

# Comparación interlaboratorial de multímetros 2014

## 2014 Digital Multimeter Interlaboratory Comparison

Róger Meléndez-Poltronieri<sup>1</sup>, Isabel Castro-Blanco<sup>2</sup>,  
Harold Sánchez-Vargas<sup>3</sup>

---

*Fecha de recepción: 2 de setiembre de 2015*

*Fecha de aprobación: 15 de enero de 2016*

Meléndez-Poltronieri, R; Castro-Blanco, I; Sánchez-Vargas, H. Comparación interlaboratorial de multímetros 2014. *Tecnología en Marcha*. Vol. 29, N° 3. Pág 30-46.  
DOI: <http://dx.doi.org/tm.v29i3.2886>

- 1 Laboratorio Metrológico de Variables Eléctricas - Instituto Costarricense de Electricidad. Costa Rica. Correo Electrónico: [rmelendezpo@ice.go.cr](mailto:rmelendezpo@ice.go.cr)
- 2 Laboratorio Metrológico de Variables Eléctricas - Instituto Costarricense de Electricidad. Costa Rica. Correo electrónico: [bcastro@ice.go.cr](mailto:bcastro@ice.go.cr)
- 3 Laboratorio Metrológico de Variables Eléctricas - Instituto Costarricense de Electricidad. Costa Rica. Correo electrónico: [hsanchez@ice.go.cr](mailto:hsanchez@ice.go.cr)



## Palabras clave

Multímetros; comparación interlaboratorial; patrón viajero; calibración.

## Resumen

Los multímetros digitales se utilizan para numerosas aplicaciones y están entre los dispositivos más comunes calibrados por laboratorios de metrología. Las calibraciones de multímetros suelen realizarlas tanto los laboratorios secundarios como los estatales o privados. Es muy común que los institutos nacionales de metrología a menudo acepten multímetros digitales de precisión para la calibración con patrones de trabajo nacionales.

En este trabajo se describen y presentan los resultados de una comparación de multímetros entre laboratorios que se llevó a cabo en Costa Rica, entre marzo y noviembre de 2014, por el Laboratorio Metrológico de Variables Eléctricas del Instituto Costarricense de Electricidad, en su rol de Instituto Metrológico Nacional designado en este país para las áreas de Electricidad, Magnetismo, Tiempo y Frecuencia. En la comparación participaron diez laboratorios e involucró la rotación de un multímetro como patrón viajero.

## Keywords

Digital multimeter; interlaboratory comparison; travel standard; calibration.

## Abstract

Digital Multimeters are used for numerous applications and are among the most common devices calibrated by metrology laboratories. Their calibrations are typically carried out by secondary laboratories, as well as state or private laboratories. In small countries, the national metrology institute often accepts digital multimeters for calibration with the national standard.

This paper presents and describes the results of a multimeter comparison conducted in Costa Rica, from march 2014 until november 2014, by the Instituto Costarricense de Electricidad - Laboratorio Metrológico de Variables Eléctricas as a designated National Metrology Institute in Costa Rica for Electricity, Magnetism, Time and Frequency. The comparison involved ten participating laboratories and one digital multimeter (travelling standard).

## Introducción

La comparación de multímetros digitales (DMM) se realiza con el propósito de comparar las capacidades de medición de los laboratorios que ofrecen calibraciones de multímetros a sus clientes, o las utilizan en sus procesos para mejorar sus métodos de calibración. Además, amplía la colaboración metrológica que ha existido recientemente entre los laboratorios que hacen calibraciones en variables de corriente directa y baja frecuencia y el Laboratorio Metrológico de Variables Eléctricas (LMVE).

El nivel de experiencia de los laboratorios participantes era muy variado. Algunos realizan calibraciones de manera rutinaria, mientras que otros no tenían experiencia previa, y en esta oportunidad calibraron un multímetro por primera vez. Por esta razón, a cada participante se le permitió seleccionar su propio método de calibración, basado en la instrumentación y la experiencia disponibles. Cada participante también fue responsable de realizar su propia

estimación de la incertidumbre de medición, utilizando métodos coincidentes con los descritos en la Guía para la Incertidumbre de la Medición (GUM) [1] [2].

El LMVE fue el laboratorio piloto para la comparación. El cuadro 1 muestra los laboratorios participantes y los contactos técnicos.

**Cuadro 1.** Laboratorios participantes y contactos ofrecidos

Laboratorio	Persona de contacto	Teléfono
ICE - LACAME	William Bonilla Martín	(+506) 2001-5962
SCM Metrología y Laboratorios, S.A.	Helber Meneses	(+506) 2431-5252
ICE - Laboratorio de Metrología LAMETRO	Johnny Jiménez	(+506) 2247-8169
MET-CAL Engineering Services S.A.	Montgomery Miralles	(+506) 2286-4286
ELVATRON	Oscar Sibaja	(+506) 2242 9960 ext. 315
A1 Calibration Laboratory S.A.	Ricardo Salazar	(+506) 2440-4010
Calibraciones de América CAMERICA S.A.	Luis Abarca	(+506) 2280-2886
ICE - LACVE	Jairo Garita	(+506) 2501-1045
ETESAL S.A.	Yancy Cruz	(+503) 2507-6856
ICE - LEE	Heyleen Villalta	(+506) 2000-4128

### Programación y logística de la comparación

Para la circulación del multímetro patrón se propuso un circuito de traslado adecuado entre los laboratorios participantes y el laboratorio piloto, que consistió en las mediciones intermedias del LMVE tras la medición de dos participantes, con el fin de obtener una verificación del valor del patrón de manera periódica tras la movilización a lo largo de la ronda de la comparación.

Como parte del tiempo de medición, se consideraron el tiempo requerido para la estabilización y mediciones en cada laboratorio, así como el tiempo para el transporte adecuado. Los participantes cumplieron con la agenda acordada, de manera que los tiempos estimados se consideran adecuados para el ejercicio en cuestión.

El cuadro 2 muestra la programación de mediciones, en la que se puede ver que el LMVE efectuó sus mediciones también al inicio y al final de la comparación.

El programa se completó en el plazo esperado. Las características metrológicas del multímetro patrón viajero se mantuvieron estables durante este período, lo que permite establecer una comparación válida.

**Cuadro 2.** Programa de mediciones

Laboratorio	Fecha de medición	Fecha de transporte
LMVE	2014-03-17 a 2014-07-17	2014-07-18
ELVATRON	2014-07-21 a 2014-07-24	2014-07-28
ICE - LACAME	2014-07-29 a 2014-08-01	2014-08-04
LMVE	2014-08-04 a 2014-08-07	2014-08-08
ICE- LAMETRO	2014-08-11 a 2014-08-14	2014-08-18
ICE -LACVE	2014-08-19 a 2014-08-22	2014-08-25
LMVE	2014-08-25 a 2014-08-28	2014-08-29
CAMERICA	2014-09-01 a 2014-09-04	2014-09-05
MET-CAL	2014-09-08 a 2014-09-11	2014-09-12
LMVE	2014-09-16 a 2014-09-19	2014-09-22
SCM	2014-09-23 a 2014-09-26	2014-09-29
A1	2014-09-30 a 2014-10-03	2014-10-06
LMVE	2014-10-06 a 2014-10-07	2014-10-07
ICE - LEE	2014-11-07 a 2014-11-10	2014-11-10
LMVE	2014-11-10 a 2014-11-13	2014-11-14
ETESAL	2014-10-13 a 2014-10-23 (incluye traslado Costa Rica-El Salvador)	2014-10-24
LMVE	2014-10-27 a 2014-11-06	2014-11-07
LMVE	2014-11-17	-

### Mensurando

El mensurando se definió como el porcentaje de error del valor medido por el patrón viajero de la comparación [3], en función del valor aplicado por el patrón de cada participante; según se muestra en la ecuación 1:

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Valor medido} - \text{Valor aplicado}}{\text{Valor aplicado}} \cdot 100 \quad (1)$$

### Multímetro patrón viajero

El patrón viajero que se utilizó corresponde a un multímetro digital marca Fluke, modelo 8808 A, número de serie 9545125, identificación CSTA-0017, código I-5055, con una resolución de 5.5 dígitos, pantalla de doble modo de visualización y precisión base para tensión eléctrica dc de 0,015% (fig 1). El ICE-LMVE mantiene un historial de la estabilidad del patrón viajero en todos los puntos de la comparación.

Nota: El uso de este equipo por parte del ICE-LMVE no implica ningún aval comercial del LMVE para esta marca y modelo.



**Figura 1.** Multímetro digital utilizado como patrón viajero

El multímetro viajó en una caja de protección Fluke destinada para su traslado. Cada participante usó sus procedimientos normales para el transporte y entrega del equipo.



**Figura 2.** Multímetro en la caja utilizada para el transporte

El LMVE usó el método de calibración por comparación directa del valor generado por el patrón (calibrador multifunción) y el valor medido por el multímetro patrón viajero.

Las mediciones realizadas por el laboratorio piloto corresponden al porcentaje de error del valor medido por el multímetro patrón viajero, relativas a los valores generados por el patrón (calibrador multifunción). Las mediciones corresponden a promedios de 10 lecturas que se realizaron cada segundo. Este método de calibración está respaldado por el alcance de

acreditación vigente del LMVE ante el Ente Costarricense de Acreditación (ECA) [4]. La mayor contribución a la incertidumbre de la medición por el LMVE corresponde, en la mayoría de los casos, al componente por resolución del objeto bajo prueba (patrón viajero). El cuadro 3 muestra los resultados de calibración del multímetro patrón.

**Cuadro 3.** Resultados de calibración inicial y final del multímetro patrón

P. No.	Función	Escala Objeto Bajo Prueba	Valor gen. por el patrón	Var. Indep.	Calibración inicial				Calibración final			
					Error del Objeto Bajo Prueba	Unid	Incert.	Factor de Cobertura (k)	Error del Objeto Bajo Prueba	Unid	Incert.	Factor de Cobertura (k)
1	Tensión Eléctrica Directa	2 V	1	N/A	0.001 09	%	0.000 83	2.01	0.001 09	%	0.000 83	2.01
2		20 V	10	N/A	-0.000 88	%	0.000 70	2.01	-0.000 78	%	0.000 73	2.01
3	Tensión Eléctrica Alterna	2 V	1	60 Hz	0.020 0	%	0.008 1	2.01	0.019 1	%	0.008 1	2.01
4		2 V	1	1 kHz	-0.004 4	%	0.006 8	2.01	-0.004 5	%	0.006 8	2.01
5		200 V	100	60 Hz	-0.024 0	%	0.006 3	2.01	-0.048 2	%	0.006 3	2.01
6		200 V	100	1 kHz	-0.040 1	%	0.007 2	2.01	-0.065 0	%	0.007 2	2.01
7	Corriente Eléctrica Directa	20 mA	10	N/A	-0.011	%	0.010	2.00	-0.008	%	0.010	2.00
8		2 A	1	N/A	0.007	%	0.010	2.01	0.008	%	0.010	2.01
9	Corriente Eléctrica Alterna	20 mA	10	60 Hz	-0.004	%	0.017	2.01	-0.007	%	0.017	2.01
10		20 mA	10	1 kHz	-0.013	%	0.016	2.01	-0.014	%	0.016	2.01
11		2 A	1	60 Hz	0.020	%	0.031	2.01	0.016	%	0.031	2.01
12		2 A	1	1 kHz	0.009	%	0.031	2.01	0.007	%	0.031	2.01
13	Resist. Eléctrica	200 Ω	10	N/A	0.019 8	%	0.006 6	2.01	0.023 8	%	0.007 0	2.02
14		20 kΩ	10	N/A	-0.000 7	%	0.001 1	2.01	-0.001 3	%	0.001 1	2.01
15		20 MΩ	10	N/A	-0.017 9	%	0.004 2	2.01	-0.025 6	%	0.004 2	2.01

En el cuadro 3 se muestran datos puntuales para una calibración del LMVE al inicio de la comparación y otra al final de esta. Sin embargo, para el cálculo del valor de referencia en cada punto, el LMVE utilizó el promedio de las mediciones realizadas a lo largo de la comparación de multímetros. Los valores de referencia del LMVE están respaldados por calibraciones de sus patrones realizadas por institutos metrológicos nacionales y la participación en comparaciones internacionales del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) [5], [6], [7], [8], [9].

## Formato de presentación de datos y descripción de los métodos de calibración

A los participantes se les pidió presentar sus resultados utilizando el formulario que se muestra en los cuadros 4 y 5. No todos siguieron el formato y esto hizo que se omitiera alguna información. Sin embargo, la información recolectada de cada participante fue suficiente para establecer una base para la comparación.

**Cuadro 4.** Formulario para entrega de resultados

Fecha de la calibración		
Fecha de inicio	aaaa-mm-dd hh:mm:ss	
Fecha de finalización	aaaa-mm-dd hh:mm:ss	
Configuración de la calibración		
Responsable de la toma de datos		
Patrón utilizado		
Trazabilidad		
Método utilizado		
Condiciones ambientales		
Temperatura máxima		°C
Temperatura mínima		
Humedad máxima		%
Humedad mínima		

Cada laboratorio seleccionó su método de calibración. A continuación, se describen brevemente los diferentes métodos que existen para la calibración de multímetros digitales.

### Método Comparación Directa

Este es el método que se utiliza más comúnmente para calibrar multímetros digitales. Con él, se comparan directa e instantáneamente los valores proporcionados por el instrumento de medición (patrón viajero) con los valores proporcionados por un patrón (el de cada laboratorio).

### Método de Calibración por Transferencia

Este procedimiento es la base de otros métodos de calibración, entre los cuales están: diferencial, relación y sustitución. En el método de calibración por transferencia se comparan los valores proporcionados por el instrumento de medición sujeto a calibración, con los valores suministrados por un patrón (valor de referencia), a través de un patrón de transferencia, incluso en diferente tiempo y lugar.

El método de calibración por transferencia incluye las mismas pruebas que los otros procedimientos, dado que las pruebas están destinadas a determinar las diferentes características metrológicas del instrumento de medición sujeto a calibración. La ventaja de este método es que no requiere forzosamente estabilidad en el sistema o mensurando, dado

que con la secuencia de toma de datos y el cálculo de los errores se puede eliminar la deriva a corto plazo, que es un componente inevitable cuando las mediciones no se realizan al mismo tiempo o en forma instantánea.

**Cuadro 5.** Resultado de la calibración

Punto No.	Función	Escala Objeto Bajo Prueba	Valor generado por el patrón	Variable Independiente	Error del Objeto Bajo Prueba	Unidades*	Incertidumbre	Factor de Cobertura (k)
1	Tensión Eléctrica Directa	2 V	1	N/A		%		
2		20 V	10	N/A		%		
3	Tensión Eléctrica Alterna	2 V	1	60 Hz		%		
4		2 V	1	1 kHz		%		
5		200 V	100	60 Hz		%		
6		200 V	100	1 kHz		%		
7	Corriente Eléctrica Directa	20 mA	10	N/A		%		
8		2 A	1	N/A		%		
9	Corriente Eléctrica Alterna	20 mA	10	60 Hz		%		
10		20 mA	10	1 kHz		%		
11		2 A	1	60 Hz		%		
12		2 A	1	1 kHz		%		
13	Resistencia Eléctrica	200 Ω	10	N/A		%		
14		20 kΩ	10	N/A		%		
15		20 MΩ	10	N/A		%		

\* El error del Objeto Bajo Prueba y la Incertidumbre se presentan en las unidades indicadas en la columna "Unidades".

### Resultado de mediciones

Los resultados de la medición y la incertidumbre estimada por cada participante se muestran en el cuadro 6.

Como se ha indicado anteriormente, cada participante fue responsable de proveer su propia estimación de la incertidumbre de la medición, pero el formulario de presentación (cuadro 4) no les exigía incluir el análisis de la incertidumbre total. El análisis o cálculo de incertidumbre no se incluye en este informe, sin embargo, la mayoría de los laboratorios utiliza el método de suma de la raíz de los cuadrados de cada componente de incertidumbre [10]:

$$U = k\sqrt{U_A^2 + U_B^2} \quad (2)$$



donde:

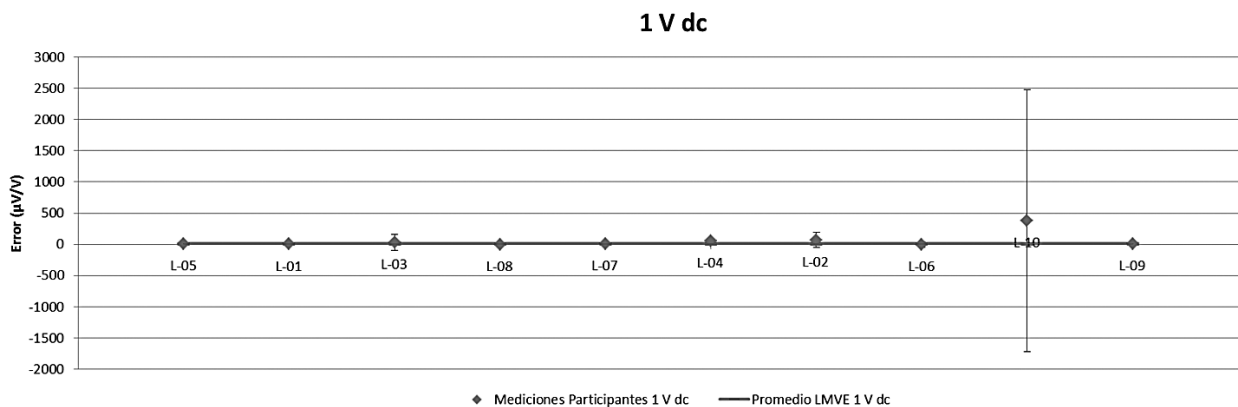
$k$  = es el factor de cobertura (2 en todos los casos), es el cuadrado de la incertidumbre evaluada Tipo A (debida a la variabilidad de las mediciones) y es el cuadrado de la incertidumbre evaluada Tipo B (otras componentes).

Hay considerables variaciones en algunos de los resultados de las mediciones reportadas por los diversos laboratorios, como puede verse en las Gráficas de Resultados de los Participantes para cada valor medido (figuras 3 a 17).

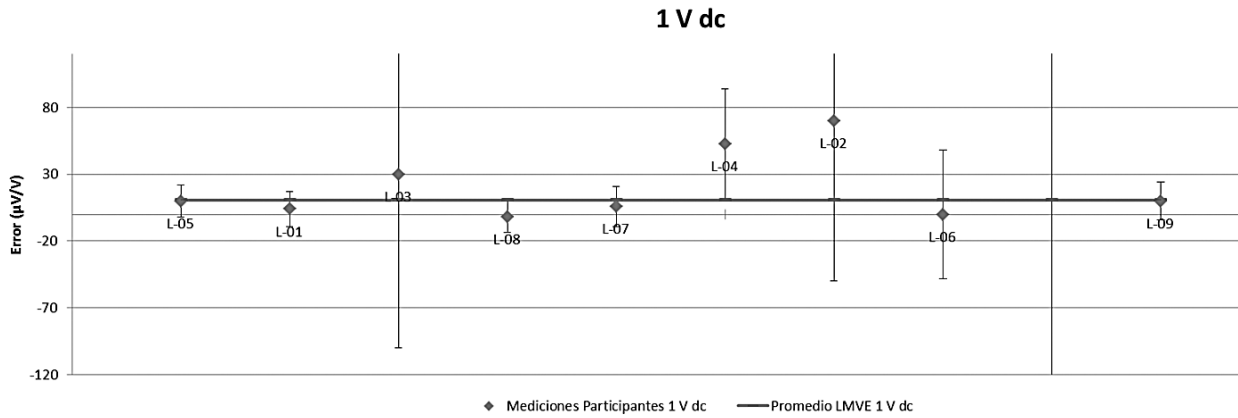
**Cuadro 6.** Resultados de los participantes en  $\mu$ Unidad/Unidad\*

Punto No.	LMVE		L-01		L-02		L-03		L-04		L-05		L-06		L-07		L-08		L-09		L-10	
	e	u	e	u	e	u	e	u	e	u	e	u	e	u	e	u	e	u	e	u	e	u
1	11	8	4	13	70	120	30	130	53	41	10	12	0	48	6	15	-2	12	10	14	380	2100
2	1	7	-4	14	38	120	-80	140	19	53	-8	14	0	54	-14	16	-13	31	-16	15	100	298
3	196	81	180	200	460	680	290	810	572	295	190	160	180	340	160	220	180	163	140	210	0	250
4	-35	68	-10	200	150	680	26	810	47	1387	10	160	-30	340	-40	210	-46	163	-51	210	-	-
5	-343	63	-250	410	-340	530	-510	700	-182	279	-370	160	-470	482	-380	220	-380	163	-490	210	280	95
6	-491	72	-430	410	-530	540	-680	700	-440	467	-530	160	-540	477	-510	220	-587	163	-670	210	-	-
7	-77	102	-10	110	48	270	96	320	-138	113	-6	97	40	592	70	130	-1	465	-2	130	-1780	135
8	84	95	100	7600	150	830	200	860	82	1126	96	190	70	280	130	260	197	4264	86	240	-140	300
9	-18	166	130	890	-150	1200	110	2700	-438	1037	160	470	60	959	260	620	158	2636	69	600	460	100
10	-81	164	90	890	-100	1200	140	2700	-457	3050	140	470	180	959	170	160	96	2636	77	600	-	-
11	211	306	300	9200	260	1700	510	2000	502	2405	300	470	200	1150	380	330	393	6202	240	600	580	92
12	118	306	100	9200	-210	17	140	2000	32	8314	280	470	130	1150	190	330	315	6202	240	600	-	-
13	248	68	86	71	-2800	1400	300	1500	5207	89	140	140	-50	1505	0	74	-240	162	-10	160	-	-
14	-4	11	-29	25	-60	320	-130	300	-46	13	-30	24	-10	124	-1	30	-32	25	1	31	-	-
15	-222	42	-230	300	-400	2000	-66	980	-627	104	-170	100	-310	530	-240	140	-314	107	-320	140	-	-

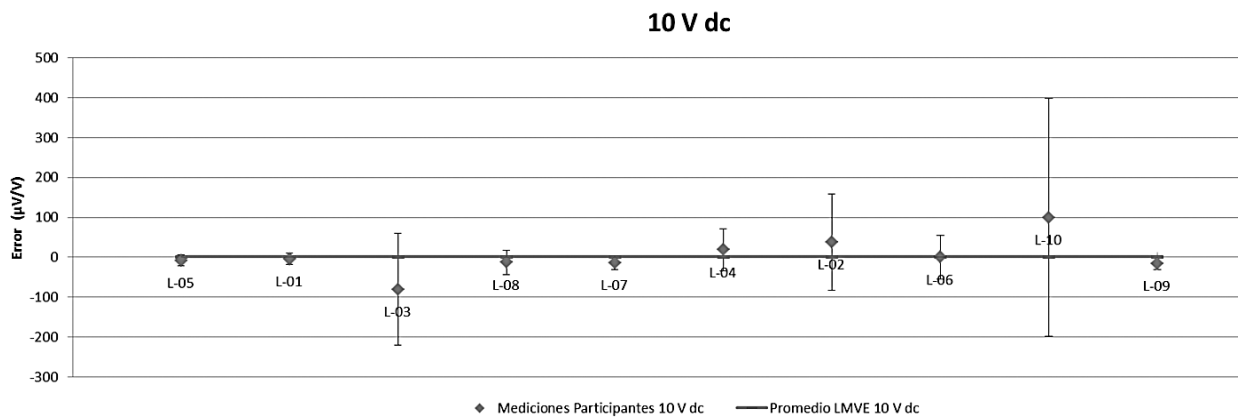
\*e y u corresponden al error y la incertidumbre de cada participante en microunidades por unidad ( $\mu$ Unidad/Unidad).



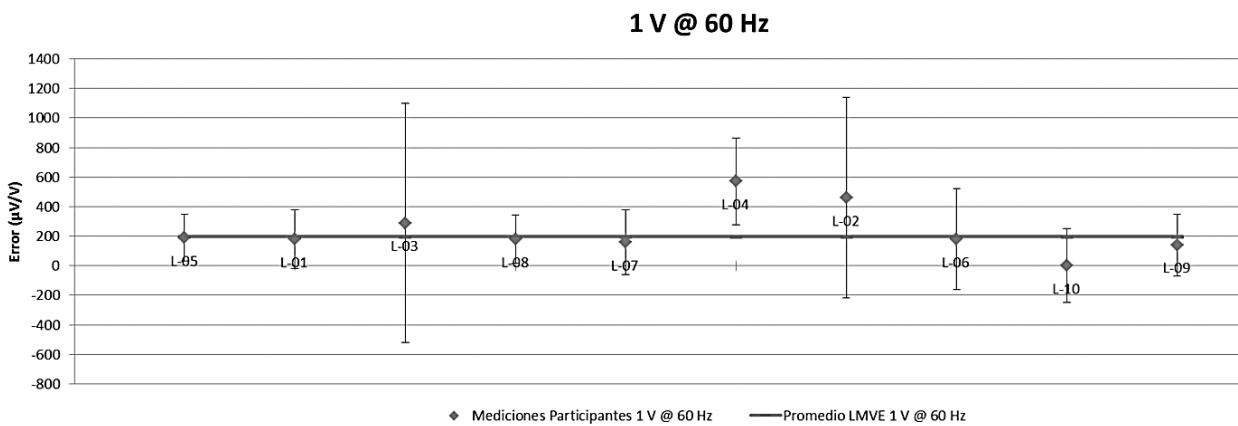
**Figura 3.** Resultados de los participantes en Tensión Eléctrica Directa 1 V



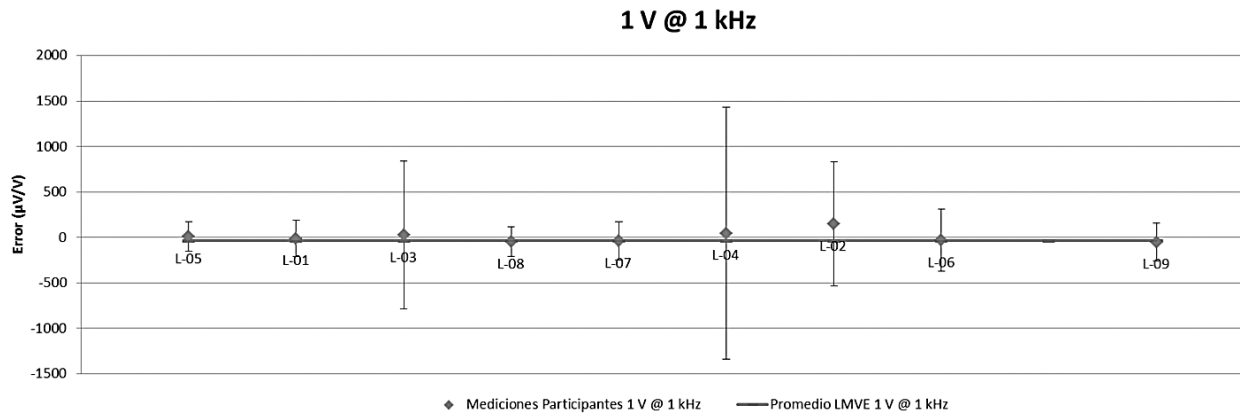
**Figura 3.1** Resultados de los participantes en Tensión Eléctrica Directa 1 V



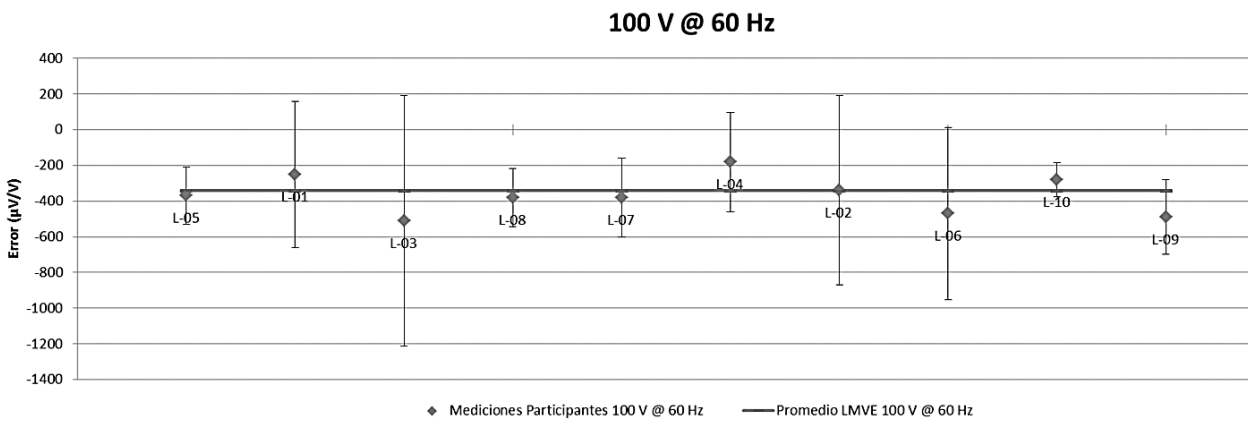
**Figura 4.** Resultados de los participantes en Tensión Eléctrica Directa 10 V



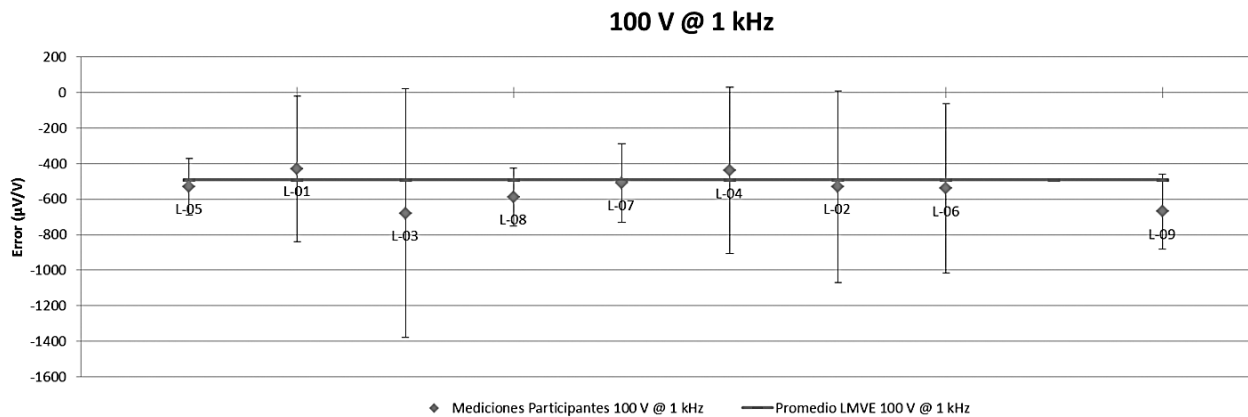
**Figura 5.** Resultados de los participantes en Tensión Eléctrica Alterna 1 V @ 60 Hz



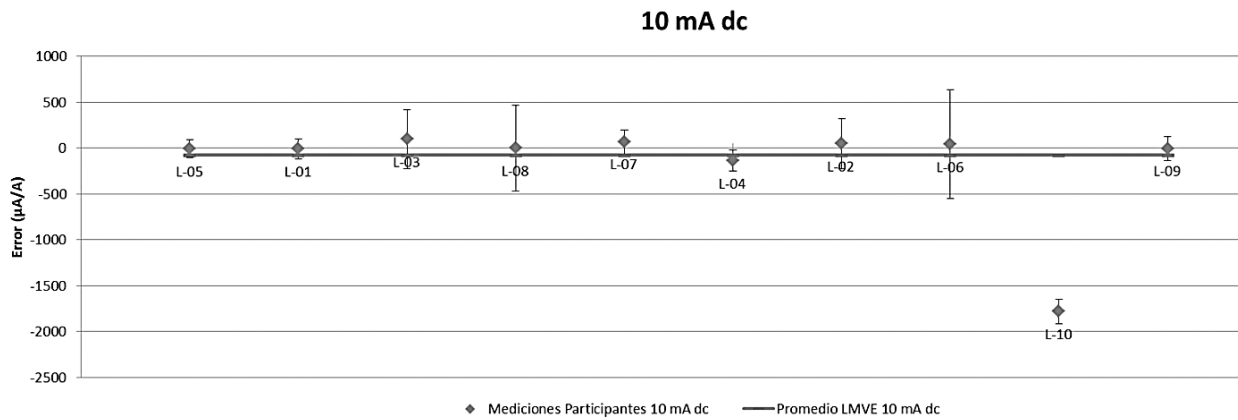
**Figura 6.** Resultados de los participantes en Tensión Eléctrica Alterna 1 V @ 1 kHz



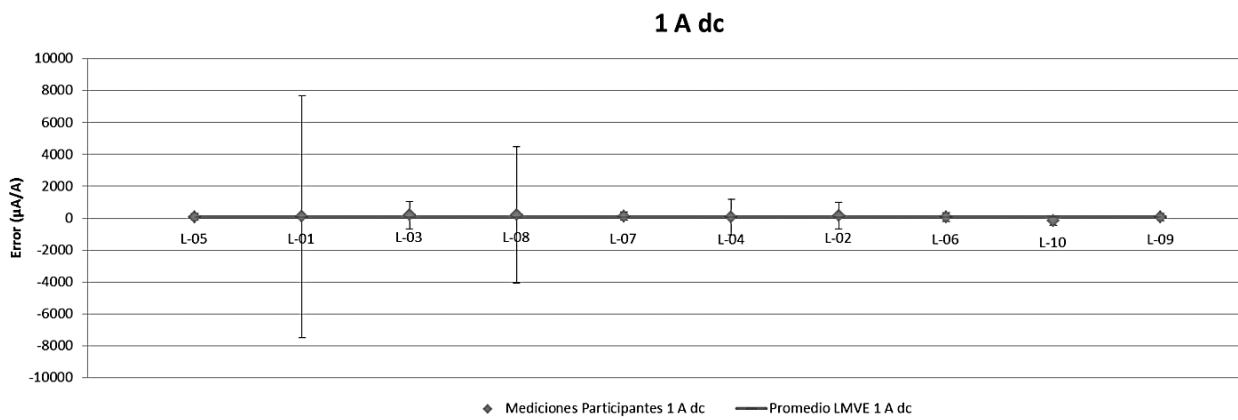
**Figura 7.** Resultados de los participantes en Tensión Eléctrica Alterna 100 V @ 60 Hz



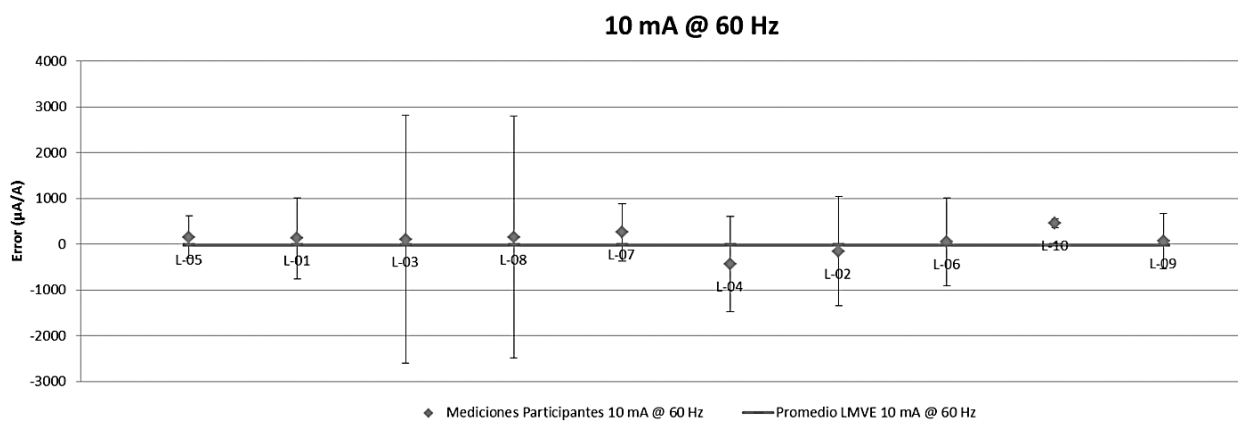
**Figura 8.** Resultados de los participantes en Tensión Eléctrica Alterna 100 V @ 1 kHz



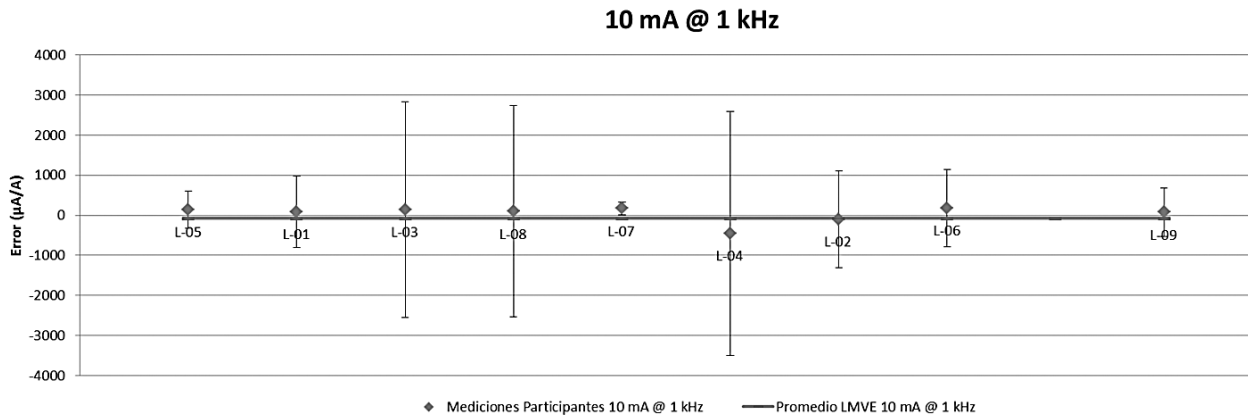
**Figura 9.** Resultados de los participantes en Corriente Eléctrica Directa 10 mA



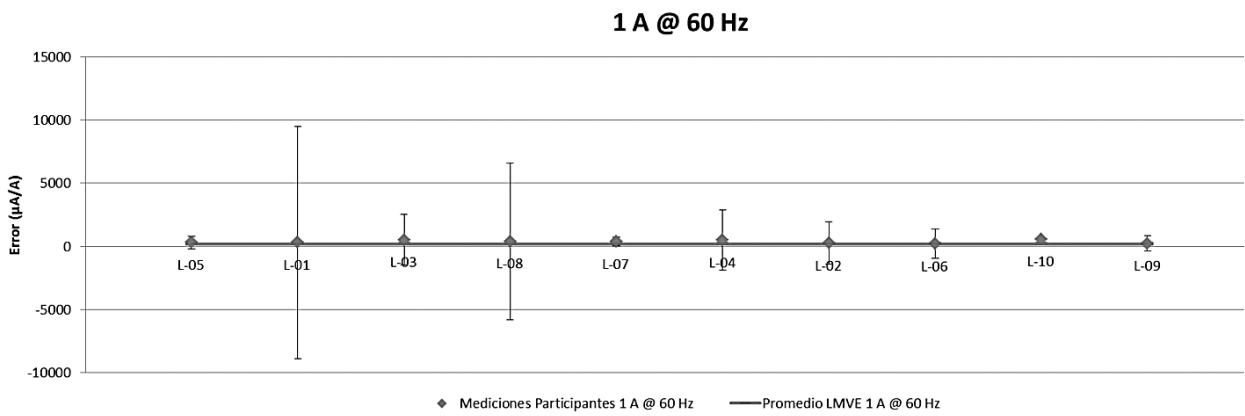
**Figura 10.** Resultados de los participantes en Corriente Eléctrica Directa 1 A



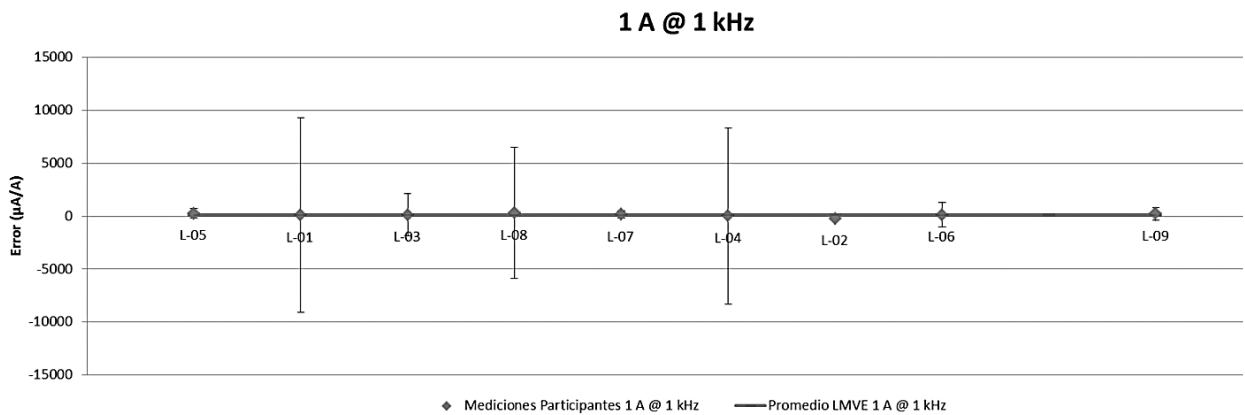
**Figura 11.** Resultados de los participantes en Corriente Eléctrica Alterna 10 mA @ 60 Hz



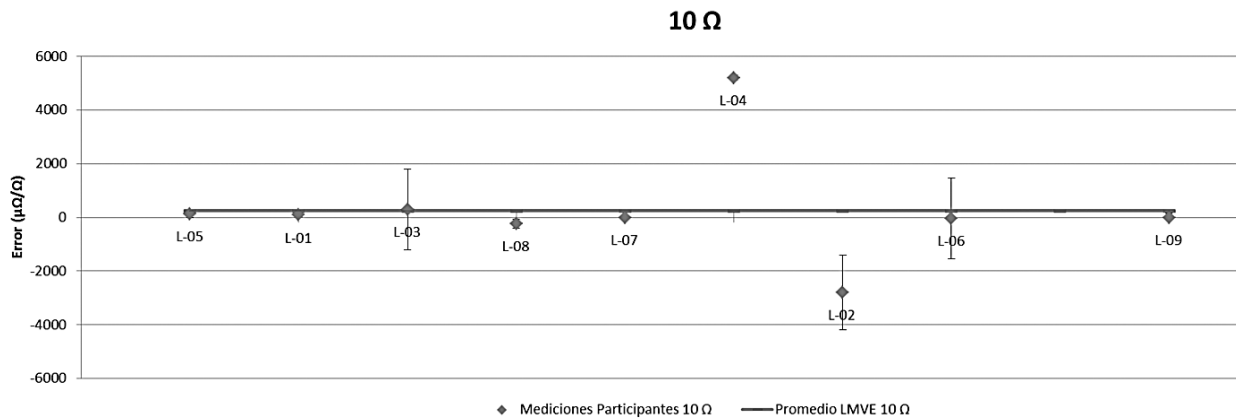
**Figura 12.** Resultados de los participantes en Corriente Eléctrica Alterna 10 mA @ 1 kHz



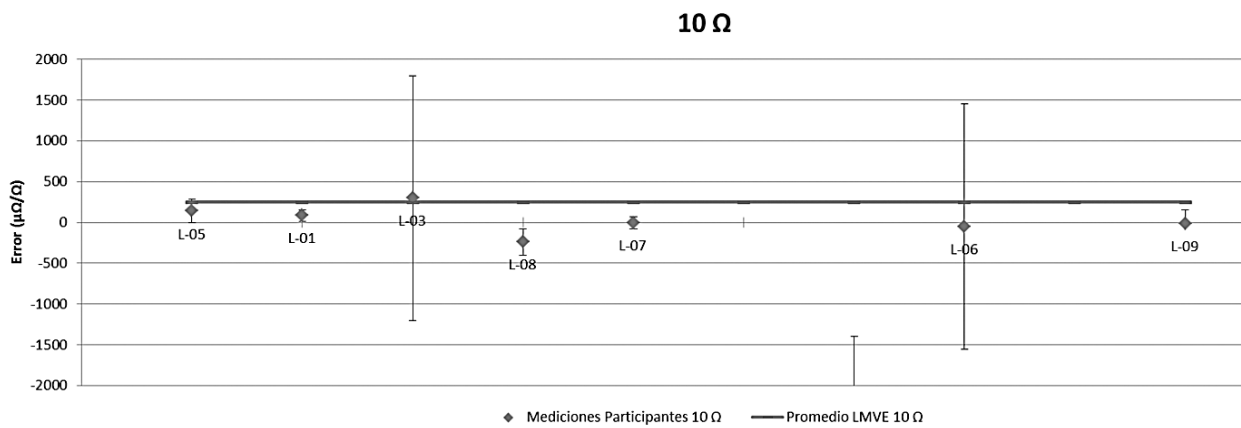
**Figura 13.** Resultados de los participantes en Corriente Eléctrica Alterna 1 A @ 60 Hz



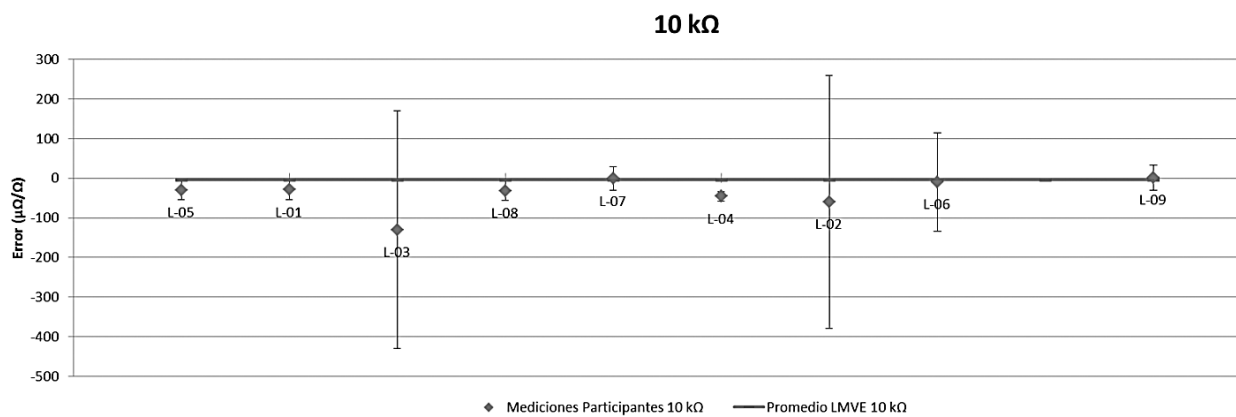
**Figura 14.** Resultados de los participantes en Corriente Eléctrica Alterna 1 A @ 1 kHz



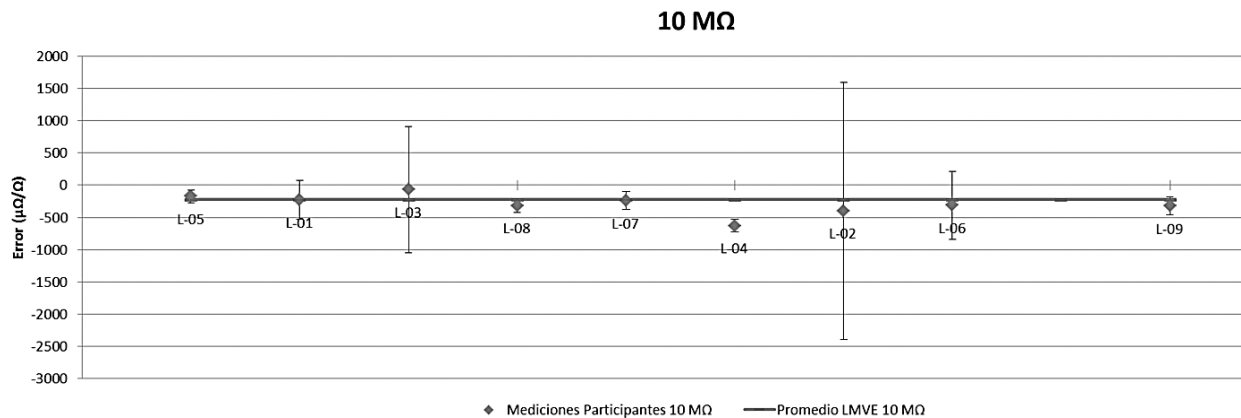
**Figura 15.** Resultados de los participantes en Resistencia Eléctrica 10 Ω



**Figura 15.1** Resultados de los participantes en Resistencia Eléctrica 10 Ω



**Figura 16.** Resultados de los participantes en Resistencia Eléctrica 10 kΩ



**Figura 17.** Resultados de los participantes en Resistencia Eléctrica 10 MΩ

**Cuadro 7.** Valores de Error Normalizado

16Punto 17No.	Error Normalizado									
	L-01	L-02	L-03	L-04	L-05	L-06	L-07	L-08	L-09	L-010
1	0.45	0.49	0.15	1.00	0.06	0.22	0.29	0.89	0.06	0.18
2	0.31	0.31	0.58	0.33	0.57	0.02	0.85	0.44	1.01	0.33
3	0.07	0.39	0.12	1.23	0.03	0.05	0.15	0.09	0.25	0.75
4	0.12	0.27	0.08	0.06	0.26	0.02	0.02	0.06	0.07	
5	0.22	0.01	0.24	0.56	0.16	0.26	0.16	0.21	0.67	0.55
6	0.15	0.07	0.27	0.11	0.22	0.10	0.08	0.54	0.81	
7	0.44	0.43	0.51	0.40	0.50	0.19	0.89	0.16	0.45	10.06
8	0.00	0.08	0.13	0.00	0.06	0.05	0.17	0.03	0.01	0.71
9	0.16	0.11	0.05	0.40	0.36	0.08	0.43	0.07	0.14	2.47
10	0.19	0.02	0.08	0.12	0.44	0.27	1.09	0.07	0.25	
11	0.01	0.03	0.15	0.12	0.16	0.01	0.38	0.03	0.04	1.16
12	0.00	1.07	0.01	0.01	0.29	0.01	0.16	0.03	0.18	
13	1.65	2.17	0.03	44.45	0.69	0.20	2.47	2.78	1.48	
14	0.93	0.18	0.42	2.53	1.00	0.05	0.09	1.05	0.15	
15	0.03	0.09	0.16	3.61	0.48	0.16	0.12	0.80	0.67	

## Resumen y conclusiones

Durante el desarrollo del ejercicio de intercomparación, el patrón viajero no tuvo cambios evidentes (cambios de funcionamiento, corrimientos de valor), por lo que su comportamiento es adecuado para los fines de este ejercicio.

Para el análisis de resultados, los valores establecidos como referencia fueron los del LMVE, con las siguientes consideraciones:

- a. Se tomó la incertidumbre de cada punto como el promedio de las incertidumbres obtenidas por el LMVE a lo largo de toda la comparación.
- b. El promedio del error de las calibraciones realizadas por el LMVE se tomó como la referencia.

La evaluación del desempeño se estimó con base en el criterio del error normalizado (cuadro 7). Los valores absolutos de error normalizado menores o iguales a la unidad indican buena compatibilidad; los valores absolutos mayores a 1 indican que el sistema de medición del laboratorio requiere mejoras.

En total, cada laboratorio analizó 15 puntos y de los 10 laboratorios participantes solo tres obtuvieron todos los puntos con valor absoluto del error normalizado menor o igual a 1. De los valores superiores a 1, cinco laboratorios obtuvieron valores absolutos del error normalizado (en algunos puntos) muy cercanos a la unidad (ligeramente superior). Dos laboratorios obtuvieron en algunos puntos valores absolutos del error normalizado más alejados de 1 (superiores).

Se evidencia que los mayores valores para el error normalizado se obtuvieron en la función de resistencia eléctrica, específicamente para el valor de  $10 \Omega$ .

Es evidente que existieron problemas de configuración del patrón utilizado para medir este valor. Existe una configuración adecuada y responde a acoples de impedancia entre algunos patrones (Fluke 5520 A) y el multímetro digital para valores de resistencia de bajo valor.

Todos los laboratorios hicieron la calibración utilizando el método por comparación directa. Para ciertos puntos, un laboratorio lo combinó con el método por transferencia. Además, algunos laboratorios dieron a conocer explícitamente que no hacen corrección del valor del error de su patrón.

Se considera que los resultados de este ejercicio de intercomparación son muy buenos para la red nacional de servicios de calibración de multímetros, ya que el 95% de los valores obtenidos en la comparación por los laboratorios participantes fue compatible con los valores de referencia.

La comparación mostró diferencias a considerar entre los participantes, para lo cual se debe tomar en cuenta que algunos laboratorios no tenían una amplia experiencia previa con calibraciones de multímetros digitales.

Se espera que en futuras comparaciones se dé un trabajo para mejorar las capacidades de calibración y medición de los participantes y fortalecer aún más la cooperación *entre los laboratorios*.

## Bibliografía

- [1] Evaluation of measurement data. Guide to the expression of uncertainty in measurement, JCGM 100:2008.
- [2] Fan-Zhang, N. (February, 2006). The uncertainty associated with the weighted mean of measurement data. *Metrologia*, 43, 195-204. Obtenido de <http://iopscience.iop.org/0026-1394/43/3/002>
- [3] CIPM. (March 1999). *Guidelines for CIPM key comparisons*. Obtenido de file:///C:/Users/romele1/Downloads/guidelines%20(1).pdf
- [4] Ente Costarricense de Acreditación, ECA. (2014) Obtenido de [http://www.eca.or.cr/acr\\_lab.php?t=c](http://www.eca.or.cr/acr_lab.php?t=c).
- [5] Bennet, D., Laiz, H., Oldham, N., Ortega, R. & Sánchez, H. (1997-2000). *Draft A SIM.EM-S1 (SIM.1.1 .a to e) SIM International Comparison of Electrical Units*. Obtenido de [http://kcdb.bipm.org/appendixB/KCDB\\_ApB\\_info](http://kcdb.bipm.org/appendixB/KCDB_ApB_info).



asp?cmp\_idy=643&cmp\_cod=SIM%2EEM-S1&page=1&search=2&cmp\_cod\_search=SIM%2EEM-S1&met\_idy=&bra\_idy=&epo\_idy=&cmt\_idy=&ett\_idy\_org=&lab\_idy=&cou\_cod

- [6] Sánchez, H. et al. (December, 2000). SIM Comparison of Electrical Units. *Metrologia*. Obtenido de [http://www.nist.gov/manuscript-publication-search.cfm?pub\\_id=17128](http://www.nist.gov/manuscript-publication-search.cfm?pub_id=17128)
- [7] Cioffi, J., Elmquist, R., Fan-Zhang, N., Ferreira, V., González, J., Hamilton, F., Izquierdo, D., Martínez, A., Montaluísa, J., Postigo, H., Ramos, R., Sánchez, H. & Ventura, R. (June 2007-October 2009). *SIM.EM-S5 Voltage, Current and Resistance Comparison*. Obtenido de [http://kcdb.bipm.org/appendixB/KCDB\\_ApB\\_info.asp?cmp\\_idy=644&cmp\\_cod=SIM.EM-S5&page](http://kcdb.bipm.org/appendixB/KCDB_ApB_info.asp?cmp_idy=644&cmp_cod=SIM.EM-S5&page)
- [8] Krishnan, R. (April 2011). *Supplementary Comparison on Digital Multimeter (P1.APMP.EM-S8)*. Obtenido de [http://kcdb.bipm.org/appendixb/appbresults/APMP.EM-S8/APMP.EM-S8\\_Technical\\_protocol.pdf](http://kcdb.bipm.org/appendixb/appbresults/APMP.EM-S8/APMP.EM-S8_Technical_protocol.pdf)
- [9] Centro Nacional de Metrología de México (CENAM). *Ensayos de Aptitud Técnica para calibración de Multímetros. (2014)* Obtenido de <http://www.cenam.gob.mx/servicios/paptitudtecnica/pelectrica.aspx>
- [10] Cox, M.G. (2002). The evaluation of key comparison data: An Introduction. *Metrologia*, 39, 587-595. Obtenido de <http://iopscience.iop.org/0026-1394/39/6/10>