{10} U_r$, con el logaritmo del valor nominal de las pesas, $\log_{10} m_o$

Clase asociada	$\log_{10} U_r$ para patrones de masa m_o [kg] ≤ 50 g	$\log_{10} U_r$ para patrones de masa nominales m_o [kg] > 50 g
E1	$-0,72 \log_{10} m_o - 7,66$	-6,82
E2	$-0,76 \log_{10} m_o - 7,27$	6,30
F1	$-0,72 \log_{10} m_o - 6,66$	-5,80
F2	$-0,72 \log_{10} m_o - 6,17$	-5,30
M1	$-0,72 \log_{10} m_o - 5,66$	-4,81
M1-2		-4,51 (a partir de 50 kg)
M2	$-0,70 \log_{10} m_o - 5,11$	-4,30
M2-3		-4,00 (a partir de 50 kg)
M3	$-0,70 \log_{10} m_o - 4,60$	-3,81

Para la declaración de CMC, se propone considerar 2 veces, aproximadamente, la incertidumbre expandida de los patrones como valor mínimo, independientemente del instrumento de pesaje. También se busca que las ecuaciones para los dos rangos 1 mg a 50 g y 100 g hacia arriba coincidan; esto se materializa en la Tabla 3. El utilizar el factor “2” es una decisión arbitraria, pero razonable en cuanto a que se obtienen valores no muy alejados de aquellos de incertidumbre que se pueden

alcanzar; es un número que en todo caso podría ser modificado por el organismo de acreditación.

Tabla 3 Ecuaciones de rectas que relacionan el logaritmo de la incertidumbre expandida relativa con el logaritmo del valor nominal de pesas patrones. Difiere de la Tabla 2 en cuanto a que se ha aplicado el factor “2” a cada ecuación.

Clase asociada	$\log_{10} U_r$ para patrones de masa nominales m_o [kg] > 50 g	$\log_{10} U_r$ para patrones de masa nominales m_o [kg] > 50 g
E1	$-0,75 \log_{10} m_o - 7,48$	-6,50
E2	$-0,75 \log_{10} m_o - 6,98$	-6,00
F1	$-0,75 \log_{10} m_o - 6,48$	-5,50
F2	$-0,75 \log_{10} m_o - 5,98$	-5,00
M1	$-0,75 \log_{10} m_o - 5,48$	-4,50
M ₁₋₂		-4,20 (a partir de 50 kg)
M2	$-0,75 \log_{10} m_o - 4,98$	-4,00
M ₂₋₃		-3,70 (a partir de 50 kg)
M3	$-0,75 \log_{10} m_o - 4,48$	-3,50

4.3. Tercera etapa.

Sobre los valores de la Tabla 3 se realizan los siguientes cambios: la Tabla 3 se re-escribe sin los logaritmos, utilizando como exponentes de 10 los términos a cada lado de las ecuaciones; luego se modifican y redondean las cantidades con un pequeño costo en la continuidad en 50 g.

Como resultado, se obtiene la Tabla 4, en la que los valores bajo la columna “clase” corresponden a las clases de aquellas masas patrones que sería ideal utilizar; el uso de esto implica que para efectos de declaración de CMC no se pueda mezclar patrones de clases diferentes en cada línea. Se han agregado líneas adicionales para situaciones en las que se deba informar una incertidumbre más grande.

Tabla 4 Valores de incertidumbre que se proponen sean los únicos a informar en las declaraciones de CMC en la calibración de instrumentos de pesaje no automáticos.

	U_r para valores nominales m_o [kg] ≤ 50 g	U_r para valores nominales m_o [kg] > 50 g
“E0”	$1 \cdot 10^{-8} m_o^{-0,75}$	$1 \cdot 10^{-7}$
E1	$3 \cdot 10^{-8} m_o^{-0,75}$	$3 \cdot 10^{-7}$
E2	$1 \cdot 10^{-7} m_o^{-0,75}$	$1 \cdot 10^{-6}$
F1	$3 \cdot 10^{-7} m_o^{-0,75}$	$3 \cdot 10^{-6}$
F2	$1 \cdot 10^{-6} m_o^{-0,75}$	$1 \cdot 10^{-5}$
M1	$3 \cdot 10^{-6} m_o^{-0,75}$	$3 \cdot 10^{-5}$
M ₁₋₂	N.A.	$6 \cdot 10^{-5}$ (sólo a partir de 50 kg)
M2	$1 \cdot 10^{-5} m_o^{-0,75}$	$1 \cdot 10^{-4}$
M ₂₋₃	N.A.	$2 \cdot 10^{-4}$ (sólo a partir de 50 kg)
M3	$3 \cdot 10^{-5} m_o^{-0,75}$	$3 \cdot 10^{-4}$
N.A.	$1 \cdot 10^{-4} m_o^{-0,75}$	$1 \cdot 10^{-3}$
N.A.	$3 \cdot 10^{-4} m_o^{-0,75}$	$3 \cdot 10^{-3}$

Los valores propuestos podrían ser considerados para otros tipos de instrumentos de pesaje, pues se definen a partir de las incertidumbres de los patrones que materializan valores de masa.

4.4. Calibraciones mediante patrones de masa en valores nominales superiores a los indicados en la tabla de CMC.

Como se puede ver en los ejemplos y se indica en la Tabla 4, no se permite el uso de la combinación de patrones de clases diferentes en una misma línea de la CMC, pero para efectos de servicio se propone que combinaciones para alcanzar rangos mayores si sean reconocidos en el marco de la acreditación, evaluando la incertidumbre, como siempre corresponde, de manera consistente; la incertidumbre declarada en los certificados debe ser mayor a ella y ajustarse a los valores de la Tabla 9. Esta se podría agregar como una nota en la declaración de la CMC.

Si se permitiera lo anterior, las alternativas de valores posibles serían muchísimos más, tantas como lo permitan las distintas combinaciones posibles de patrones.

4.5. Calibraciones mediante patrones de masa no OIML.

En este caso, para la preparación de las CMC tomando en cuenta la Tabla 4 se debe considerar los patrones de masa OIML de valores nominales equivalentes, pero de tal manera que la incertidumbre de los patrones OIML considerados no sea menor que la de los patrones de otras clasificaciones, por ejemplo ASTM; en ese caso se castiga la incertidumbre de los patrones ASTM a cambio de un mayor orden.

5. EJEMPLOS

5.1. Ejemplo 1

Supongamos que un laboratorio cuenta con los siguientes patrones:

- E2 en el rango 1 mg a 200 g,
- F1 en el rango 1 g a 5 kg,
- M1 en el rango 1 kg a 50 kg y
- M3 en el rango 20 kg a 200 kg
- Además, tiene 20 pesas de 500 kg M3

Luego, se establecen rangos por clases de pesas, considerando aquellas con menor incertidumbre, los que quedan de la siguiente manera:

- 1 mg a 50 g, E2
- 50 g a 200 g, E2
- 200 g a 5 kg, F1
- 5 kg a 50 kg, M1
- 50 kg a 10 000 kg M3

En la Tabla 5 se presenta la CMC considerando la propuesta de la sección anterior. No se presenta la tabla de CMC completa por una cuestión de espacio, pero si lo más relevante en relación con el objetivo del artículo.

Tabla 5 Declaración de CMC para ejemplo 1

Rango del mensurando			Capacidad de medición y calibración (CMC) ¹		
Mín.	Máx.	Unidad	Valor	Unidad	Nivel de confianza
1 · 10 ⁻⁶	50 · 10 ⁻³	kg	1 · 10 ⁻⁷ <i>m_o</i> ^{-0,75}	1	95%
< 50 · 10 ⁻³	200 · 10 ⁻³	kg	1 · 10 ⁻⁶	1	95%
< 200 · 10 ⁻³	5	kg	3 · 10 ⁻⁶	1	95%
< 5	50	kg	3 · 10 ⁻⁵	1	95%
< 50	10000	kg	3 · 10 ⁻⁴	1	95%

m_o : Valor nominal

En la Figura 2 se representa gráficamente la información anterior.

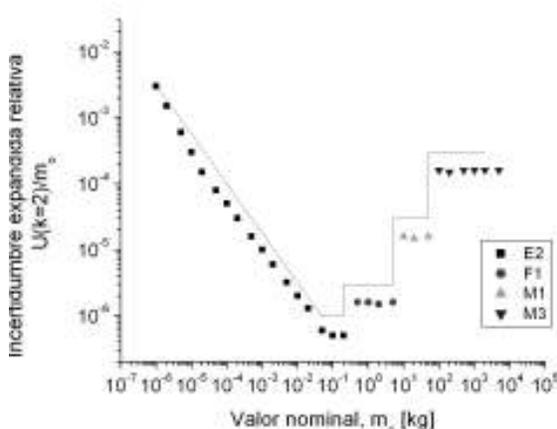


Fig. 2 Representación de CMC del ejemplo 1 y patrones considerados

5.2. Ejemplos de reformulación de CMC actuales de laboratorios acreditados por INN.

En las siguientes tablas se presentan ejemplos de lo que sería el resultado de la aplicación de la presente propuesta en el caso de varios laboratorios acreditados a la fecha de la preparación de este documento; los alcances de acreditación indicados fueron colocados en un servidor distinto a los del Instituto Nacional de Normalización, de tal forma puedan ser considerados en la lectura de este documento en caso de modificaciones posteriores de los alcances acreditados.

En general, al confrontar la cada tabla con la referencia que se indica, se puede observar que son varias las páginas en que disminuye la declaración de CMC original, pues se reduce el número de líneas necesarias para describirla.

Tabla 6 Reformulación de alcance de acreditación de LC047 [19]; contiene originalmente 24 líneas distribuidas en 5 páginas.

Rango del mensurando			Capacidad de medición y calibración (CMC) ¹		
Mín	Máx.	Unidad	Valor	Unidad	Nivel de confianza
10 ⁻³	50 · 10 ⁻³	kg	1 · 10 ⁻⁷ <i>m_o^{-0,75}</i>	1	95%
< 50 · 10 ⁻³	100 · 10 ⁻³	kg	1 · 10 ⁻⁶	1	95%
< 100 · 10 ⁻³	20	kg	3 · 10 ⁻⁶	1	95%
< 20	500	kg	3 · 10 ⁻⁵	1	95%
< 500	20000	kg	6 · 10 ⁻⁵	1	95%
< 20000	50000	kg	2 · 10 ⁻⁴	1	95%

Tabla 7 Reformulación de alcance de acreditación de LC002 [20]; contiene originalmente 34 líneas distribuidas en 5 páginas.

Rango del mensurando			Capacidad de medición y calibración (CMC) ¹		
Mín	Máx.	Unidad	Valor	Unidad	Nivel de confianza
10 ⁻⁶	50 · 10 ⁻³	kg	1 · 10 ⁻⁷ <i>m_o^{-0,75}</i>	1	95%
< 50 · 10 ⁻³	5	kg	1 · 10 ⁻⁶	1	95%
< 5	20	kg	3 · 10 ⁻⁶	1	95%
< 20	200	kg	1 · 10 ⁻⁵	1	95%
< 200	1000	kg	3 · 10 ⁻⁵	1	95%
< 1000	44000	kg	1 · 10 ⁻⁴	1	95%

Si se combinan los gráficos que se pueden construir con las tablas de los últimos tres ejemplos en uno solo, como el que se muestra en la Figura 3, el

usuario de un servicio de calibración podría establecer una rápida comparación entre las CMC de los laboratorios oferentes de servicios. En todo caso, una comparación entre los servicios de distintos laboratorios debe basarse en más aspectos que solamente la CMC, tales como el precio, las reales necesidades de exactitud de medida, la prontitud en la atención, etc.

Tabla 8 Reformulación de alcance de acreditación de LC060 [21]. Contiene originalmente 8 líneas distribuidas en 1 página.

Rango del mensurando			Capacidad de medición y calibración (CMC) ¹		
Mín	Máx.	Unidad	Valor	Unidad	Nivel de confianza
10 ⁻⁶	50 · 10 ⁻³	kg	3 · 10 ⁻⁷ <i>m_o^{-0,75}</i>	1	95%
< 50 · 10 ⁻³	200 · 10 ⁻³	kg	3 · 10 ⁻⁶	1	95%
< 200	10	kg	1 · 10 ⁻⁵	1	95%
< 20	240	kg	1 · 10 ⁻⁴	1	95%

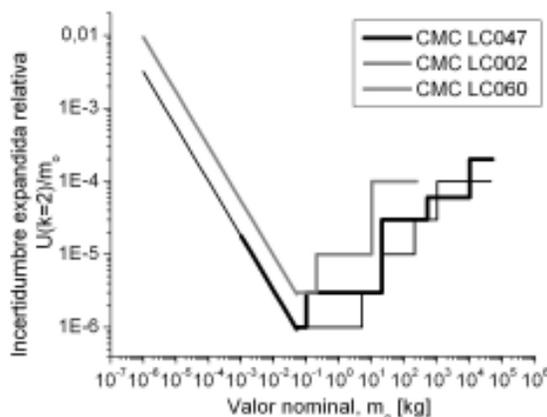


Fig. 3 Representación de CMC del ejemplo 1 y patrones considerados

5.2 Calibraciones mediante carga de sustitución

El autor no ha podido encontrar para esos casos declaraciones de CMC acreditadas por organismos extranjeros; quizás se debe a la preferencia por asegurar la claridad de la información para el usuario mediante la emisión y probación de CMC

que solamente consideren rangos cubiertos por patrones tangibles, pues las posibilidades de cobertura de rangos mediante las cargas de sustitución son muy amplios.

En el marco de este documento se propone algunas de las siguientes alternativas: a) Que el uso de carga de sustitución esté fuera del alcance de las acreditaciones cuando supera el rango que puede cubrir el laboratorio con las masas patrones disponibles. Personalmente el autor, privilegiando el orden, prefiere esta opción. b): Que los laboratorios de calibración si declaren CMC considerando cargas de sustitución, pero informando una incertidumbre superior a las propuestas en la Tabla 4. Como ilustración, considerando el Ejemplo 1, para cargas mayores a 10 000 kg, el valor de U_r declarado no podría ser menor a $1 \cdot 10^{-3}$. En el caso de sustituciones adicionales, los valores de U_r podrían ser progresivamente mayores: $3 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 10^{-2}$, $3 \cdot 10^{-2}$ (estos dos últimos valores habría que agregarlos en la Tabla 4). [22] ofrece información útil para la evaluación de la incertidumbre en estos casos.

6. CONCLUSIÓN

Se ha presentado una propuesta para la declaración de CMC en la acreditación de laboratorios que calibran instrumentos de pesaje no automáticos. Esencialmente esta propuesta considera que la declaración sea expresada mediante un porcentaje para los rangos mayores a 50 g (de manera similar a lo que se hace en el marco del DKD, excepto en que se propone el uso de los valores específicos de la Tabla 9) y una función especial para aquellos valores nominales menores o iguales a 50 g.

Se han propuesto medidas especiales para el caso de las calibraciones en valores nominales más altos utilizando cargas de sustitución y combinaciones de patrones de masa de distintas clases.

REFERENCIAS

- [1] BIPM/ILAC working group. Calibration and Measurement Capabilities. Publications and Resources. <http://www.ilac.org/documents/BIPM_ILAC_MC_BMC_241007.pdf>.
- [2] International Organization of Legal Metrology. Weights of classes E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3 and M3 Part 1: Metrological and technical requirements. OIML Publications. [Cited: July 23, 2009.] <<http://www.oiml.org/publications/R/R111-1-e04.pdf>>. OIML R 111-1 Edition 2004 (E).
- [3] Standard Specification for Laboratory Weights And Precision Mass Standards. American Society for Testing and Materials. 2008. ASTM E617 - 97(2008).
- [4] National Institute of Standards and Technology. Specifications, Tolerances, and Other Technical Requirements. Weights and Measures Division. <http://ts.nist.gov/WeightsAndMeasures/Publications/h44-10.cfm>. NIST Handbook 44 - 2010 Edition.
- [5] NIST Handbook 105 Series: Specifications and Tolerances for Reference Standards and Field Standard Weights and Measures. Weights and measures Division. <<http://ts.nist.gov/WeightsAndMeasures/labmetrology.cfm>>. NIST Handbook 105.
- [6] Swiss Accreditation Service SAS. Accredited bodies. http://www.seco.admin.ch/sas_files/SCS-007-de.pdf. SCS-007.
- [7] DKD. Updated Directory of Calibration Laboratories and Calibration Possibilities. <<http://www.dkd.eu/laboratorien/en/pdf/31301.pdf>>. DKD-K-31301.
- [8] Updated Directory of Calibration Laboratories and Calibration Possibilities. <<http://www.dkd.eu/laboratorien/en/pdf/20701.pdf>>. DKD-K-20701.
- [9] 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/utis/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf>. JCGM 100:2008.
- [10] DKD. Updated Directory of Calibration Laboratories and Calibration Possibilities. <<http://www.dkd.eu/laboratorien/en/pdf/20701.pdf>>. DKD-K-20701.
- [11] UKAS. Accredited Calibration Laboratories. <http://www.ukas.org/calibration/schedules/actual/0433Calibration%20Multiple_008.pdf> UKAS 0433.
- [12] DKD. Updated Directory of Calibration Laboratories and Calibration Possibilities. <<http://www.dkd.eu/laboratorien/en/pdf/10502.pdf>> DKD-K-10502.
- [13] NVLAP. Directory of Accredited Laboratories. <<http://ts.nist.gov/Standards/scopes/2001150.pdf>> NVLAP LAB CODE 200115-0.

- [14] COFRAC. Recherche d'organismes. <<http://www.cofrac.fr/Annexes/Sect2/2-1561.doc>> Dossier n°2-1376.
- [15] OAA. <<http://www.oaa.org.ar/200504/DataFile.asp?FileID=2189>> LC005.
- [16] Bureau International des Poids et Mesures. Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" – Propagation of distributions using a Monte Carlo method. Guides in Metrology. 2009. <http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_101_2008_E.pdf>. JCGM 101:2008.
- [17] European co-operation for Accreditation. Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration. www.european-accreditation.org/n1/doc/ea-4-02.pdf. EA-4/02.
- [18] Sistema Interamericano de Metrología. Vocabulario Internacional de Metrología. Publications. http://www.sim-metrologia.org.br/voca_int_metro.pdf. VIM.
- [19] <<http://www.metrologia.cl/medios/LC04720091218.pdf>>
- [20] <<http://www.metrologia.cl/medios/LC00220091218.pdf>>
- [21] <<http://www.metrologia.cl/medios/LC06020091219.pdf>>
- [22] SIM MWG7/cg-01/v.00 Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático. <http://www.sim-metrologia.org.br/spanol/SIM_MWG7Spanish_9_Feb.pdf>