

---

## **INFORME FINAL CORREGIDO**

### **ENSAYO INTERLABORATORIO** **“Calibración de Multímetros”**

Enero 2009

---

## 1. INTRODUCCION

Debido a las exigencias del mercado se requiere cada vez con más frecuencia que los laboratorios puedan mostrar una evaluación de la calidad de sus servicios.

Uno de los requerimientos de los sistemas de calidad es la demostración de la competencia técnica mediante la participación en ensayos interlaboratorio, ya que esto permite controlar sus resultados y evaluar los métodos de ensayo.

En este contexto hemos querido ofrecer un ejercicio de intercomparación para el ensayo de calibración de multímetros.

La calibración de multímetros permite diseminar la trazabilidad de las mediciones de tensión continua, corriente continua, tensión alterna, corriente alterna y resistencia, siendo el instrumento de medición con mayor impacto en la industria eléctrica.

## 2. ELEMENTOS ENVIADOS

### Elementos enviados

En la presente intercomparación se hizo circular por los laboratorios un multímetro digital modelo HP 34401, N° US36077416 de 6 1/2 dígitos

En este ejercicio participaron 6 laboratorios de Capital Federal y el Gran Buenos Aires, un laboratorio de Neuquén y 3 laboratorios de Córdoba.

La intercomparación consiste en medir el desvío del instrumento viajero en cada una de las siguientes magnitudes.

- 1) Tensión continua en 100 mV, 10 V y 1000 V
- 2) Corriente continua en 10 mA y 1 A
- 3) Tensión alterna en 100 mV @ 1kHz, 10 V @ 10 Hz, 10 V @ 40 Hz, 10 V @ 1 kHz y 10 V @ 100 kHz.
- 4) Corriente alterna en 1 A @ 40 Hz, 1 A @ 5 kHz,
- 5) Resistencia en 100  $\Omega$  1 k $\Omega$ , 1 M $\Omega$  y 100 M $\Omega$

### Valores de referencia

El multímetro fue calibrado en INTI-Física y Metrología en Mayo de 2006 antes de ser enviado al primer participante. Luego se recalibró en INTI-Física y Metrología al promediar la intercomparación (Octubre de 2006) y se realizó una última calibración al finalizar el ejercicio (Marzo de 2007). A continuación se muestran tablas con los desvíos y la incertidumbre reportada por el INTI en cada una de las calibraciones.

**Tabla 1:** Calibración realizada por INTI-Física y Metrología en Mayo de 2006

	Rango	Valor aplicado	Desvío		Incertidumbre expandida	
<b>Tensión Continua</b>	100 mV	100 mV	-0,0007	mV	0,0005	mV
	10 V	10 V	0,00001	V	0,00002	V
	1000 V	1000 V	0,000	V	0,008	V
<b>Resistencia</b>	100 $\Omega$	100 $\Omega$	0,0013	$\Omega$	0,0004	$\Omega$
	1 k $\Omega$	1 k $\Omega$	0,000009	k $\Omega$	0,000004	k $\Omega$
	1 M $\Omega$	1 M $\Omega$	0,000018	M $\Omega$	0,000008	M $\Omega$
	100 M $\Omega$	100 M $\Omega$	-0,0158	M $\Omega$	0,0070	M $\Omega$
<b>Corriente Continua</b>	10 mA	10 mA	0,00033	mA	0,0002	mA
	1 A	1 A	0,000013	A	0,00004	A
<b>Tensión alterna</b>	100 mV	100mV @ 1kHz	-0,0183	mV	0,0080	mV
	10 V	10V @ 10Hz	-0,00190	V	0,00051	V
	10 V	10V @ 40Hz	-0,00410	V	0,00050	V
	10 V	10V @ 1kHz	-0,00190	V	0,0002	V
	10 V	10V @ 100kHz	0,01140	V	0,00050	V
<b>Corriente alterna</b>	1 A	1 A @ 40Hz	0,000420	A	0,000240	A
	1 A	1A @ 5kHz	0,000150	A	0,000242	A

**Tabla 2:** Calibración realizada por INTI-Física y Metrología en Octubre de 2006

	Rango	Valor aplicado	Desvio		Incertidumbre expandida	
<b>Tensión Continua</b>	100 mV	100 mV	-0,0005	mV	0,0005	mV
	10 V	10 V	0,00004	V	0,00002	V
	1000 V	1000 V	0,001	V	0,008	V
<b>Resistencia</b>	100 $\Omega$	100 $\Omega$	0,0002	$\Omega$	0,0004	W
	1 k $\Omega$	1 k $\Omega$	0,000005	k $\Omega$	0,000004	kW
	1 M $\Omega$	1 M $\Omega$	0,000005	M $\Omega$	0,000008	MW
	100 M $\Omega$	100 M $\Omega$	-0,0516	M $\Omega$	0,007	MW
<b>Corriente Continua</b>	10 mA	10 mA	0,00019	mA	0,00015	mA
	1 A	1 A	0,000054	A	0,000037	A
<b>Tensión alterna</b>	100 mV	100mV @ 1kHz	-0,0102	mV	0,008	mV
	10 V	10V @ 10Hz	-0,00080	V	0,00051	v
	10 V	10V @ 40Hz	-0,00310	V	0,00050	v
	10 V	10V @ 1kHz	-0,00090	V	0,00020	V
	10 V	10V @ 100kHz	0,01380	V	0,00050	V
<b>Corriente alterna</b>	1 A	1 A @ 40Hz	-0,000392	A	0,000240	A
	1 A	1A @ 5kHz	0,000058	A	0,000242	A

**Tabla 3:** Calibración realizada por INTI-Física y Metrología en Marzo de 2007

	Rango	Valor aplicado	Desvio		Incertidumbre expandida	
<b>Tensión Continua</b>	100 mV	100 mV	0,0001	mV	0,0005	mV
	10 V	10 V	0,00007	V	0,00002	V
	1000 V	1000 V	0,003	V	0,008	V
<b>Resistencia</b>	100 $\Omega$	100 $\Omega$	-0,0008	$\Omega$	0,0004	$\Omega$
	1 k $\Omega$	1 k $\Omega$	-0,000017	k $\Omega$	0,000004	k $\Omega$
	1 M $\Omega$	1 M $\Omega$	-0,000016	M $\Omega$	0,000008	M $\Omega$
	100 M $\Omega$	100 M $\Omega$	0,0389	M $\Omega$	0,0070	M $\Omega$
<b>Corriente Continua</b>	10 mA	10 mA	0,00032	mA	0,0002	mA
	1 A	1 A	0,000063	A	0,00004	A
<b>Tensión alterna</b>	100 mV	100mV @ 1kHz	-0,0156	mV	0,0080	mV
	10 V	10V @ 10Hz	-0,00130	V	0,00051	V
	10 V	10V @ 40Hz	-0,00390	V	0,00050	V
	10 V	10V @ 1kHz	-0,00170	V	0,0002	V
	10 V	10V @100kHz	0,01590	V	0,00050	V
<b>Corriente alterna</b>	1 A	1 A @ 40Hz	-0,000464	A	0,000240	A
	1 A	1A @ 5kHz	0,000035	A	0,000242	A

El valor de referencia para las magnitudes indicadas a continuación fue calculado como el promedio de las 3 (tres) calibraciones obtenidas por INTI debido que la variación temporal del instrumento (Drift) en estas magnitudes no es significativo en relación a las incertidumbres declaradas por el INTI.

- Tensión continua 10 V
- Corriente continua en 10 mA y 1 A
- Tensión alterna en 10 V @ 10 Hz, 10 V @ 40 Hz y 10 V @ 1 kHz
- Corriente alterna en 1 A @ 40 Hz, 1 A @ 5 kHz,
- Resistencia en 1 k $\Omega$  y 1 M $\Omega$

Para estos casos, el valor de referencia se calcula como

$$X_{KCRV} = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{3}$$

donde  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  son los desvíos medidos por el INTI.

Se toma como incertidumbre del valor de referencia a la incertidumbre de calibración informada por el INTI.

Para las magnitudes

- Tensión continua en 100 mV y 1000 V
- Resistencia en 100  $\Omega$  y 100 M $\Omega$
- Tensión alterna en 100 mV @ 1 kHz y 10 V @ 100 kHz.

el patrón presenta una deriva temporal significativa. En estos casos, se utilizó para el cálculo de los valores de referencia y sus incertidumbres el tratamiento estadístico descrito en *Zhang, N. F., Liu, H., Sedransk, N. and Strawderman, W. E.* [2]

A continuación se explica brevemente los pasos seguidos para realizar los cálculos. El detalle de los mismos y las fórmulas matemáticas pueden consultarse en la publicación de referencia.

En primer lugar se grafican los valores medidos por INTI en función del tiempo y utilizando un ajuste de cuadrados mínimos se traza una recta. Se calculan la pendiente y la ordenada al origen. Se considera que esta recta representa la deriva temporal del instrumento, por lo que las mediciones de cada laboratorio participante pueden también ser representadas por rectas con la misma pendiente y diferente ordenada al origen. Estas pueden ser estimadas ya que se conoce la fecha en la que cada participante realizó las mediciones.

Se calcula el valor de referencia en función del tiempo como el promedio pesado de todas las rectas estimadas (la del INTI y las de cada participante) y su incertidumbre.

Luego se calcula el valor de referencia y su incertidumbre a un determinado tiempo ( $t^*$ ).

Finalmente se calcula el grado de equivalencia como la diferencia entre el valor de referencia a  $t^*$  y el valor obtenido por el laboratorio a ese mismo  $t^*$ . Este último valor se calcula con la recta asociada al participante.

A partir del grado de equivalencia se calcula el  $E_n$  tal como se describe en el punto 4.

**Tabla 4:** Valores de referencia

	Rango	Desvio		Incertidumbre expandida	
<b>Tensión Continua</b>	100 mV	-0,0004	mV	0,0003	mV
	10 V	0,00004	V	0,00002	V
	1000 V	-0,0003	V	0,004	V
<b>Resistencia</b>	100 $\Omega$	0,0003	$\Omega$	0,0002	$\Omega$
	1 k $\Omega$	-0,000001	k $\Omega$	0,000004	k $\Omega$
	1 M $\Omega$	0,000002	M $\Omega$	0,000008	M $\Omega$
	100 M $\Omega$	-0,073	M $\Omega$	0,0037	M $\Omega$
<b>Corriente Continua</b>	10 mA	0,0003	mA	0,00015	mA
	1 A	0,00004	A	0,00004	A
<b>Tensión alterna</b>	100 mV @ 1 kHz	-0,0107	mV	0,004	mV
	10 V @ 10 Hz	-0,0013	V	0,00051	V
	10 V @ 40 Hz	-0,0037	V	0,001	V
	10 V @ 1 kHz	-0,0015	V	0,0002	V
	10 V @ 100 kHz	0,0132	V	0,0003	V
<b>Corriente alterna</b>	1A	-0,0001	A	0,0002	A
	1A	0,0001	A	0,0002	A



### 3. RESULTADOS ENVIADOS POR LOS PARTICIPANTES

#### 3.1 Tensión continua

En la Tabla 5 se muestran los resultados informados por los participantes en la medición de Tensión Continua. Los desvíos indicados fueron calculados por el INTI excepto en el caso del Laboratorio 6 que informa el desvío.

**Tabla 5:** Resultados informados por los laboratorios para Tensión continua

Tensión continua								
Lab n°	100 mV				10V			
	Valor aplicado (mV)	Valor medido (mV)	Desvío (mV)	Incertidumbre expandida (mV)	Valor aplicado (V)	Valor medido (V)	Desvío (V)	Incertidumbre expandida (V)
1	99,99995	99,9996	-0,0003	0,0014	10,000023	10,00003	0,00001	0,00009
2	100	99,9976	-0,0024	0,0120	10	9,99996	-0,00004	0,00064
3	99,9901	99,9908	0,0007	0,0110	10,00289	10,00288	-0,00001	0,00050
4	100,0000	100,0000	0,0000	0,0059	10,00000	10,00000	0,00000	0,00059
5	100,000732	100,0007	-0,0001	0,0020	10,000294	10,00033	0,00004	0,00001
6	100	99,9990	-0,0010	0,0030	8,9992	8,99960	0,00040	0,00020
7	100	100,0040	0,0040	0,0100	10,000	10,00000	0,00000	0,00100
8	100,00000	100,0002	0,0002	0,0020	10,000000	10,00010	0,00010	0,00008
9	100,000	100,0047	0,0047	0,0102	10,0000	10,00065	0,00065	0,00106
10	100,00011	100,0001	0,0000	0,0040	10,000006	9,99998	-0,00003	0,00039

**Tabla 5 (cont.):** Resultados informados por los laboratorios para Tensión continua. NI: Valores no informados

Lab n°	1000 V			
	Valor aplicado (V)	Valor medido (V)	Desvío (V)	Incertidumbre expandida (V)
1	1000,0055	999,997	-0,009	0,026
2	1000	1000,003	0,003	0,065
3	992,773	992,770	-0,003	0,060
4	1000,000	1000,000	0,000	0,059
5	999,995	999,997	0,002	0,025
6	976,5	976,460	-0,040	0,020
7	1000	999,972	-0,028	0,088
8	1000,0000	1000,005	0,005	0,012
9	1000,00	999,985	-0,015	0,079
10	NI	NI	NI	NI

### 3.2 Corriente continua

En la Tabla 6 se muestran los resultados informados por los participantes en la medición de Corriente Continua. Los desvíos indicados fueron calculados por el INTI.

**Tabla 6:** Resultados informados por los laboratorios para Corriente continua

NI: Valores no informados

Corriente continua								
Lab n°	10 mA				1 A			
	Valor aplicado (mA)	Valor medido (mA)	Desvio (mA)	Incertidumbre expandida (mA)	Valor aplicado (A)	Valor medido (A)	Desvio (A)	Incertidumbre expandida (A)
1	10,000047	10,00009	0,000043	0,00029	0,9999989	0,999958	-0,000041	0,000116
2	10	9,99996	-0,000040	0,00140	1	1,000158	0,000158	0,000400
3	10,00046	10,00042	-0,000040	0,00800	1,000491	1,000514	0,000023	0,001300
4	10,0000	10,00000	0,000000	0,00060	1,00000	1,000000	0,000000	0,000080
5	9,999978	10,00014	0,000165	0,00013	1,000006	1,000036	0,000030	0,000061
6	10	10,00300	0,003000	0,02000	0,91705	0,917280	0,000230	0,000190
7	NI	NI	NI	NI	1	1,000000	0,000000	0,001000
8	10,00000	10,0002	0,00020	0,00060	1,000000	1,000044	0,000044	0,000095
9	10,0000	10,00055	0,00055	0,00230	1,00000	1,000155	0,000155	0,000720
10	9,999993	10,00307	0,00308	0,00045	0,999995	0,999780	-0,000215	0,000420

### 3.3 Tensión Alterna

En la Tabla 7 se muestran los resultados informados por los participantes en la medición de Tensión Alterna. Los desvíos indicados fueron calculados por el INTI.

**Tabla 7:** Resultados informados por los laboratorios para Tensión Alterna

NI: Valores no informados

Tensión alterna								
Lab n°	100 mV @ 1 kHz				10 V @ 10 Hz			
	Valor aplicado (mV)	Valor medido (mV)	Desvio (mV)	Incertidumbre expandida (mV)	Valor aplicado (V)	Valor medido (V)	Desvio (V)	Incertidumbre expandida (V)
1	99,9926	99,9892	-0,0034	0,0104	10,00059	10,00023	-0,00036	0,00132
2	100	100,0018	0,0018	0,0810	10	9,99979	-0,00022	0,02020
3	99,9881	99,9959	0,0078	0,1200	9,99328	9,99700	0,00372	0,01000
4	100,000	100,0600	0,0600	0,0250	10,0000	9,94500	-0,05500	0,00400
5	100,00000	99,9992	-0,0008	0,1100	NI	NI	NI	NI
6	86,862	86,8520	-0,0100	0,0300	NI	NI	NI	NI
7	100	100,0000	0,0000	0,0590	10	9,94700	-0,05300	0,00600
8	100,0000	99,9891	-0,0109	0,0210	10,00000	9,99952	-0,00048	0,00092
9	100,000	100,0068	0,0068	0,0592	10,0000	9,94451	-0,05549	0,00821
10	99,99952	99,9833	-0,0162	0,0422	NI	NI	NI	NI

**Tabla 7(cont.):** Resultados informados por los laboratorios para Tensión Alterna  
 NI: Valores no informados

Tensión alterna								
Lab n°	10 V @ 40 Hz				10 V @ 1 kHz			
	Valor aplicado (V)	Valor medido (V)	Desvio (V)	Incertidumbre expandida (V)	Valor aplicado (V)	Valor medido (V)	Desvio (V)	Incertidumbre expandida (V)
1	9,99972	9,99714	-0,00258	0,00127	9,99987	9,99929	-0,00058	0,00104
2	10	9,99795	-0,00206	0,02020	10	9,99939	-0,00061	0,00531
3	10,00698	10,00871	0,00173	0,01000	9,99748	9,99924	0,00176	0,01000
4	10,0000	9,99800	-0,00200	0,00320	10,0000	10,00000	0,00000	0,00320
5	NI	NI	NI	NI	10,000000	9,99948	-0,00052	0,00605
6	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
7	10	9,99600	-0,00400	0,00600	10	10,00100	0,00100	0,00600
8	10,00000	10,00405	0,00405	0,00160	10,00000	9,99893	-0,00107	0,00092
9	10,0000	9,99483	-0,00517	0,00820	10,0000	9,99987	-0,00013	0,00820
10	10,000028	9,99296	-0,00707	0,00389	9,999980	9,99655	-0,00343	0,00282

**Tabla 7(cont.):** Resultados informados por los laboratorios para Tensión Alterna  
 NI: Valores no informados

Tensión alterna				
Lab n°	10 V @ 100 kHz			
	Valor aplicado (V)	Valor medido (V)	Desvio (V)	Incertidumbre expandida (V)
1	9,99505	10,01587	0,02082	0,00370
2	10	10,01381	0,01381	0,04730
3	9,99458	10,01046	0,01588	0,05700
4	10,0000	10,01200	0,01200	0,01500
5	NI	NI	NI	NI
6	NI	NI	NI	NI
7	10	10,02300	0,02300	0,06700
8	10,00000	10,01973	0,01973	0,00320
9	10,0000	10,02929	0,02929	0,06700
10	NI	NI	NI	NI

### 3.4 Corriente alterna

En la Tabla 8 se muestran los resultados informados por los participantes en la medición de Corriente Alterna. Los desvíos indicados fueron calculados por el INTI.

**Tabla 8:** Resultados informados por los laboratorios para Corriente Alterna  
NI: Valores no informados

Corriente alterna								
Lab n°	1 A @ 40 Hz				1 A @ 5 kHz			
	Valor aplicado (A)	Valor medido (A)	Desvio (A)	Incertidumbre expandida (A)	Valor aplicado (A)	Valor medido (A)	Desvio (A)	Incertidumbre expandida (A)
1	0,999984	0,999890	-0,000094	0,000418	0,999738	0,999771	0,000033	0,000418
2	1	1,000100	0,000100	0,002750	1	1,000480	0,000480	0,009050
3	0,999946	1,000247	0,000301	0,001600	1,000388	1,000568	0,000180	0,001600
4	1,00000	0,999900	-0,000100	0,000210	1,00000	1,000000	0,000000	0,000310
5	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
6	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
7	1	0,999000	-0,001000	0,002000	1	0,999000	-0,001000	0,005000
8	1,00000	0,999648	-0,000352	0,000790	1,00000	0,999958	-0,000042	0,000950
9	1,00000	0,999465	-0,000535	0,001480	1,00000	0,999474	-0,000526	0,005000
10	1,000040	0,999630	-0,000410	0,001600	NI	NI	NI	NI

### 3.5 Resistencia

En la Tabla 9 se muestran los resultados informados por los participantes en la medición de Resistencia. Los desvíos indicados fueron calculados por el INTI.

**Tabla 9:** Resultados informados por los laboratorios para Resistencia  
NI: Valores no informados

Resistencia								
Lab n°	100 $\Omega$				1 k $\Omega$			
	Valor aplicado ( $\Omega$ )	Valor medido ( $\Omega$ )	Desvio ( $\Omega$ )	Incertidumbre expandida ( $\Omega$ )	Valor aplicado (k $\Omega$ )	Valor medido (k $\Omega$ )	Desvio (k $\Omega$ )	Incertidumbre expandida (k $\Omega$ )
1	99,99197	99,9914	-0,0006	0,0020	0,9999275	0,999920	-0,000007	0,000012
2	100	100,0042	0,0042	0,0277	1	1,000014	0,000014	0,000173
3	100,0085	100,0097	0,0012	0,0160	1,000152	1,000158	0,000006	0,000140
4	100,000	100,0000	0,0000	0,0060	1,00000	1,000000	0,000000	0,000060
5	100,0091	100,0093	0,0002	0,0003	1,000016	1,000009	-0,000007	0,000003
6	89,978	90,0050	0,0270	0,0050	0,9001	0,900000	-0,000100	0,000600
7	100	99,9890	-0,0110	0,0350	1	0,999000	-0,001000	0,001000
8	100,00844	100,0082	-0,0002	0,0020	0,9999462	0,999934	-0,000012	0,000015
9	100,000	99,9873	-0,0127	0,0350	1,00000	0,999918	-0,000082	0,000240
10	100,02261	100,0237	0,0011	0,0044	0,9999969	0,999998	0,000001	0,000041

**Tabla 9 (cont.):** Resultados informados por los laboratorios para Resistencia  
 NI: Valores no informados

Lab n°	1 MΩ				100 MΩ			
	Valor aplicado (MΩ)	Valor medido (MΩ)	Desvio (MΩ)	Incertidumbre expandida (MΩ)	Valor aplicado (MΩ)	Valor medido (MΩ)	Desvio (MΩ)	Incertidumbre expandida (MΩ)
1	0,9999227	0,999917	-0,000006	0,000020	100,0120	100,0922	0,0802	0,0594
2	1	0,999974	-0,000026	0,000237	100	100,4814	0,4814	0,5837
3	1,000048	1,000112	0,000064	0,000140	100,0052	100,1585	0,1533	0,9400
4	1,00000	1,000000	0,000000	0,000060	100,000	100,0000	0,0000	0,0590
5	1,000004	0,999999	-0,000005	0,000005	98,9899	100,1332	1,1433	0,0165
6	0,9986	0,999000	0,000400	0,000600	NI	NI	NI	NI
7	1	1,000000	0,000000	0,001000	100	100,0600	0,0600	0,1000
8	0,9999658	0,999951	-0,000015	0,000023	99,99690	100,0693	0,0724	0,0130
9	1,00000	1,000020	0,000020	0,000600	100,000	99,7729	-0,2271	0,1049
10	1,0001421	1,000142	0,000000	0,000172	NI	NI	NI	NI

En los gráficos 1 a 19, que se encuentran en el *Anexo 1*, al final de este documento se muestran los desvíos obtenidos por los participantes, con su incertidumbre correspondiente, y los valores de referencia obtenidos por el laboratorio de INTI.

#### 4. EVALUACION DEL DESEMPEÑO DE LOS LABORATORIOS

La evaluación del desempeño de los laboratorios participantes se realizó para los datos de desvíos, de acuerdo con los procedimientos aceptados internacionalmente y que se citan en la Bibliografía.

Para las magnitudes

- Tensión continua 10 V
- Corriente continua en 10 mA y 1 A
- Tensión alterna en 10 V @ 10 Hz, 10 V @ 40 Hz y 10 V @1 kHz
- Corriente alterna en 1 A @ 40 Hz, 1 A @ 5 kHz,
- Resistencia en 1 kΩ y 1 M Ω

Se utilizó como criterio el cálculo del parámetro  $E_n$ , definido de la siguiente manera:

$$E_n = \frac{(X_i - X_{ref})}{\sqrt{(u_i^2 + u_{ref}^2)}}$$

Donde:

$X_i$  = Valor informado por el participante

$X_{ref}$  = Valor de referencia: promedio de los tres valores de INTI

$u_i$  = Incertidumbre expandida informada por el participante.

$U_{ref}$  = Incertidumbre expandida del valor de referencia.

Como se explicó en el punto 2, para las magnitudes

- Tensión continua en 100 mV y 1000 V
- Resistencia en 100  $\Omega$  y 100 M $\Omega$
- Tensión alterna en 100 mV @ 1 kHz y 10 V @ 100 kHz.

El parámetro  $E_n$  se calculó según [2] estimando  $(X_i - X_{ref})$  a un determinado tiempo ( $t^*$ ).

De acuerdo con la bibliografía [1,3] es posible clasificar a los laboratorios de la siguiente forma:

$$E_n < 1 \quad \text{satisfactorio}$$

$$E_n \geq 1 \quad \text{no satisfactorio}$$

Los valores del parámetro  $E_n$  así obtenido pueden verse en las siguientes Tablas.

**Tabla 10:** Valores de  $E_n$  de cada laboratorio respecto al valor de referencia para Tensión continua.

Lab n°	Tensión continua		
	100 mV	10V	1000 V
1	0,14	-0,36	-0,28
2	-0,16	-0,12	0,06
3	0,11	-0,10	-0,03
4	0,08	-0,07	0,01
5	0,20	-0,05	0,13
6	-0,27	1,79	-2,00
7	0,40	-0,04	-0,33
8	0,14	0,69	0,34
9	0,46	0,58	-0,20
10	0,10	-0,17	----

**Tabla 11:** Valores de  $E_n$  de cada laboratorio respecto al valor de referencia para Corriente continua.

Lab n°	Corriente continua	
	10 mA	1 A
1	-0,73	-0,69
2	-0,23	0,29
3	-0,04	-0,02
4	-0,45	-0,49
5	-0,59	-0,19
6	0,14	0,96
7	-----	-0,04
8	-0,13	0,01
9	0,12	0,15
10	5,90	-0,61

**Tabla 12:** Valores de  $E_n$  de cada laboratorio respecto al valor de referencia para Corriente Alterna.

Lab n°	Corriente alterna	Corriente alterna
	1 A @ 40 Hz	1 A @ 5 kHz
1	0,11	-0,10
2	0,09	0,04
3	0,28	0,06
4	0,14	-0,21
5	-----	-----
6	-----	-----
7	-0,42	-0,22
8	-0,25	-0,13
9	-0,26	-0,12
10	-0,16	-----

**Tabla 13:** Valores de  $E_n$  de cada laboratorio respecto al valor de referencia para Tensión Alterna.

Lab n°	Tensión alterna				
	100 mV @ 1 kHz	10 V @ 10 Hz	10 V @ 40 Hz	10 V @ 1 kHz	10 V @ 100 kHz
1	0,76	0,69	0,82	0,87	-8,88
2	0,16	0,06	0,08	0,17	-0,55
3	0,16	0,50	0,54	0,33	-0,50
4	2,84	-13,31	0,52	0,47	-1,64
5	0,09	-----	-----	0,16	-----
6	0,00	-----	-----	-----	-----
7	0,16	-8,58	-0,05	0,42	-0,57
8	-0,06	0,81	4,62	0,46	-10,77
9	0,28	-6,58	-0,18	0,17	-0,66
10	-0,13	-----	-0,86	-0,68	-----

**Tabla 14:** Valores de  $E_n$  de cada laboratorio respecto al valor de referencia para Resistencia.

Lab n°	Resistencia			
	100 $\Omega$	1 k $\Omega$	1 M $\Omega$	100 M $\Omega$
1	-0,41	-0,51	-0,37	0,13
2	0,14	0,09	-0,12	-0,68
3	0,06	0,05	0,44	-0,07
4	-0,04	0,02	-0,04	1,37
5	-0,14	-1,20	-0,78	-64,31
6	5,35	-0,16	0,66	-----
7	-0,32	-1,00	0,00	-0,09
8	-0,24	-0,72	-0,70	-1,28
9	-0,37	-0,34	0,03	2,68
10	0,19	0,05	-0,01	-----

## 5. COMENTARIOS

A continuación se hacen algunos comentarios con respecto a los informes de los participantes.

- El Laboratorio 6 en 10 V @ 10 Hz informa 1 V @ 10 Hz , por lo cual se consideró el valor como “No informado”
- El Laboratorio 6 en 10 V @ 40 Hz informa 10 V @ 50 Hz, por lo cual se consideró el valor como “No informado”
- El Laboratorio 6 en 10 V @ 1 kHz informa 1 V @ 1 kHz, por lo cual se consideró el valor como “No informado”
- El Laboratorio 6 en Corriente Alterna no informa la frecuencia, por lo cual se consideró el valor como “No informado”
- El Laboratorio 7 en Corriente Continua informa “Tensión continua” e indica como valor aplicado 10 mA y como valor medido 100 mA, por lo cual se consideró el valor como “No informado”
- En los informes de alguno de los participantes hay dificultades en la interpretación de los resultados debido a la no concordancia entre las unidades del valor medido y sus incertidumbres

## 6. CONCLUSIONES

Este es el primer ejercicio de comparación de multímetros organizado en el país con la participación de 10 Laboratorios, por lo cual los resultados son altamente satisfactorios.

Excepto algunos puntos de algunos pocos laboratorios, el grado de acuerdo entre los Laboratorios es aceptable.

---

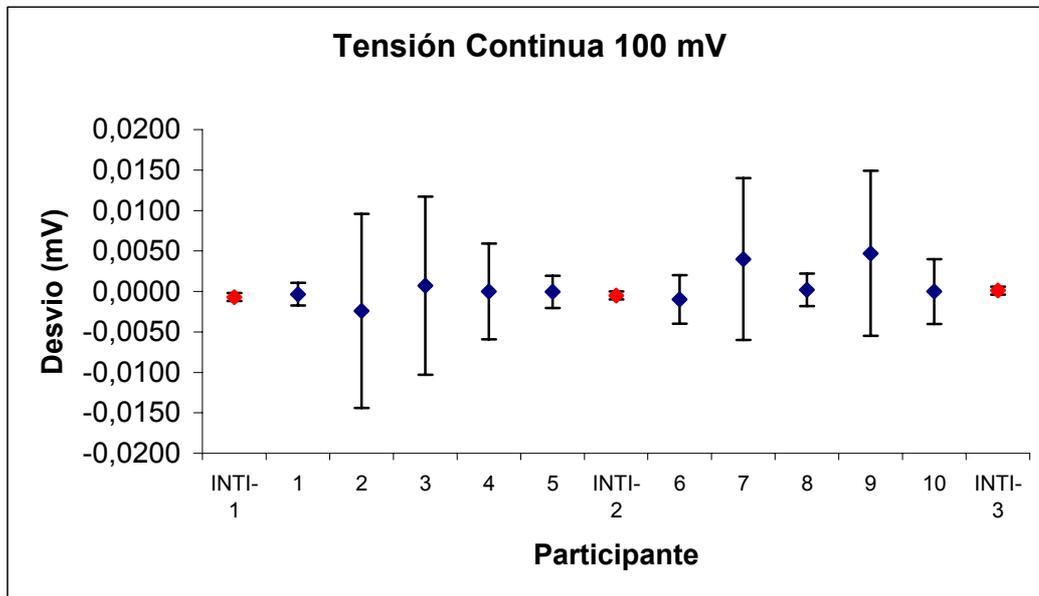
**A fin de lograr un mecanismo de mejora continua, solicitamos a los laboratorios que nos envíen cualquier sugerencia o comentario que consideren oportuno.  
Por otro lado, en caso de tener alguna duda sobre la ejecución de los ensayos o de las causas de diferencias en los resultados, rogamos nos consulten.**

*“Agradecemos el esfuerzo realizado  
por todos los participantes  
para mostrar sus mejores capacidades de medición.”*

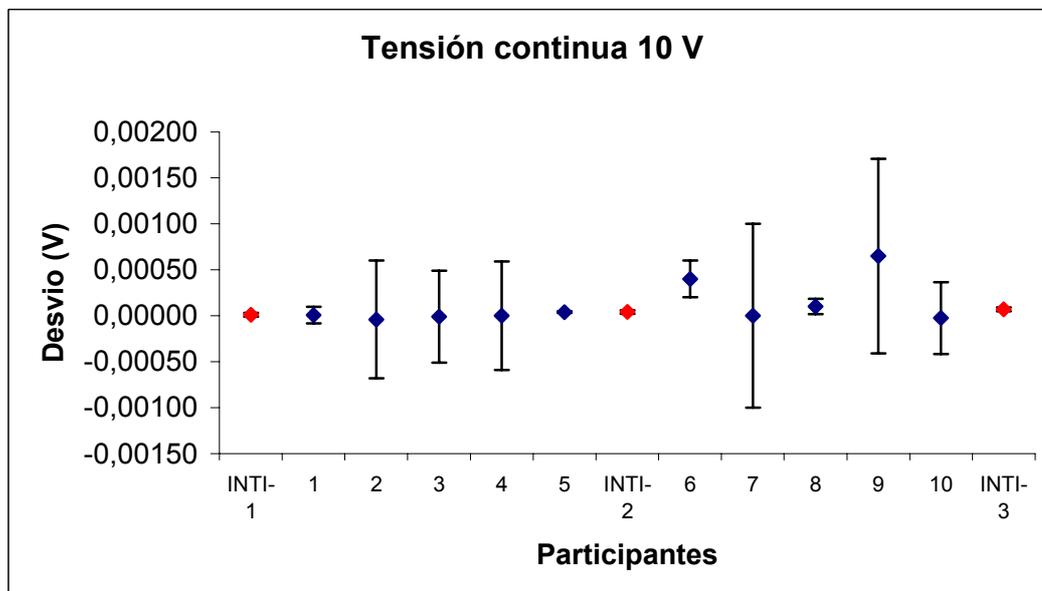
---

## **ANEXO 1**

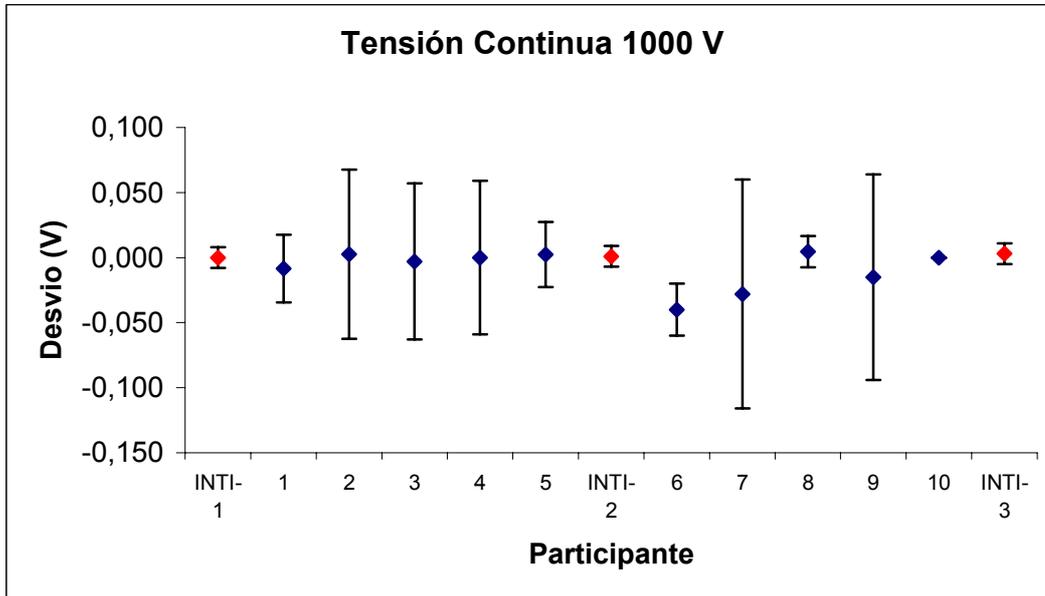
Gráficos dónde se muestran los desvíos obtenidos por los participantes, con su incertidumbre correspondiente, y los valores de referencia obtenidos por el laboratorio de INTI.



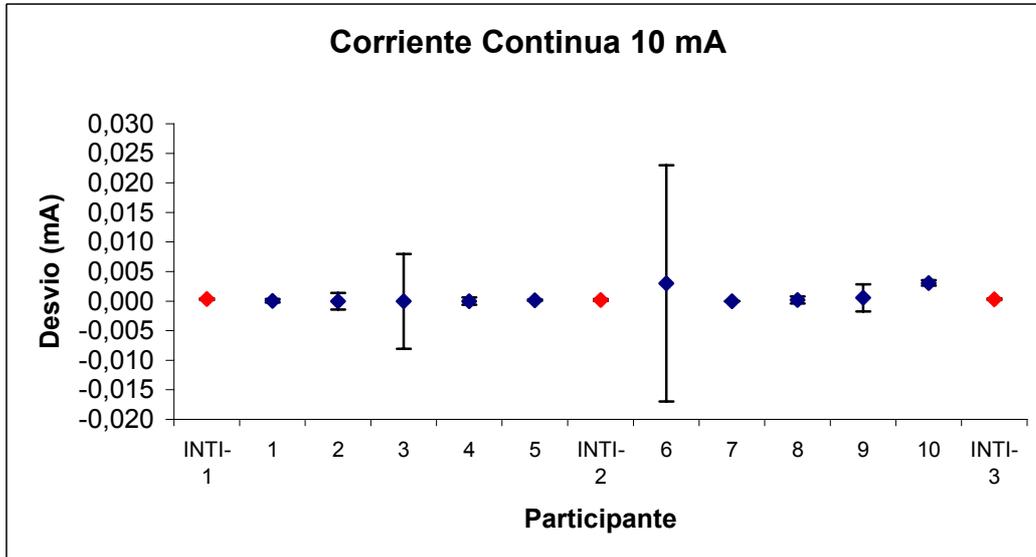
**Gráfico 1:** Desvíos en tensión continua 100 mV



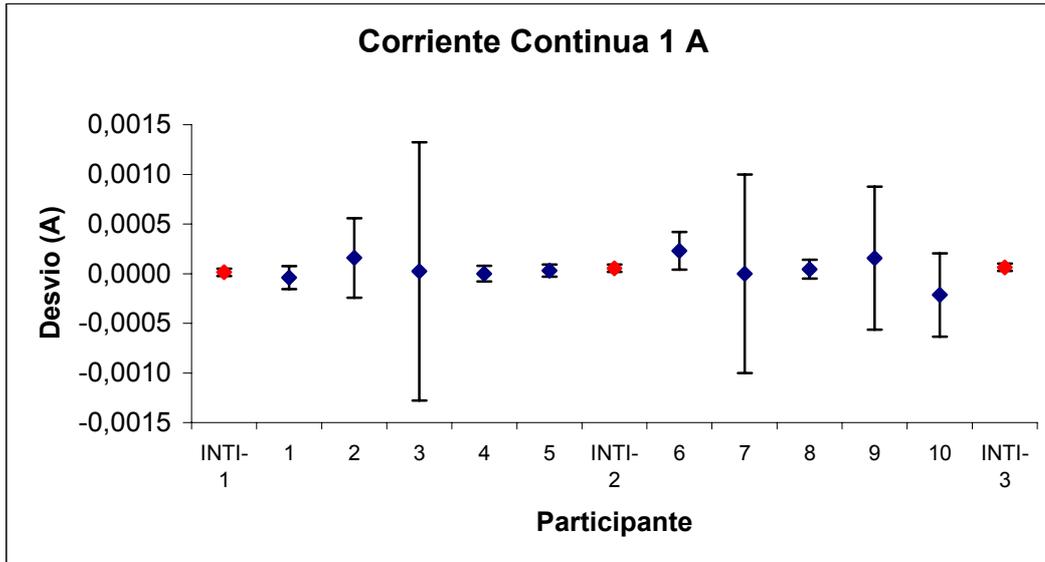
**Gráfico 2:** Desvíos en tensión continua 10 V



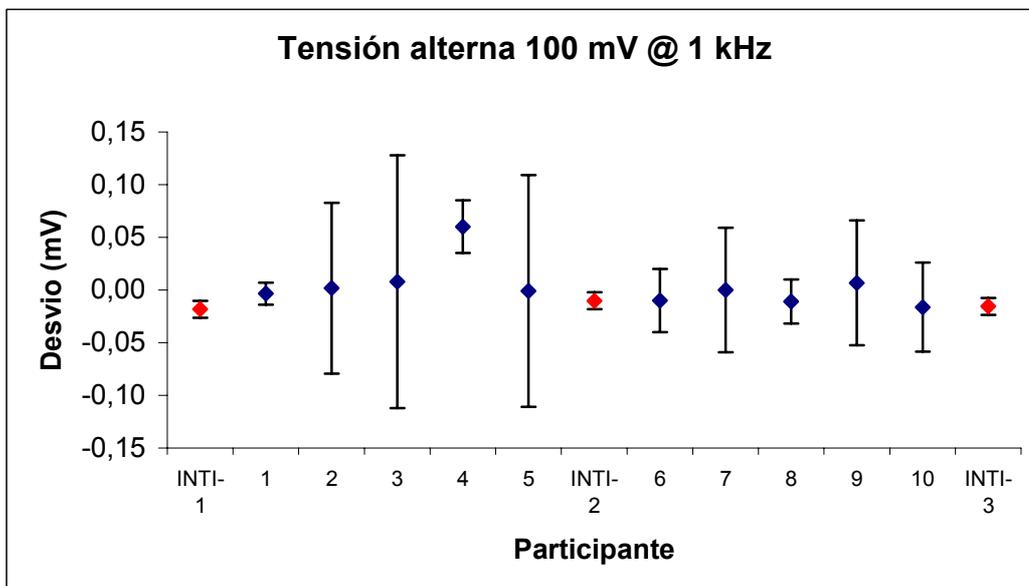
**Grafico 3:** Desvíos en tensión continua 1000 V



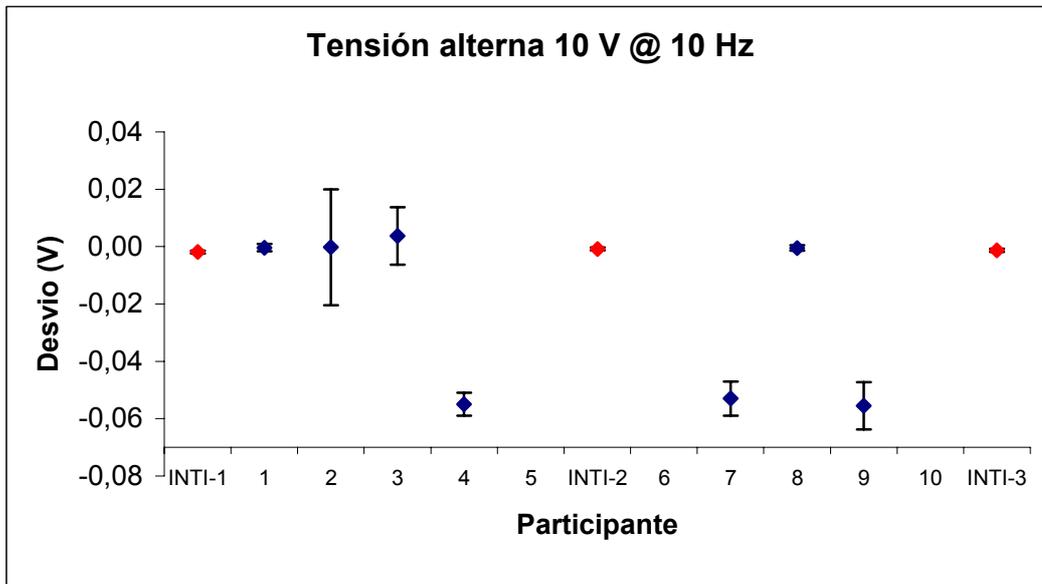
**Grafico 4:** Desvíos en corriente continua 10 mA



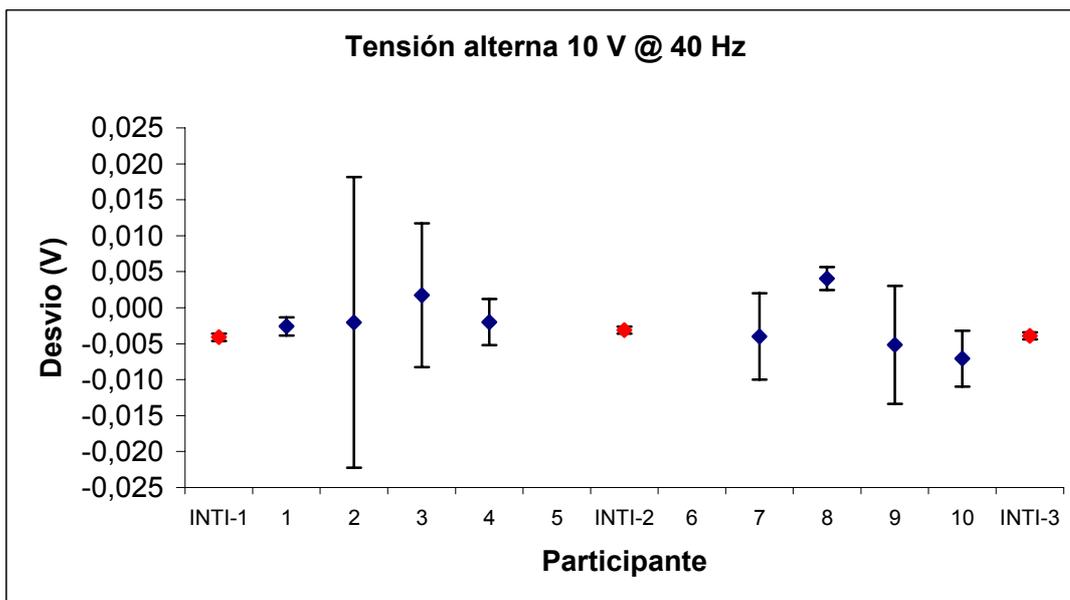
**Grafico 5:** Desvíos en corriente continua 1 A



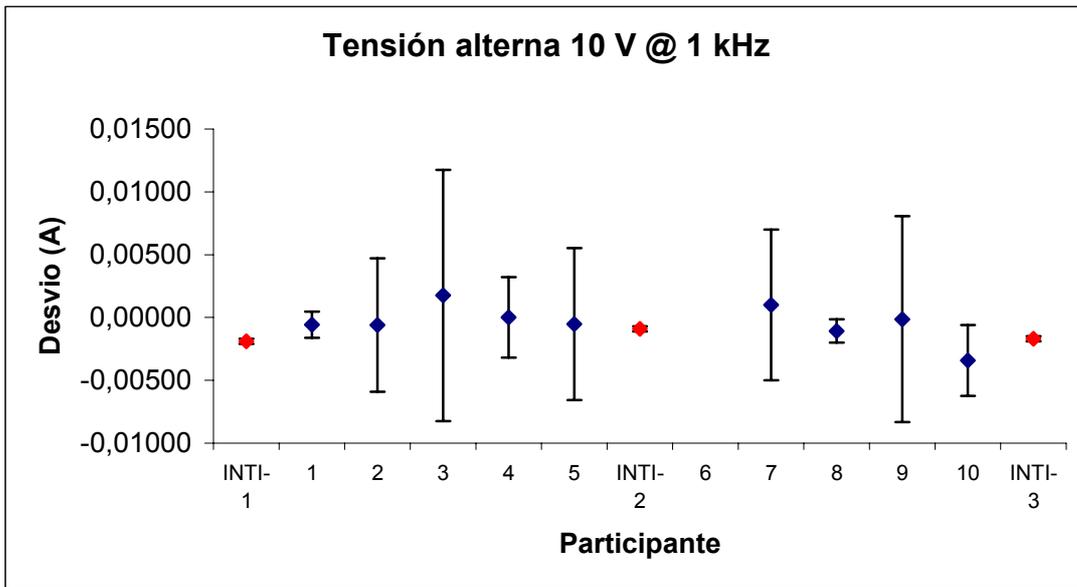
**Grafico 6:** Desvíos en tensión alterna 100 mV @ 1 kHz



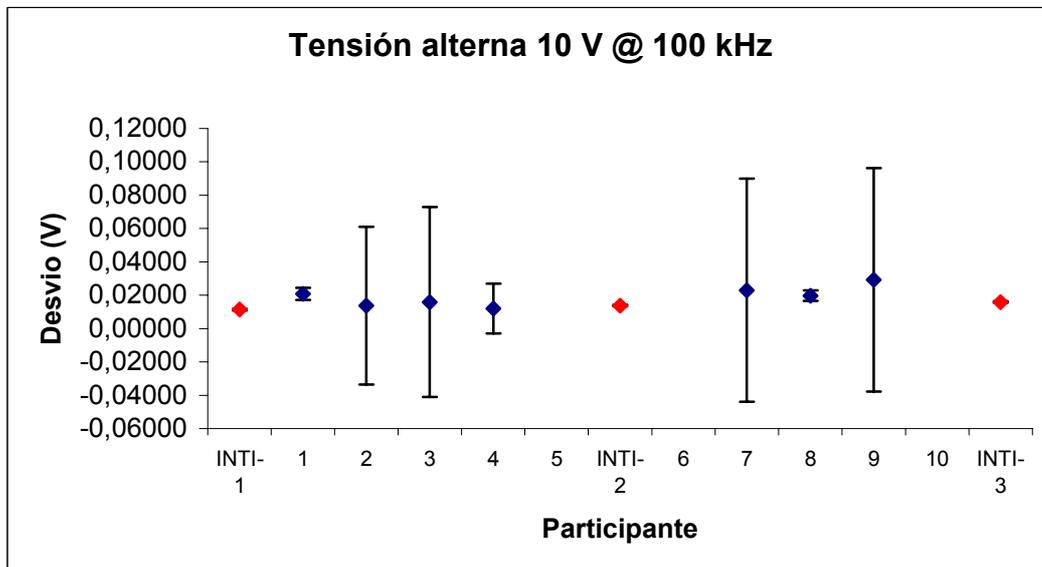
**Grafico 7:** Desvíos en tensión alterna 10 V @ 10 Hz



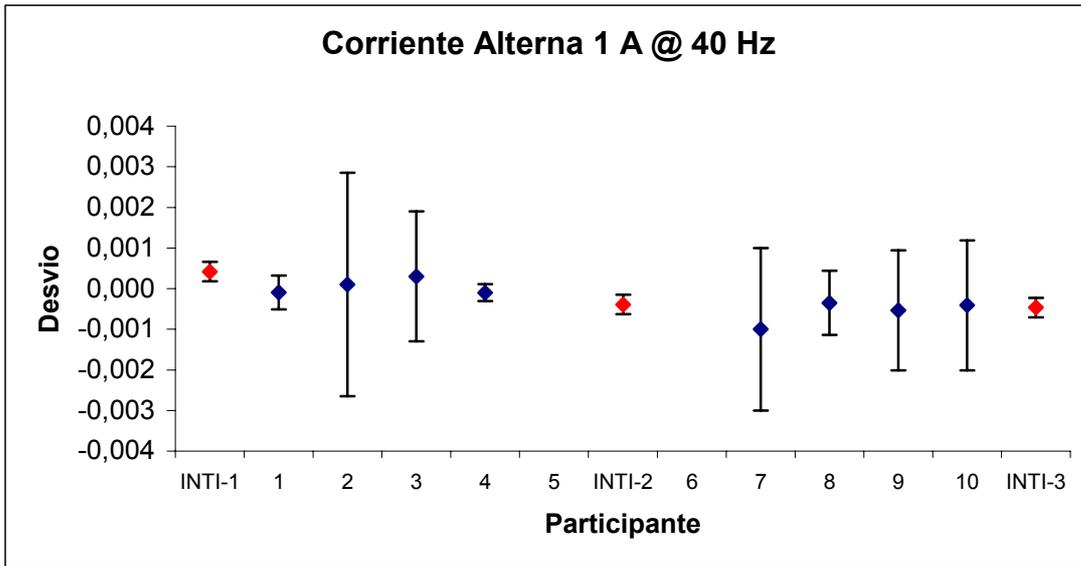
**Grafico 8:** Desvíos en tensión alterna 10 V @ 40 Hz



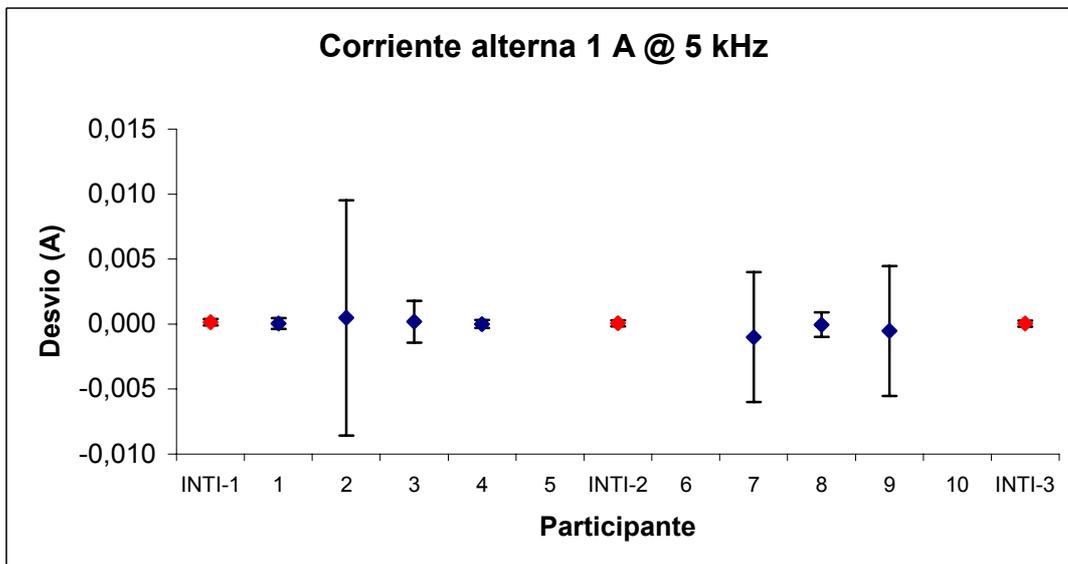
**Gráfico 9:** Desvíos en tensión alterna 10 V @ 1 kHz



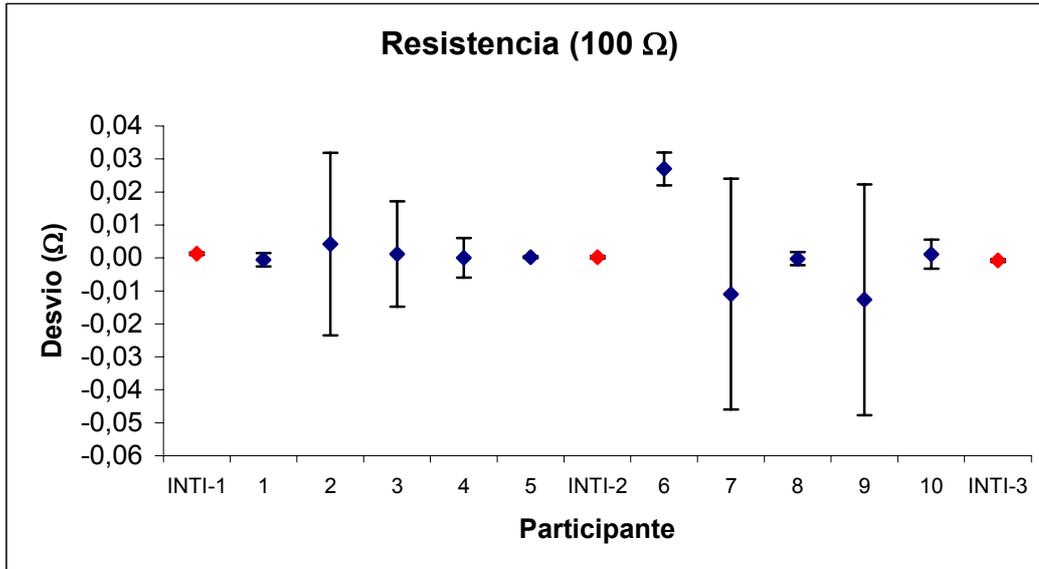
**Gráfico 10:** Desvíos en tensión alterna 10 V @ 100 kHz



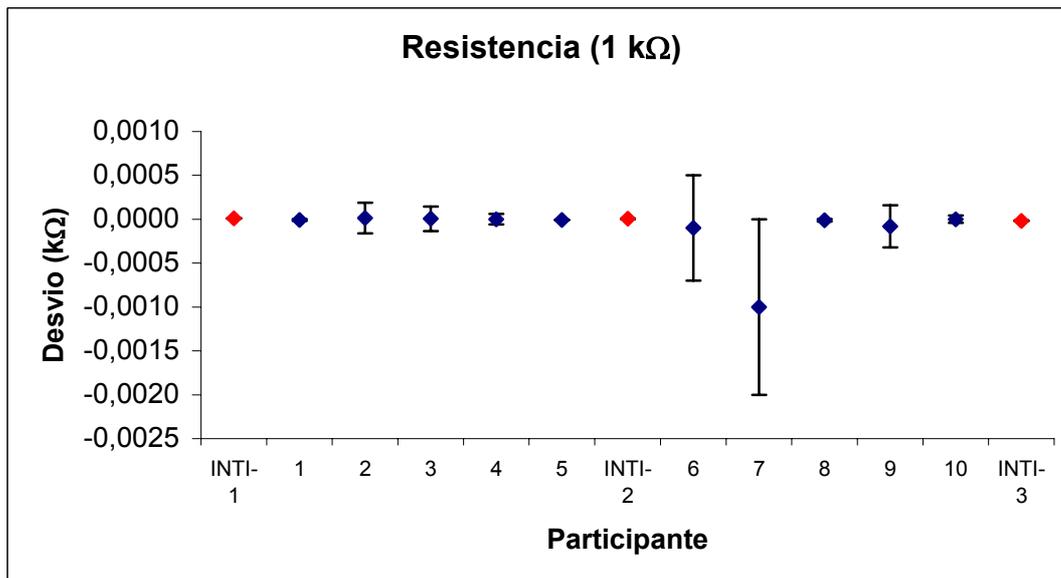
**Grafico 11:** Desvíos en corriente alterna 1 A @ 40 Hz



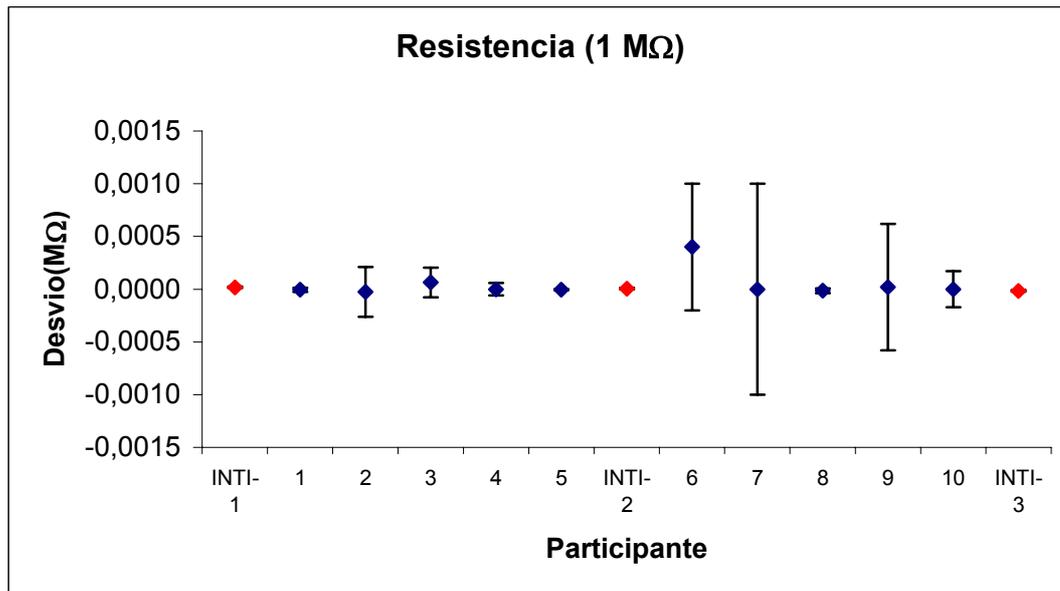
**Grafico 12:** Desvíos en corriente alterna 1 A @ 5 kHz



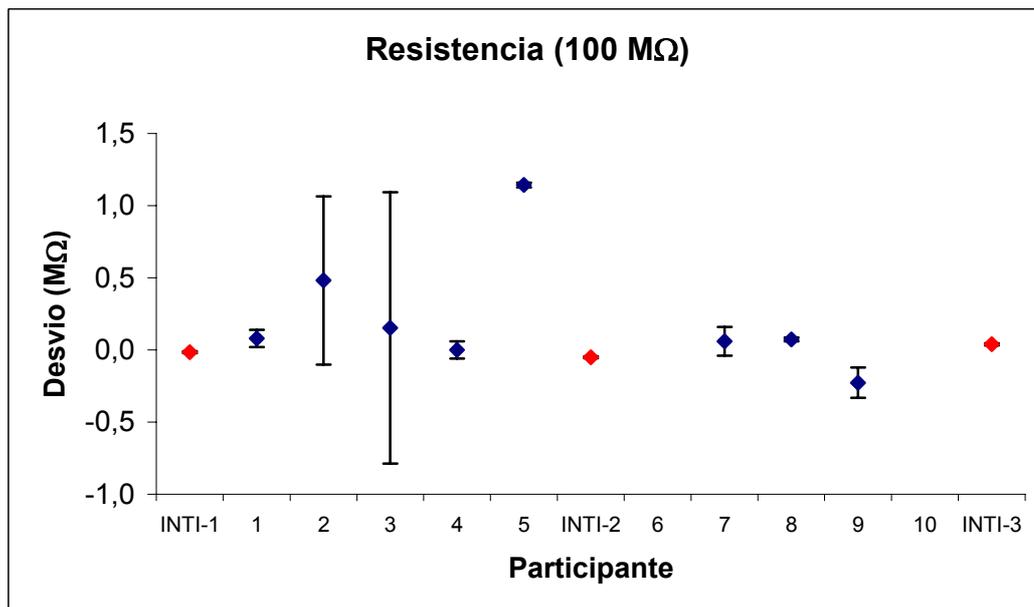
**Grafico 13:** Desvíos en resistencia 100 Ω



**Grafico 14:** Desvíos en resistencia 1 kΩ



**Grafico 15:** Desvíos en resistencia 1 MΩ



**Grafico 16:** Desvíos en resistencia 100 MΩ

## REFERENCIAS

- [1] ISO Guide 43 (1997). Proficiency Testing by Interlaboratory Comparisons  
Part 1: Development and Operation of Proficiency Testing Schemes.  
Part 2: Selection and Use of Proficiency Testing Schemes by Laboratory Accreditation Bodies.
- [2] Zhang, N. F., Liu, H., Sedransk, N. and Strawderman, W. E. Statistical analysis of key comparisons with linear trends. 2004. Metrologia 41: 231-237.
- [3] ISO 13528 (2002) Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons.
- [4] Guide to the expression of uncertainty in measurement. ISO, Geneva, Switzerland 1993.