

Informe Final de Resultados de la Prueba de Aptitud Técnica para
Laboratorios de Calibración
LACOMET-IC-02-2009

Luis Damián Rodríguez Araya
Laboratorio Costarricense de Metrología
lrodriguez@lacomet.go.cr

Introducción

Las Pruebas de Aptitud Técnica son una herramienta útil para corroborar la competencia técnica de los involucrados y de aseguramiento de la calidad de los resultados emitidos para sustentar las capacidades de medición reportadas por los participantes. Una Prueba de Aptitud Técnica piloteada por un Laboratorio Nacional de Referencia debe servir como guía y orientación para asegurar la mejora continua en la aplicación de métodos y procedimientos de trabajo de los laboratorios participantes.

1 Objetivos

1.1 Proporcionar información técnica relativa a las mediciones analíticas reportadas por los laboratorios de calibración, con respecto al valor del Volumen de patrones viajeros, cuyos volúmenes son conocidos.

1.2 Brindar un medio para evaluar la competencia técnica de los laboratorios de calibración que se encuentran en proceso de acreditación y los que han sido acreditados con relación a sus actividades de calibración, para el cumplimiento de ECA-MC-P17 Política y Criterios para la Participación en pruebas de aptitud y otras comparaciones para los laboratorios.

1.3 Proveer a los laboratorios de una herramienta para demostrar la competencia técnica y el aseguramiento de la calidad de los resultados emitidos para las capacidades de medición reportada ante sus clientes y demás interesados.

1.4 Promover el desarrollo de la infraestructura metrológica nacional y la confianza de los usuarios en la veracidad de los resultados de medición y calibración.

2. Resumen de la Ronda de Aptitud Técnica

Los laboratorios participantes determinaron el valor del volumen contenido y vertido de dos matraces de 50 cm³ y dos matraces de 100 cm³, con sus respectivas corrección e incertidumbre expandida. Cada matraz contaba con marcas de identificación grabada, clase de exactitud y valor nominal.

Tabla 1. Datos de los patrones para la comparación de volumen.

Equipos	Volumen Nominal cm ³	Código	Marca
Matraz	100	01	KIMAX
Matraz	100	6	DURAN
Matraz	50	53	SUPERIOR
Matraz	50	55	SUPERIOR



Figura 1. Equipos volumétricos viajeros

Las determinaciones se realizaron por el método Gravimétrico, ya sea comparando contra patrones de masa o por lectura directa de la balanza

LACOMET como laboratorio piloto, determinó el volumen contenido y vertido de los patrones al inicio de la ronda y el volumen contenido al final de la ronda para comprobar la consistencia de las propiedades metrológicas de los equipos volumétricos viajeros.

Para la calibración de los equipos volumétricos viajeros cada participante utilizó sus patrones de referencia y balanzas. En el caso de utilizar patrones de masa, la trazabilidad en masa viene dada por los mismos, si el laboratorio realizó la medición utilizando el método de lectura directa de la balanza, la trazabilidad en masa estaría dada por la calibración de la balanza.

Todos los participantes reportaron el valor del volumen que contienen los equipos volumétricos viajeros con su corrección e incertidumbre expandida. El volumen vertido con su corrección e incertidumbre expandida no fue reportado por uno de los laboratorios participantes.

3. Laboratorios participantes

Los laboratorios participantes y sus correspondientes contactos técnicos son enlistados en la Tabla N° 1 presentada a continuación.

Tabla 2. Participantes en la comparación de volumen

Laboratorio	Acrónimo	Contacto Técnico
Laboratorio Costarricense de Metrología	LACOMET	Sandra Marcela Rodríguez Zúñiga
Laboratorio de Metrología, Grandes Masas y volúmenes, RECOPE	RECOPE	Gilberto Arce Rodríguez Esteban Castillo
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Lanamme UCR	Humberto Tioli
Ingeniería Técnica de Pavimentos		Luis Diego Moreira
Metcal Engineering Services	Met-Cal	Montgomery Miralles M.
Metrología Consultores		Luis Gustavo Zamora
Programa calidad, ambiente y metrología	PROCAME	Johanna Méndez Arias

4. Programa y secuencia de entradas y salidas de los equipos viajeros

Para la circulación de los equipos volumétricos viajeros se estableció un cronograma de distribución de llegadas y salidas para los patrones. Se estableció de antemano que cada laboratorio participante debía transportar mano a mano los equipos volumétricos al siguiente destino de acuerdo a los tiempos definidos en el cronograma.

Tabla 3. Cronograma de llegadas y salidas de los equipos volumétricos viajeros para la comparación de volumen.

Nombre del Laboratorio	Fecha de inicio	Fecha de conclusión
LACOMET	2009 09 08	2009 09 11
Metrología Consultores S.A	2009 09 14	2009 09 29
PROCAME-UNA	2009 09 29	2009 10 14
Met-Cal	2009 10 14	2009 10 28
Laboratorio Nacional de Metrología Masa y Volumen, RECOPE	2009 10 28	2009 11 11
LANAMME	2009 11 11	2009 11 25
Ingeniería Técnica de Pavimentos ICP S.A	2009 11 25	2009 12 09
LACOMET	2010 ABRIL	

6. Valores de referencia reportados por el LACOMET

6.1 Estabilidad de los equipos volumétricos viajeros

El Laboratorio Piloto realizó la calibración de los equipos volumétricos viajeros para contener al inicio y al final de la circulación de los mismos para el proceso de comparación, el resultado de estas mediciones se analizó comparando el error normalizado entre los valores al inicio y al final del proceso de comparación. Para la calibración de vertido sólo se realizó la calibración al inicio.

El valor del Error Normalizado, E_n , usado para la evaluación de los resultados reportados, se obtuvo de la siguiente expresión:

$$E_n = \frac{|V_{LPd} - V_{LPa}|}{\sqrt{U_{LPd}^2 + U_{LPa}^2 + U_d^2}} \quad (1)$$

Donde:

V_{LPd} valor de volumen reportado por el Laboratorio Piloto al final de la comparación interlaboratorial

V_{LPa} valor de volumen reportado por el Laboratorio Piloto al inicio de la comparación interlaboratorial

U_{LPd} incertidumbre expandida asociada valor de volumen reportado por el Laboratorio Piloto al inicio de la comparación interlaboratorial

U_{LPa} incertidumbre expandida asociada al valor de volumen reportado por el Laboratorio Piloto al final de la comparación interlaboratorial

U_d Incertidumbre expandida asociada a la deriva de los equipos viajeros

Los parámetros de análisis para el error normalizados son los siguientes:

$$E_n \leq 1, \text{ habrá consistencia}$$

$$E_n > 1, \text{ no habrá consistencia}$$

La incertidumbre asociada a la deriva de los equipos volumétricos viajeros, U_d , es calculada por el laboratorio piloto y se debe a la estabilidad o inestabilidad de los equipos volumétricos viajeros antes y después del desarrollo de la comparación, asociada a las incertidumbres estimadas y se determina de la siguiente manera:

$$U_d = k \sqrt{\left(\frac{V_{LPd} - V_{LPa}}{2\sqrt{3}}\right)^2} \quad (2)$$

Donde:

- V_{LPd} valor de volumen reportado por el Laboratorio Piloto al inicio de la comparación interlaboratorial
- V_{LPa} valor de volumen reportado por el Laboratorio Piloto al final de la comparación interlaboratorial
- k factor de cobertura, $k = (0,95(2\sqrt{3}))$, con un nivel de confianza de 95 %

Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Tabla 4. Resultados de estabilidad de los patrones viajeros

Análisis de Resultados Comparación LACOMET-IC-02-2009									
Valor nominal	Identificación	Corrección cm ³	Incert. (k=2) cm ³	Corrección cm ³	Incert. (k=2) cm ³	Corrección cm ³	Incert. (k=2) cm ³	Incert. Deriva cm ³	Error normalizado:
		Septiembre 2009		Julio 2010		Diferencias		U_d :	E_n :
50 cm ³	53	0,062	0,014	0,061	0,014	0,001	0,000	0,001	0,02
50 cm ³	55	-0,008	0,015	0,006	0,013	-0,014	0,002	0,013	0,69
100 cm ³	01	0,120	0,023	0,095	0,019	0,025	0,004	0,024	0,20
100 cm ³	6	0,461	0,016	0,445	0,019	0,016	-0,003	0,015	0,03

Como conclusión para este punto, es posible notar que los matraces se mantienen estables después del proceso de comparación.

6.2 Valores reportados por LACOMET

El valor de referencia para la ronda de aptitud técnica fue determinado por LACOMET, con la calibración de los equipos volumétricos viajeros para contener al inicio y final de la ronda. Para determinar el valor de referencia de los equipos volumétrico para contener se promediaron el resultado obtenido al inicio y al final. El valor de referencia del volumen vertido por los equipos volumétricos viajeros sólo se determinó al inicio de la ronda. Las incertidumbres expandidas reportadas con un factor de cobertura de $k=2$ para un nivel de confianza de un 95 % son las siguientes:

Tabla 6. Resultados Calibración de equipos volumétricos para contener LACOMET

Identificación	Volumen nominal cm^3	Volumen obtenido en la calibración cm^3	Corrección cm^3	Incertidumbre expandida cm^3
53	50	50,062	0,062	0,014
55	50	49,999	-0,001	0,015
01	100	100,108	0,108	0,023
6	100	100,453	0,453	0,019

Tabla 7. Resultados Calibración de equipos volumétricos para verter LACOMET

Identificación	Volumen nominal cm^3	Volumen obtenido en la calibración cm^3	Corrección cm^3	Incertidumbre expandida cm^3
53	50	49,908	-0,092	0,013
55	50	49,831	-0,169	0,014
01	100	99,830	-0,170	0,018
6	100	100,245	0,245	0,019

7. Resultados de los participantes

Cada laboratorio participante realizó mediciones del valor del volumen que contienen y vierten los matraces a su marca de aforo, con su corrección e incertidumbre expandida, cada una de estas mediciones se realizó bajo las condiciones ambientales de trabajo propias de cada laboratorio. En cuanto al procedimiento para verter fue realizado por todos los laboratorio a excepción del laboratorio L01.

Tabla 8. Resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 50 cm³ para contener, código 53

Código	Volumen obtenido en la calibración, cm ³	Corrección, cm ³	Incertidumbre expandida, cm ³
L 01	49,900	-0,100	0,028
L 02	50,051	0,051	0,014
L 03	49,793	-0,207	0,014
L 04	50,012	0,012	0,014
L 05	50,017	0,017	0,022
L 06	49,994	-0,006	0,014

Tabla 9. Resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 50 cm³ para contener, código 55

Código	Volumen obtenido en la calibración, cm ³	Corrección, cm ³	Incertidumbre expandida, cm ³
L 01	49,840	-0,160	0,025
L 02	49,995	-0,005	0,015
L 03	49,744	-0,256	0,014
L 04	49,963	-0,037	0,014
L 05	50,004	0,004	0,017
L 06	50,002	0,002	0,013

Tabla 10. Resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 100 cm³ para contener, código 01

Código	Volumen obtenido en la calibración, cm ³	Corrección, cm ³	Incertidumbre expandida, cm ³
L 01	99,830	-0,170	0,041
L 02	100,088	0,088	0,019
L 03	99,575	-0,425	0,020
L 04	100,035	0,035	0,019
L 05	100,067	0,067	0,042
L 06	100,248	0,248	0,018

Tabla 11. Resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 100 cm³ para contener, código 6

Código	Volumen obtenido en la calibración, cm ³	Corrección, cm ³	Incertidumbre expandida, cm ³
L 01	100,160	0,160	0,038
L 02	100,407	0,407	0,019
L 03	99,949	-0,051	0,020
L 04	100,404	0,404	0,019
L 05	100,379	0,379	0,021
L 06	100,236	0,236	0,018

Tabla 12. Resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 50 cm³ para verter, código 53

Código	Volumen obtenido en la calibración, cm ³	Corrección, cm ³	Incertidumbre expandida, cm ³
L 02	49,900	-0,100	0,019
L 03	49,539	-0,461	0,020
L 04	49,724	-0,276	0,013
L 05	49,819	-0,181	0,029
L 06	49,945	-0,056	0,014

Tabla 13. Resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 50 cm³ para verter, código 55

Código	Volumen obtenido en la calibración, cm ³	Corrección, cm ³	Incertidumbre expandida, cm ³
L 02	49,840	-0,160	0,018
L 03	49,488	-0,512	0,033
L 04	49,693	-0,307	0,013
L 05	49,782	-0,218	0,010
L 06	49,895	-0,105	0,013

Tabla 14. Resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 100 cm³ para verter, código 01

Código	Volumen obtenido en la calibración, cm ³	Corrección, cm ³	Incertidumbre expandida, cm ³
L 02	99,824	-0,176	0,033
L 03	99,254	-0,746	0,021
L 04	99,729	-0,271	0,019
L 05	99,809	-0,191	0,102
L 06	99,700	-0,301	0,018

Tabla 15. Resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 100 cm³ para verter, código 6

Código	Volumen obtenido en la calibración, cm ³	Corrección, cm ³	Incertidumbre expandida, cm ³
L 02	100,210	0,210	0,023
L 03	99,630	-0,370	0,028
L 04	99,959	-0,041	0,018
L 05	100,179	0,179	0,076
L 06	99,643	-0,357	0,018

7.2 Datos de Error Normalizado, E_n.

El valor del Error Normalizado, E_n, usado para la evaluación de los resultados reportados, se obtuvo de la siguiente expresión:

$$E_n = \frac{|V_A - V_{PL}|}{\sqrt{U_A^2 + U_{PL}^2}} \quad (3)$$

Donde:

- V_A valor de Volumen reportado por el laboratorio participante.
- V_{PL} valor de volumen reportado por el LACOMET.
- U_A incertidumbre expandida, al 95 % de confianza, asociada al cálculo del volumen reportada por el laboratorio participante.
- U_{PL} incertidumbre expandida, al 95 % de confianza, asociada al cálculo del volumen reportada por el LACOMET.

Los parámetros de análisis para el error normalizados son los siguientes:

$E_n \leq 1$, habrá consistencia
 $E_n > 1$, no habrá consistencia

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla. 16 Tablas de valor del Error Normalizado del valor de volumen contenido

Matraz 50 cm³ para contener, código 53	
Código	En
LACOMET	Referencia
L 01	5,18
L 02	0,54
L 03	13,73
L 04	2,53
L 05	1,72
L 06	3,45

Matraz 50 cm³ para contener, código 55	
Código	En
LACOMET	Referencia
L 01	5,43
L 02	0,19
L 03	12,30
L 04	1,74
L 05	0,22
L 06	0,12

Matraz 100 cm³ para contener, código 01	
Código	En
LACOMET	Referencia
L 01	5,93
L 02	0,66
L 03	17,67
L 04	2,45
L 05	0,85
L 06	4,89

Matraz 100 cm³ para contener, código 6	
Código	En
LACOMET	Referencia
L 01	6,90
L 02	1,72
L 03	18,28
L 04	1,83
L 05	2,62
L 06	8,24

Tabla. 17 Tablas de valor del Error Normalizado del valor de volumen vertido

Matraz 50 cm³ para verter, código 53	
Código	En
LACOMET	Referencia
L 02	0,35
L 03	15,47
L 04	10,01
L 05	2,80
L 06	1,94

**Matraz 50 cm³ para verter,
código 55**

Código	En
LACOMET	Referencia
L 02	0,39
L 03	9,57
L 04	7,22
L 05	2,85
L 06	3,35

**Matraz 100 cm³ para verter,
código 01**

Código	En
LACOMET	Referencia
L 02	0,16
L 03	20,83
L 04	3,86
L 05	0,20
L 06	5,13

**Matraz 100 cm³ para verter,
código 6**

Código	En
LACOMET	Referencia
L 02	1,17
L 03	18,17
L 04	10,95
L 05	0,84
L 06	22,99

7.3 Diferencia entre los participantes y el Laboratorio Piloto (LP)

La diferencia entre los datos reportados por el Laboratorio Piloto y los demás laboratorios participantes se calcula de la siguiente forma:

$$d_i = v_{xi} - v_{LP} \quad (4)$$

Donde:

d_i diferencia entre los datos reportados por el Laboratorio Piloto y los laboratorios participantes

v_{Xi} volumen reportado por el laboratorio "i"

v_{LP} volumen reportado por el Laboratorio Piloto

La incertidumbre de la diferencia d_i se calcula de la siguiente forma:

$$u_{di} = \sqrt{(u_{Xi})^2 + (u_{rep,LP})^2} \quad (5)$$

Donde:

u_{Xi} incertidumbre estándar reportada por el laboratorio participante

$u_{rep,LP}$ incertidumbre estándar por la reproducibilidad de las mediciones reportada por el Laboratorio Piloto

La incertidumbre estándar por la reproducibilidad de las mediciones reportada por el Laboratorio Piloto se calcula de la siguiente forma:

$$u_d = \sqrt{\left(\frac{V_{LPd} - V_{LPa}}{2\sqrt{3}}\right)^2} \quad (6)$$

Donde:

V_{LPd} valor de volumen reportado por el Laboratorio Piloto al inicio de la comparación interlaboratorial

V_{LPa} valor de volumen reportado por el Laboratorio Piloto al final de la comparación interlaboratorial

Los valores de las diferencias entre el Laboratorio Piloto y los laboratorios participantes y su incertidumbre asociada se presentan a continuación:

Tabla. 18 Diferencias entre el Laboratorio Piloto y los resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 50 cm³ para contener, código 53

código	Diferencias, (cm ³)	Incertidumbre, (cm ³) (k=2)
LACOMET	0,000	0,014
L 01	-0,161	0,028
L 02	-0,010	0,014
L 03	-0,268	0,014
L 04	-0,049	0,014
L 05	-0,044	0,022
L 06	-0,067	0,014

Tabla. 19 Diferencias entre el Laboratorio Piloto y los resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 50 cm³ para contener, código 55

código	Diferencias, (cm ³)	Incertidumbre, (cm ³) (k=2)
LACOMET	0,000	0,017
L 01	-0,159	0,026
L 02	-0,004	0,017
L 03	-0,255	0,016
L 04	-0,036	0,016
L 05	0,005	0,019
L 06	0,003	0,015

Tabla. 20 Diferencias entre el Laboratorio Piloto y los resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 100 cm³ para contener, código 01

código	Diferencias, (cm ³)	Incertidumbre, (cm ³) (k=2)
LACOMET	0,000	0,027
L 01	-0,278	0,043
L 02	-0,020	0,024
L 03	-0,532	0,025
L 04	-0,072	0,024
L 05	-0,041	0,044
L 06	0,141	0,023

Tabla. 21 Diferencias entre el Laboratorio Piloto y los resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 100 cm³ para contener, código 6

código	Diferencias, (cm ³)	Incertidumbre, (cm ³) (k=2)
LACOMET	0,000	0,021
L 01	-0,293	0,039
L 02	-0,046	0,021
L 03	-0,504	0,022
L 04	-0,049	0,021
L 05	-0,074	0,023
L 06	-0,217	0,020

Tabla. 22 Diferencias entre el Laboratorio Piloto y los resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 50 cm³ para verter, código 53

código	Diferencias, (cm ³)	Incertidumbre, (cm ³) (k=2)
LACOMET	0,000	0,013
L 02	-0,008	0,019
L 03	-0,369	0,020
L 04	-0,184	0,013
L 05	-0,089	0,029
L 06	0,036	0,014

Tabla. 23 Diferencias entre el Laboratorio Piloto y los resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 50 cm³ para verter, código 55

código	Diferencias, (cm ³)	Incertidumbre, (cm ³) (k=2)
LACOMET	0,000	0,014
L 02	0,009	0,018
L 03	-0,343	0,033
L 04	-0,138	0,013
L 05	-0,049	0,010
L 06	0,064	0,013

Tabla. 24 Diferencias entre el Laboratorio Piloto y los resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 100 cm³ para verter, código 01

código	Diferencias, (cm ³)	Incertidumbre, (cm ³) (k=2)
LACOMET	0,000	0,018
L 02	-0,006	0,033
L 03	-0,576	0,021
L 04	-0,101	0,019
L 05	-0,021	0,102
L 06	-0,130	0,018

Tabla. 25 Diferencias entre el Laboratorio Piloto y los resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 100 cm³ para verter, código 6

código	Diferencias, (cm ³)	Incertidumbre, (cm ³) (k=2)
LACOMET	0,000	0,019
L 02	-0,035	0,023
L 03	-0,615	0,028
L 04	-0,287	0,018
L 05	-0,066	0,076
L 06	-0,602	0,018

8. Conclusiones

Los equipos volumétricos viajeros se mantuvieron estables después del proceso de comparación.

Uno de los laboratorios participantes no reportó el volumen vertido por los equipos volumétricos viajeros.

No hubo consistencia entre los resultados reportados por los participantes al compararse entre ellos, tanto del volumen para contener como para verter.

Solo el laboratorio L02 y L05 tuvieron resultados comparables con el valor de referencia para los dos matraces de un mismo valor nominal. En el caso de L02 fue el único que obtuvo resultados satisfactorios en el valor nominal de 50 cm³ para contener como para verter y el L05 en el valor nominal de 100 cm³ solo para verter.

Los laboratorios L01, L03 y L04 que utilizaron lectura directa de la balanza durante sus calibraciones, no tuvieron un valor satisfactorio de error normalizado en ningún matraz tanto para contener como para verter.

Los laboratorios no mostraron equivalencia con los resultados de LACOMET en todos los matraces, tanto en su volumen contenido como vertido, por lo que se deben realizar acciones de mejora por parte de los laboratorios, para buscar solucionar esta situación.

Se logro generar una herramienta para que los laboratorios participantes puedan evaluar sus procesos y a partir de ella promover las mejoras necesarias para que aseguren sus capacidades de medición.

9 Referencias

- Norma ISO 4787: Laboratory Glass – Volumetric Glass Ware – Methods for Use and Testing of Capacity. 1984
- Norma ASTM D 1193-06, Standard Specification for Reagent Water, ASTM, 2006.
- M. Tanaka, G. Girard, R. Davis, A. Peuto and N. Binell. “*Recommended table for the density of water between 0 °C and 40 °C based on recent experimental reports*”.
- Norma ASTM E 542-01 (2007), pp. 4-8.
- Trujillo, S., Arias. R., *Incertidumbre en la calibración de un matraz volumétrico*. México. 1992, pp.2-18.
- Centeno, L.M. Burgos, L. Becerra, L.O., *Determinación de la densidad del agua tipo I ASTM utilizada en CENAM con patrones sólidos de densidad*. Simposio de Metrología. México. 2004. pp. 1-2.
- OIML, *Recommendation R 111-1, Weights of classes E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3, and M3, Part 1: Metrological and technical requirements*, 2004.
- *Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medida (BIPM-IEC-IFCC-ISO-IUPAC-IUPAP-OIML)*, 1993.
- *Vocabulario Internacional de Términos Básico y Generales en Metrología (BIPM-IEC-IFCC-ISO-IUPAC-IUPAP-OIML)*, 1993.
- ISO 13528:2005, *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons*. First Edition, 2005-09-01. Sec 7.5, pág 28.
- ISO/IEC Guide 43-1 and 2:1997, *Proficiency Testing by Interlaboratory Comparisons*. SCC, Nov 2001. Anexo A, A.2.1.4, pág 16; A.3.1.1, pág 17 y 18.
- MF-VO-PR-01 Procedimiento de calibración de equipo volumétrico por el método gravimétrico.
- OIML, Recomendación R-43 “*Standard graduated glass flasks for verification officers*”. 1981.

Apéndice A Gráficos

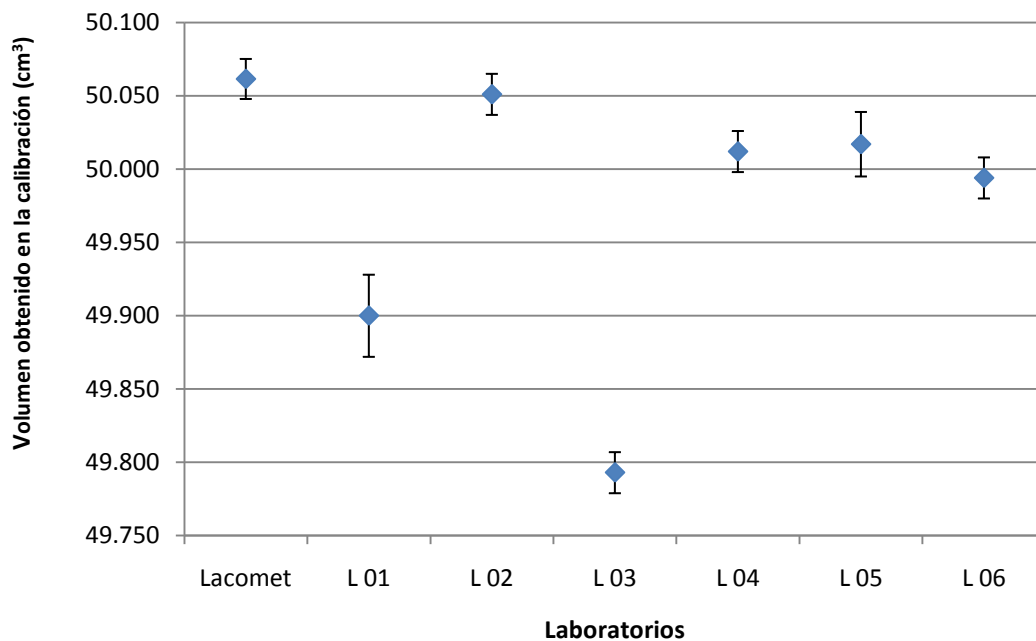


Figura 2. Resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 50 cm³ para contener, código 53.

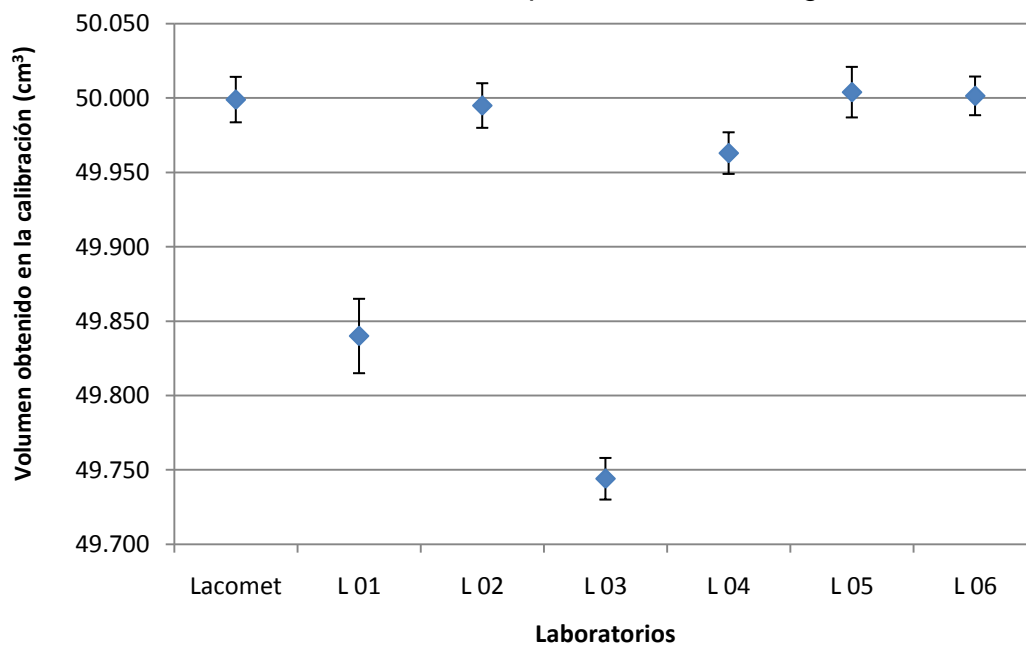


Figura 3. Resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 50 cm³ para contener, código 55.

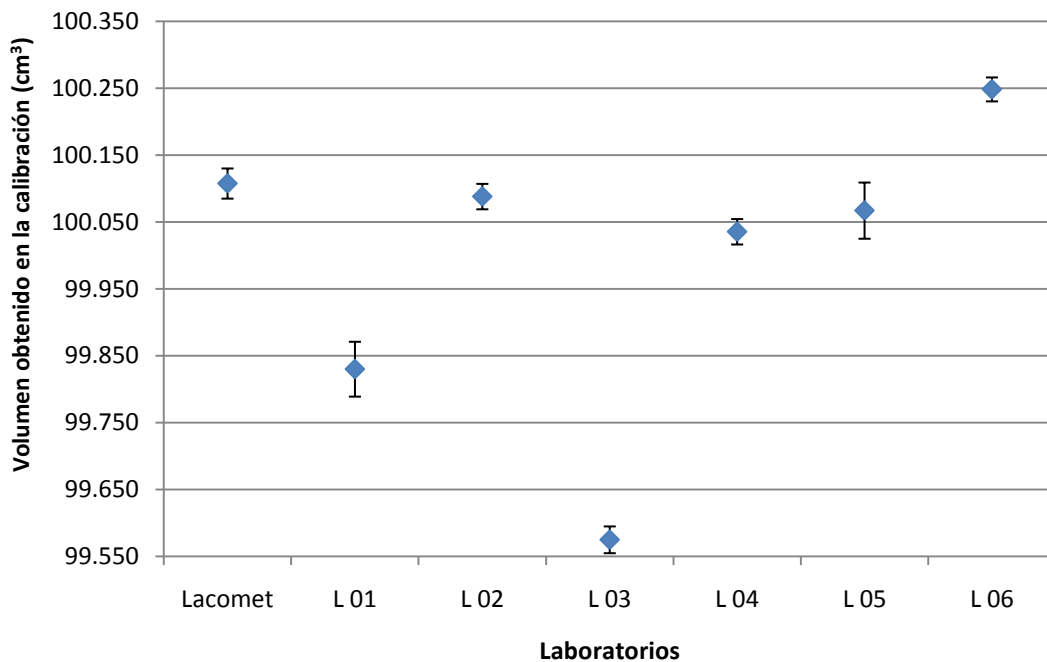


Figura 4. Resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 100 cm³ para contener, código 01.

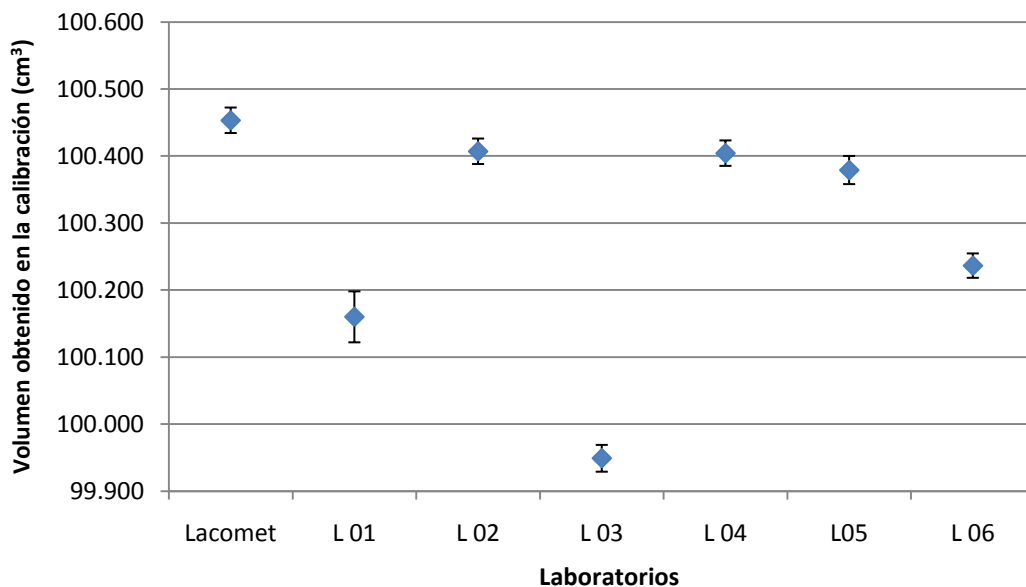


Figura 5. Resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 100 cm³ para contener, código 6.

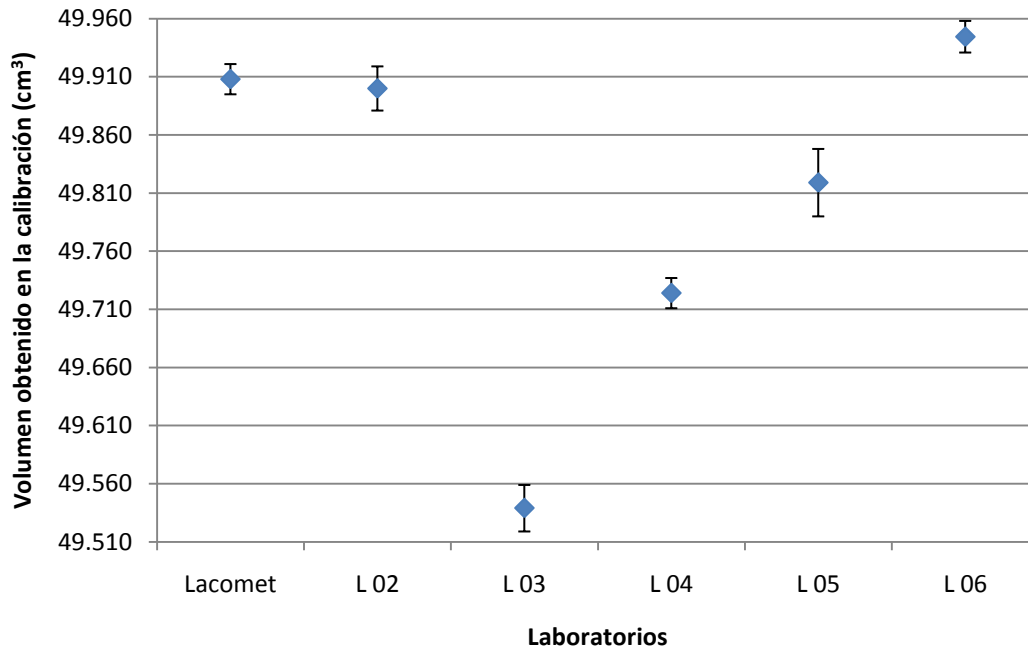


Figura 6. Resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 50 cm³ para verter, código 53.

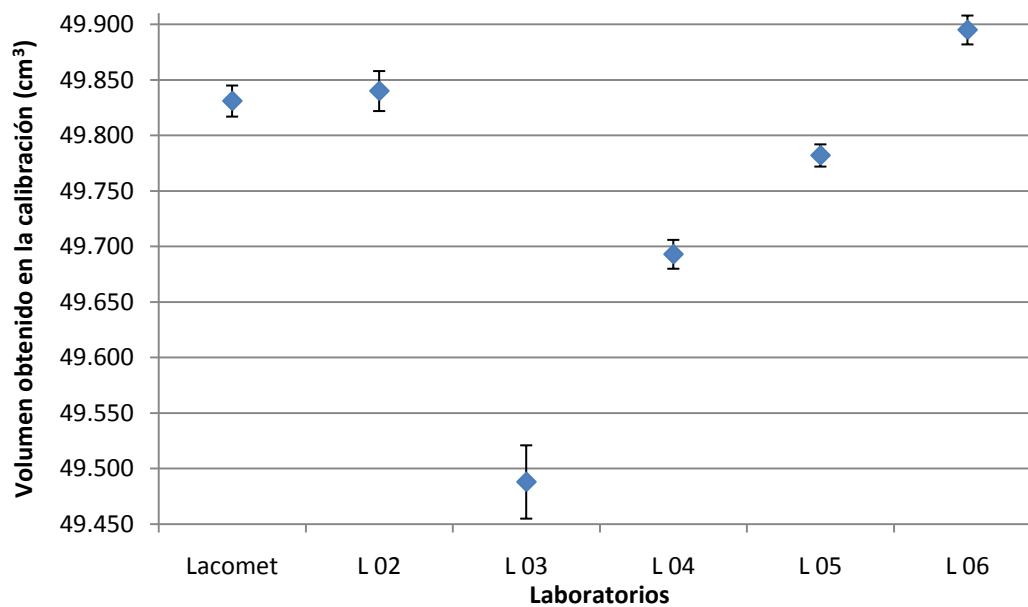


Figura 7. Resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 50 cm³ para verter, código 55.

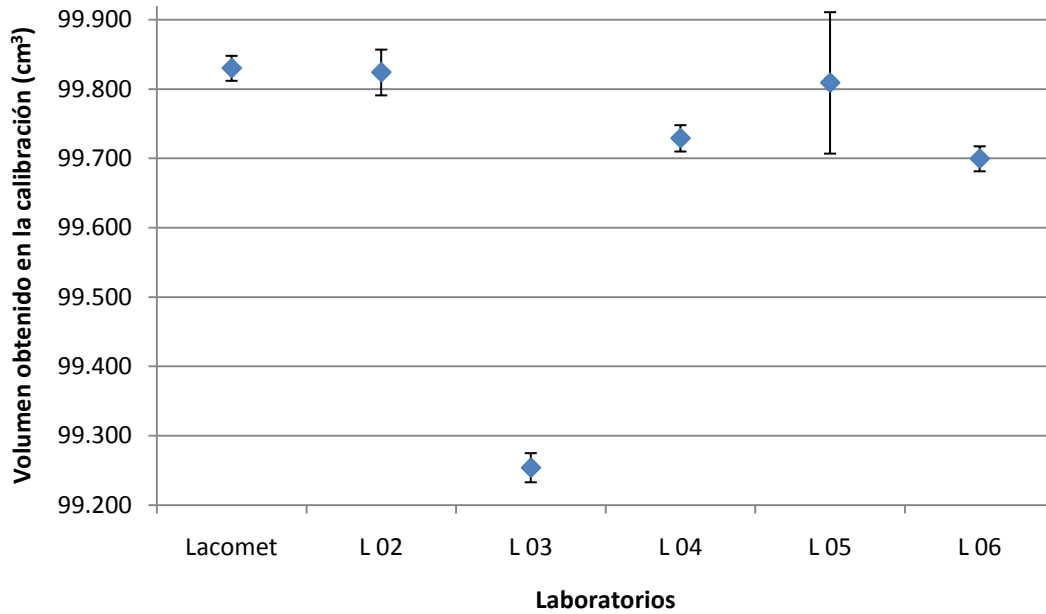


Figura 8. Resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 100 cm³ para verter, código 01.

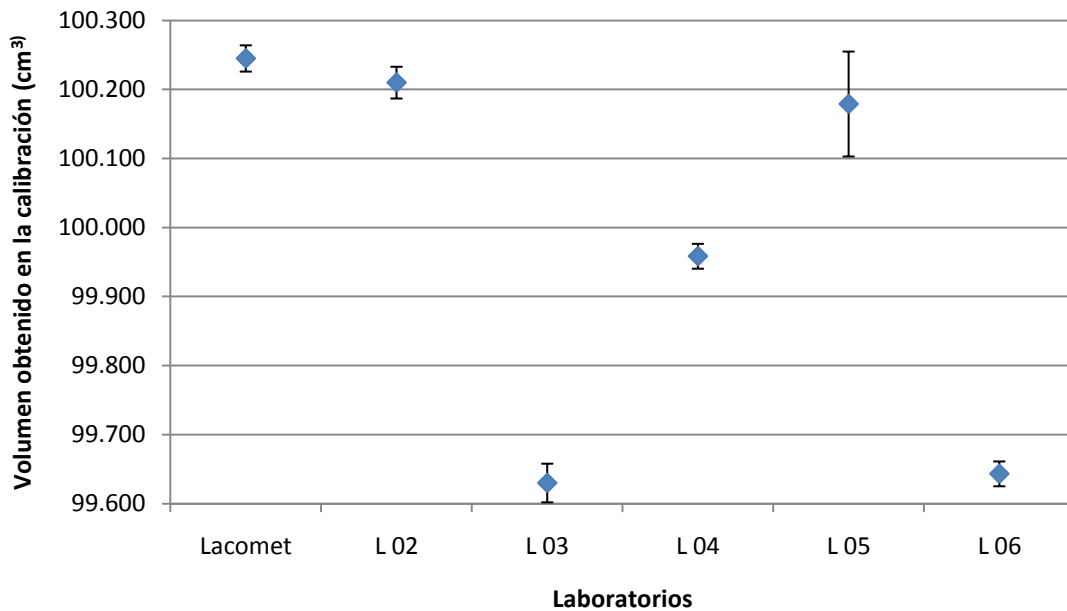


Figura 9. Resultados de los participantes de la calibración del equipo volumétrico, valor nominal de 100 cm³ para verter, código 6.