

Intercomparación Multilateral de Potencia Eléctrica, entre los Laboratorios Nacionales de Alemania, Argentina, Brasil y Uruguay

D. Izquierdo, C. Faverio, D. Slomovitz, W. G. Kürten Ihlenfeld, L. Di Lillo, Héctor Laiz, Ricardo García, A.M.R. Franco, R.M. Debatin

Resumen: Se presentan en este trabajo los resultados de la intercomparación en Potencia Eléctrica, entre los Laboratorios Nacionales de Alemania: Physikalisch – Technischen Bundesanstalt (PTB), Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Brasil: Instituto Nacional de Metrología, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) y Uruguay: Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE), llevada a cabo durante 2004. El elemento utilizado como instrumento viajero fue un patrón de potencia perteneciente al PTB. Los resultados muestran valores compatibles para todos los laboratorios participantes, teniendo en cuenta los valores de desvío como las incertidumbres declaradas.

Palabras clave: Instituto Nacional de Metrología, Intercomparación multilateral, Potencia Eléctrica.

I. INTRODUCCIÓN

El acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MRA) de Patrones Nacionales de Medida y de Certificados de Calibración y Medición, en el marco del BIPM (Bureau International des Poids et Mesures), permite a los Institutos Metrológicos Nacionales (NMI) publicar sus capacidades de medidas en una base de datos mantenida por el CIPM (Comité Internacional des Poids et Mesures). Los cuatro países participantes de esta intercomparación son firmantes de dicho tratado. Dichas capacidades son acreditadas como válidas por la estructura mundial del BIPM que agrupa a los NMI en diferentes regiones, para lo cual es necesario cumplir con diferentes requisitos. Los más importantes refieren al respaldo técnico con que cuentan las capacidades declaradas, y para ello existen dos posibilidades: que el Instituto esté acreditado ante un Organismo Internacional de Acreditación reconocido, o que sus procedimientos sean revisados por representantes de Laboratorios Nacionales de otros países y que sean

presentados resultados satisfactorios de Intercomparaciones Internacionales. Esto último es lo que finalmente muestra fehacientemente que las capacidades declaradas son el reflejo de los resultados obtenidos. En este marco, las intercomparaciones adquieren una primordial importancia ya que en definitiva son garantía de las capacidades de medida declaradas por un país integrante del BIPM. En los meses de setiembre y octubre de 2004 se llevó a cabo una Intercomparación Multilateral con NMIs de Alemania (PTB), Argentina (INTI), Brasil (INMETRO) y Uruguay (UTE) en la magnitud de Potencia Eléctrica.

II. LABORATORIOS PARTICIPANTES

1. Physikalisch – Technischen Bundesanstalt (PTB), Alemania.
2. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Argentina.
3. Instituto Nacional de Metrología, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), Brasil.
4. Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE), Uruguay.

En la presentación de los resultados, cada laboratorio figura identificado con su sigla.

III. PATRÓN VIAJERO

El patrón viajero consistió en un Convertidor de Potencia, cuya salida es un valor de tensión continua proporcional al valor de potencia activa de entrada. Dicho instrumento es un prototipo desarrollado en forma conjunta entre el PTB y el Instituto MIHAÏLO PUPIN de Yugoslavia que presenta como característica relevante la estabilidad en el tiempo, lo que lo hace apropiado para este tipo de medidas. Sus características básicas son: Fabricante MIHAÏLO PUPIN, Modelo MSB–001, Número de serie 85002. El instrumento posee los siguientes rangos de entrada: Tensión: 120 V, Corriente 5 A, Frecuencia 50 Hz a 60 Hz. La tensión de salida es de 10 V DC para valores nominales de entrada y $\cos \phi = 1$.

D. Izquierdo, C. Faverio, D. Slomovitz trabajan en UTE, Uruguay, (e-mail: labute@ute.com.uy).

W. G. Kürten Ihlenfeld trabaja en PTB, Alemania (e-mail: Guilherme.Ihlenfeld@ptb.de).

L. Di Lillo, Héctor Laiz, Ricardo García trabajan en INTI, Argentina, (e-mail: ldili@inti.gov.ar).

A.M.R. Franco, R.M. Debatin trabajan en INMETRO, Brasil, (e-mail: lapen@inmetro.gov.br).

IV. PUNTOS DE CALIBRACIÓN

Se acordó efectuar la calibración en los siguientes puntos:

Tensión = 120 V

Corriente = 5 A

Frecuencia = 53 Hz

$\cos \phi = 1, 0.5 i, 0.5 c, 0.25 i, 0.25 c, 0 i, 0 c.$

V. PROCEDIMIENTO DE MEDIDA

Los procedimientos de medida son particulares de cada laboratorio, así como los patrones de referencia y su trazabilidad. En lo que sigue se describen los detalles.

A. PTB

El sistema del PTB se basa en la generación sincrónica y la técnica de muestreo sincrónica [1]-[2]. El sistema posee una fuente de dos canales de voltaje AC que genera, con una señal común de reloj, dos voltajes sinusoidales a la frecuencia fundamental f , donde la síntesis digital permite el ajuste del ángulo de la fase entre estos dos voltajes. Amplificadores de transconductancia y de voltaje se utilizan para aplicar una corriente I y un voltaje U al circuito de medida del dispositivo bajo prueba DUT (en este caso el patrón viajero usado en la intercomparación), amplificando las dos señales digitales sintetizadas de tensión.

Un sistema de medida de verdadero valor eficaz, que utiliza un conversor térmico primario, determina el valor rms U_{rms} de la tensión aplicada al circuito de tensión del DUT y asegura la trazabilidad a la unidad de voltaje del Sistema Internacional (SI). Un transformador de tensión y uno de corriente conectado con un shunt (Z), de bien conocidas relaciones (K_u y K_i) y errores de fase, permiten reducir las magnitudes aplicadas al DUT para procesarlas electrónicamente y muestrearlas usando un voltímetro de muestreo digital (DSV). El DSV constituye el centro del sistema de medida. Tanto el proceso de muestreo como la síntesis de la señal están sincronizados con la base de tiempo interna del DSV. Esta condición es de suma importancia para alcanzar la alta precisión en las medidas. Luego de aplicar la transformada discreta de Fourier (DFT) a los datos muestreados (en el secundario de los transformadores), las potencias alternas (aparente S , activa P , y reactiva Q) son determinadas solamente mediante mediciones de relación (de la DFT del voltaje sobre el shunt respecto al voltaje secundario del transformador de potencial, esto es $A + jB$ a la frecuencia fundamental), y el valor eficaz U_{rms} en el primario del transformador de potencial (o en el DUT).

Así, las ecuaciones para el sistema primario de PTB son:

$$\underline{I} = \underline{U} \frac{K_i}{K_u} \cdot \frac{(A + jB)}{Z} = \underline{U} \cdot \underline{Y}, \quad (1)$$

$$S = \underline{U} \cdot \underline{I} = (U_{\text{rms}})^2 \cdot \underline{Y}, \quad (2)$$

$$P = (U_{\text{rms}})^2 \cdot \text{Re}\{\underline{Y}\}, \quad (3)$$

$$Q = (U_{\text{rms}})^2 \cdot \text{Im}\{\underline{Y}\}, \quad (4)$$

donde \underline{I} indica la corriente (subrayada para indicar una cantidad compleja con $j = (-1)^{1/2}$), S la potencia aparente, P la potencia activa y Q la potencia reactiva respectivamente.

Investigaciones teóricas y experimentales extensas [2]-[3] sugieren que la incertidumbre alcanzable de la medida para el sistema de PTB es tan baja como $2,5 \mu\text{W}/\text{VA}$ a frecuencia industrial (en un rango de 16 Hz a 120 Hz), para cualquier ángulo de fase en los cuatro cuadrantes.

B. INTI

El instrumento usado como referencia para las mediciones realizadas en INTI es un comparador térmico de potencia [4]. El mismo utiliza el método de sumas y diferencias de dos tensiones:

$$\langle (u_u + u_i)^2 \rangle - \langle (u_u - u_i)^2 \rangle = 4 \langle u_u \cdot u_i \rangle. \quad (5)$$

Si se suma una tensión continua U_{dc} al término diferencia y se logra la igualdad de los dos términos, entonces

$$\langle (u_u + u_i)^2 \rangle - \langle (u_u - u_i + U_{dc})^2 \rangle = 0. \quad (6)$$

Realizando las operaciones matemáticas correspondientes, se obtiene

$$\langle u_u \cdot u_i \rangle = \frac{U_{dc}^2}{4}. \quad (7)$$

Finalmente, si $u_i = i \cdot R$, entonces

$$P = \langle u_u \cdot i \rangle = \frac{U_{dc}^2}{4 \cdot R}. \quad (8)$$

Por lo tanto, se puede relacionar la potencia AC con la tensión DC y la resistencia. En la Fig. 1 se muestra un diagrama del comparador térmico de potencia. El mismo consiste de un transformador de corriente con 5 salidas del secundario, uno de tensión con 3 salidas del secundario, una resistencia de 10Ω inmersa en un baño de aceite y un termoconversor.

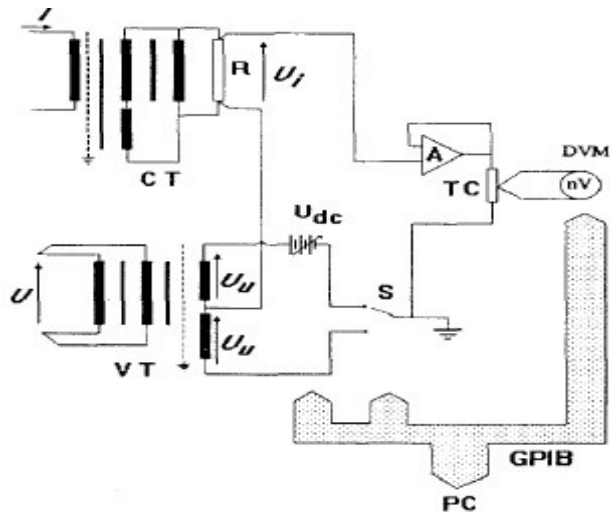


Fig. 1. Diagrama del patrón de potencia

La salida de tensión del secundario para tensiones nominales es de 1 V, mientras que la caída de tensión en la resistencia para corriente nominal es de 1 V. La Fig. 2 muestra el diagrama de conexiones utilizado en la medición de potencia de la intercomparación,

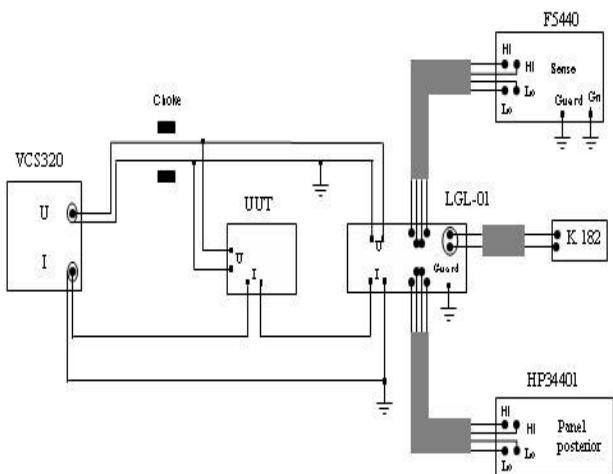


Fig. 2. Diagrama de conexiones del circuito de medida de INTI

donde

- VCS320: Fuente generadora.
- UUT: unidad bajo ensayo.
- LGL-01: comparador térmico de potencia.
- FL5440: calibrador de CC.
- K182: nanovoltímetro.
- HP34401: multímetro

Todo el sistema trabaja automáticamente, controlado por una PC con bus GPIB. La tensión y la corriente de ensayo son suministradas por una fuente ZERA VCS320 que permite modificar la fase entre las mismas. La tensión continua es suministrada por una fuente Fluke 5440, mientras que el nanovoltímetro es utilizado para medir la salida de tensión del

termoconversor. El multímetro HP34401 es usado para monitorear la temperatura de la resistencia y realizar las correcciones correspondientes.

El proceso de medición consiste conectar la llave S en la posición “up” (Fig. 1), aplicar la tensión y la corriente de ensayo, con $U_{dc} = 2V$, aguardar 60 s y medir la tensión en la salida de la termocupla U_{DC+} . Posteriormente, se conmuta la llave a la posición “down” y se aplica $U_{dc} = 0V$, midiéndose la tensión a la salida de la termocupla U_{AC} luego de 60 s. Por último, se conmuta la llave S a la posición “up” nuevamente, se aplica la tensión continua la polaridad opuesta y se mide la salida de la termocupla U_{DC-} .

Con los resultados de las tensiones de salida de la termocupla U_{AC} , U_{DC+} y U_{DC-} se calcula la tensión de salida promedio de la termocupla cuando se aplicó tensión continua (U_{DCM}) y se verifica que $(U_{AC}-U_{DCM})/U_{DCM}$ sea menor que $50 \mu V/V$. En caso de ser así, se toma como válida la medición y se calcula la potencia de acuerdo con (8). En caso contrario se ajusta la tensión continua y se realiza nuevamente la medición hasta lograr la convergencia.

La tensión de salida del patrón viajero es medida con un multímetro digital HP3458.

C. INMETRO

INMETRO tiene un sistema de medida basado en un método de muestreo, usando un multímetro digital HP3458A. El esquema del circuito se muestra en Fig. 3.

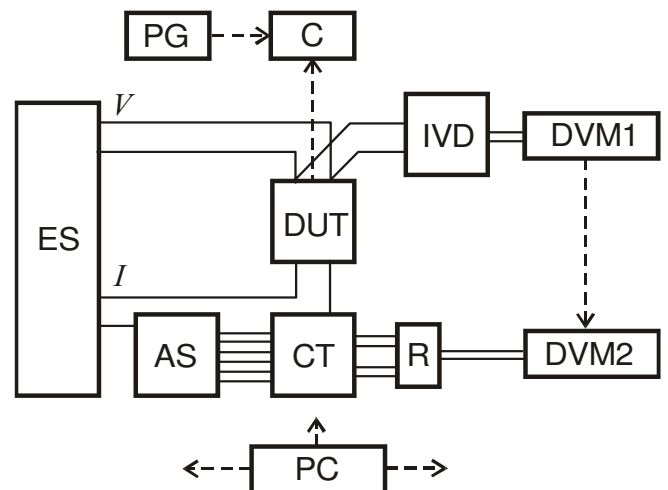


Fig. 3. Diagrama de conexiones del Circuito de medida de INMETRO

ES es la fuente de energía del circuito. Como opción razonable puede ser usado un calibrador ROTTEK 8000, que ha sido adaptado por ROTTEK para la investigación, para ser utilizado por este laboratorio, proporcionando voltajes hasta 700 V y corrientes hasta 50 A. Para valores superiores de

corriente, otras fuentes, por ej. un EMH PPS 120.3, se pueden utilizar, proporcionando corrientes hasta 120 A.

DUT es el dispositivo bajo prueba, pudiendo ser un vatímetro o un medidor de energía. El voltaje es reducido por un divisor inductivo de voltaje, IVD, a 6 V, para facilitar el muestreo del voltímetro digital DVM1, un HP3458A, siempre en su rango de 10 V. El IVD programable, marca CONIMED, modelo DI-4, posee cuatro rangos de voltaje, desde 60 V hasta 600 V. Un transformador de corriente (CT) desarrollado por el Laboratorio CALIN para este proyecto, opera con corrientes sinusoidales, asegurando las medidas entre 250 mA y 60 A. Mediante el uso de un transformador de corriente estándar en cascada, el rango se pueden extender hasta 120 A. CT es un dispositivo pasivo de dos etapas, que proporciona una corriente nominal secundaria de 100 mA. El método de compensación del CT requiere dos resistores patrones iguales, R, de valores $2 \times 10 \Omega$ o $2 \times 20 \Omega$, según se seleccione 1 V o 2 V en la salida, respectivamente. El voltaje de la salida de los resistores, proporcional a la corriente, es muestreado por el voltímetro digital DVM2, otro HP3458A. Los dos voltímetros digitales funcionan en una relación maestro-esclavo. DVM1 (maestro) toma las muestras en una secuencia programada, y en cada muestreo emite un pulso de disparo para controlar el muestreo de DVM2 (esclavo).

AS es un interruptor automatizado, desarrollado por este laboratorio, para seleccionar los rangos del CT automáticamente.

Cuando un medidor de energía debe ser calibrado, un generador de pulsos de alta precisión, PG, se aplica para proporcionar la base del tiempo.

C es un contador especial, programable, desarrollado por CALIN para este laboratorio, para contar el número de los pulsos emitidos por PG y DUT. El control de los equipos es realizado por IEEE 488.2 o por RS 232.

El proceso completamente automatizado de la calibración es controlado por un programa interactivo, que fue desarrollado en LabWindows/CVI (National Instruments), por el laboratorio de Potencia y Energía de INMETRO.

D. UTE

El patrón de medida utilizado por UTE es un desarrollo propio [5], directamente trazable a tensión y resistencia, el cual se basa en el siguiente principio de funcionamiento. El sistema de medida comprende un elemento sumador que opera con las señales de tensión de sus dos entradas. A una de las entradas se le aplica la tensión de ensayo y a la otra, la tensión de salida de un transformador de transconductancia el que es alimentado con la corriente de ensayo. La salida del dispositivo es conectada a un voltímetro de alterna de alta precisión controlado por una PC a través de un bus GPIB. La potencia se determina mediante la siguiente ecuación:

$$P = (AB/4R)(S^2 - D^2) \quad (9)$$

donde P es el valor de potencia, A y B dos constantes del sumador, R la relación del transformador de transconductancia ($0.5 \text{ V}/5 \text{ A}$), y S y D son los valores medidos de la suma y la diferencia de los valores de entrada. Estas dos tensiones de salida son medidas por un multímetro AC de $8\frac{1}{2}$ dígitos, utilizando en este caso un algoritmo de medida [6] que permite medir los valores de tensión AC con incertidumbres menores que $10 \mu\text{V}/\text{V}$.

La fuente y los multímetros son controlados por una PC, lo que permite, además de automatizar la medida, obtener un gran número de registros para cada punto. La Fig. 4 muestra un esquema del sistema. La tensión de salida del patrón viajero es medida por un multímetro DC de $8\frac{1}{2}$ dígitos, cuya incertidumbre característica, para los valores medidos, es menor que $5 \mu\text{V}/\text{V}$.

La tensión y la corriente son suministradas por una fuente comercial de alta estabilidad, con posibilidad de ajuste de la fase.

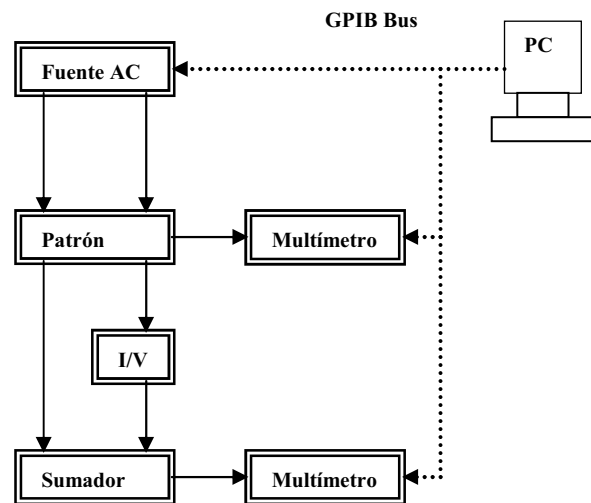


Fig. 4. Diagrama de bloques del circuito de calibración de UTE

VI. RESULTADOS

Se presentan los resultados proporcionados por cada laboratorio con el valor de desvío y su correspondiente incertidumbre. A los efectos de visualizar dichos resultados se incluyen los gráficos que facilitan la interpretación de los mismos, para ello se expresan los desvíos respecto al valor promedio de los resultados informados para cada punto, por los cuatro laboratorios.

A.. Cálculo de incertidumbres

La incertidumbre estándar combinada ($k=2$) se calculó para cada punto medido basándose en la Guía para la Expresión de Incertidumbre en las Medidas [7]. Se realizaron un conjunto de medidas independientes para cada punto de calibración a fin de tener una base estadística para el cálculo de incertidumbres. Las Tablas I a VII y las Fig. 5 a 11 muestran los resultados para diferentes factores de potencia.

B. Compatibilidad de los resultados

Para realizar un análisis de los resultados se calcula el índice de mérito [8] de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$E_i = \frac{|X_{lab} - X_{ref}|}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}, \quad (10)$$

donde

- E_i índice de mérito
- X_{lab} resultado del laboratorio participante
- X_{ref} desvío de referencia
- U_{lab} incertidumbre estándar del laboratorio participante
- U_{ref} incertidumbre estándar de referencia.

Un índice de mérito menor que 1 indica que el valor es compatible con el valor de referencia. Índices de mérito mayores o iguales a 1 implican una incompatibilidad de los resultados. En el caso de este trabajo se calculó el índice de mérito tomando como desvío de referencia el promedio ponderado de los valores informados por todos los laboratorios participantes. Los valores de X_{ref} y U_{ref} se calculan a partir de las siguientes ecuaciones [9]:

$$X_{ref} = U_{ref}^2 \sum_{j=1}^n \frac{X_{lab}}{U_{lab}^2} \quad (11)$$

$$U_{ref} = \frac{1}{\sqrt{\sum_{j=1}^n \frac{1}{U_{lab}^2}}} \quad (12)$$

TABLA I
COS $\phi = 1$

Laboratorio	Desvío ($\mu W/VA$)	Incertidumbre ($\mu W/VA$)	Índice de mérito
PTB	-228	20	0.6
INTI	-191	60	0.4
INMETRO	-209	18	0.2
UTE	-202	30	0.4

Tabla II
COS $\phi = 0.5$ IND.

Laboratorio	Desvío ($\mu W/VA$)	Incertidumbre ($\mu W/VA$)	Índice de mérito
PTB	-114	20	0.2
INTI	-112	60	0.0
INMETRO	-107	22	0.1
UTE	-108	30	0.1

Tabla III
cos $\phi = 0.5$ cap.

Laboratorio	Desvío ($\mu W/VA$)	Incertidumbre ($\mu W/VA$)	Índice de mérito
PTB	-120	20	0.1
INTI	-132	60	0.2
INMETRO	-106	22	0.5
UTE	-133	30	0.5

Tabla IV
cos $\phi = 0.25$ ind.

Laboratorio	Desvío ($\mu W/VA$)	Incertidumbre ($\mu W/VA$)	Índice de mérito
PTB	-56	20	0.0
INTI	xxx	xxx	xxx
INMETRO	-54	23	0.1
UTE	-59	30	0.1

Tabla V
cos $\phi = 0.25$ cap.

Laboratorio	Desvío ($\mu W/VA$)	Incertidumbre ($\mu W/VA$)	Índice de mérito
PTB	-58	20	0.1
INTI	xxx	xxx	xxx
INMETRO	-52	23	0.4
UTE	-85	30	0.7

Tabla VI
cos $\phi = 0$ ind.

Laboratorio	Desvío ($\mu W/VA$)	Incertidumbre ($\mu W/VA$)	Índice de mérito
PTB	3	20	0.0
INTI	xxx	xxx	xxx
INMETRO	7	24	0.1
UTE	-3	30	0.2

Tabla VII
cos $\phi = 0$ cap.

Laboratorio	Desvío ($\mu W/VA$)	Incertidumbre ($\mu W/VA$)	Índice de mérito
PTB	1	20	0.2
INTI	xxx	xxx	xxx
INMETRO	9	24	0.5
UTE	-34	30	0.9

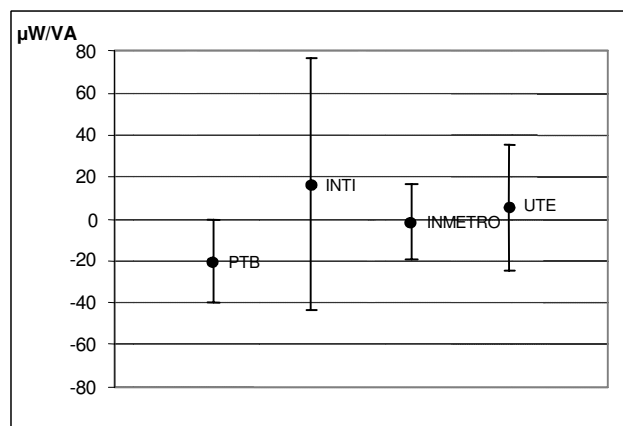


Fig. 5. cos $\phi = 1$.

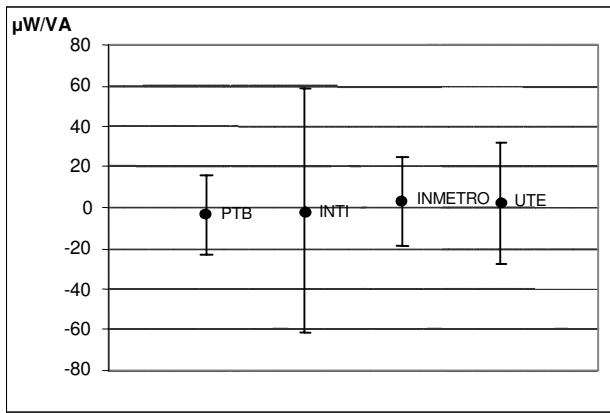


Fig. 6 . $\cos \phi = 0.5$ IND.

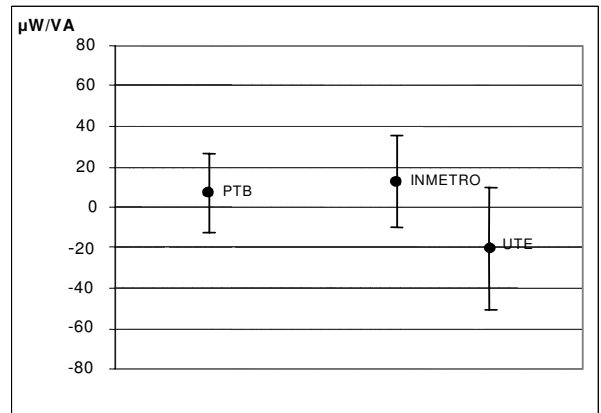


Fig. 9 $\cos \phi = 0.25$ cap.

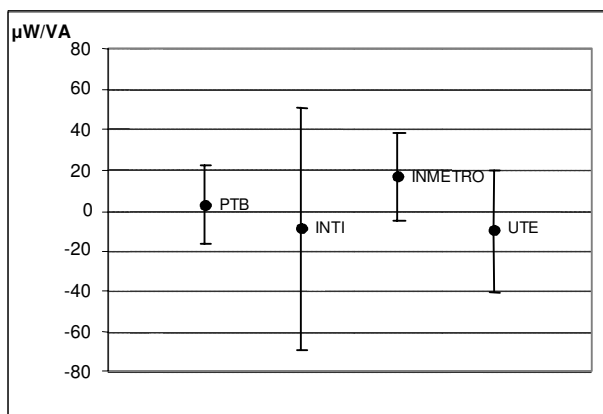


Fig. 7. $\cos \phi = 0.5$ cap.

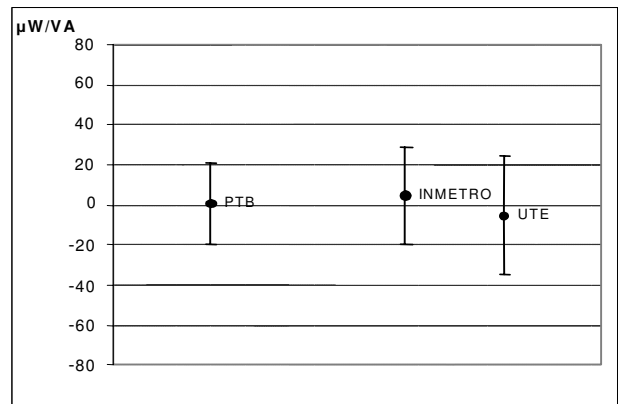


Fig. 10. $\cos \phi = 0$ ind.

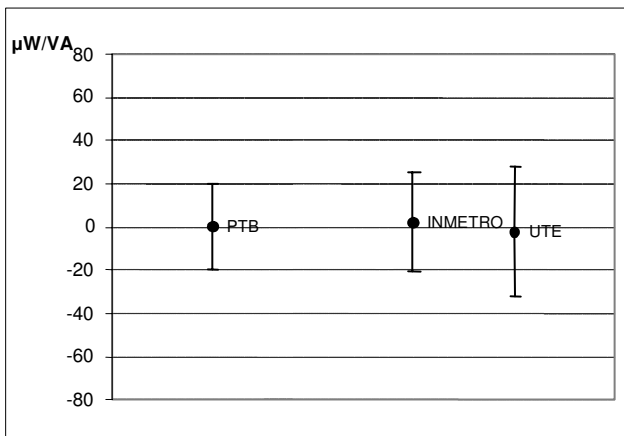


Fig. 8. $\cos \phi = 0.25$ ind

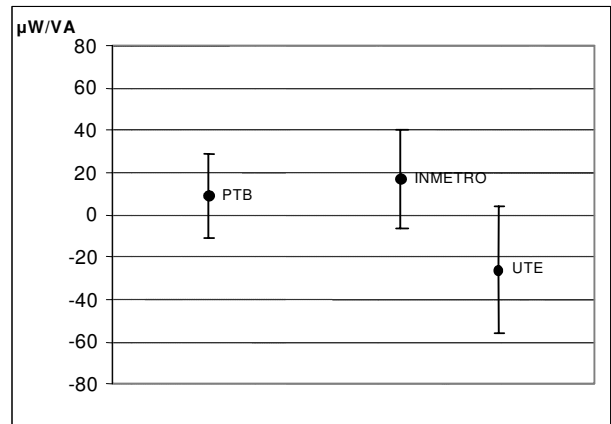


Fig. 11. $\cos \phi = 0$ cap.

VII. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que los valores declarados por todos los laboratorios, tomando en cuenta la incertidumbre, se solapan para todos los casos. Los valores de los índices de mérito no alcanzaron el valor 1 en ningún caso, lo cual significa que los cuatro laboratorios poseen compatibilidad en sus resultados.

VIII. REFERENCIAS

- [1] G. Ramm, H. Moser, and A. Braun, "A New Scheme for Generating and Measuring Active, Reactive and Apparent Power at Power Frequencies with Uncertainties of 2.5 10-6," IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 48, No. 2, Apr. 1999, pp 422-426.
- [2] W. G. Kürten Ihlenfeld, Maintenance and Traceability of AC Voltages by Synchronous Digital Synthesis and Sampling, PTB Report E-75, Braunschweig, August 2001.
- [3] W. G. Kürten Ihlenfeld, Maintenance and Traceability of AC Voltage Ratios and AC Power by Synchronous Digital Synthesis and Sampling, PTB Report E-76, Braunschweig, October 2001.
- [4] H. Laiz, R. Garcia, "A Power Comparator with High Accuracy, Simple and Inexpensive," IEEE-IM, April 1997.
- [5] P. Braga, D. Slomovitz. "RMS Voltmeter based Power and Power Factor measuring system," Int. J. Electronics, vol. 75, N° 3, pp. 561-565, 1993
- [6] R. Swerlein. "A 10 ppm Accurate Digital AC Measurement Algorithm," Hewlett Packard Co., August 1991.
- [7] "Guide to the expression of Uncertainty in Measurement," 1st edition, BIMP/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML, 1995.
- [8] J. Bellis "Euromet Projet Reference N° 345" NPL Report CEM 7, February 1999.
- [9] R. Dziuba, D. Jarrett. "CCEM-K2 Key Comparison of Resistance Standards at 10 MΩ and 1 GΩ" Final report. NIST. July 2001.

IX. BIOGRAFÍAS



Daniel Izquierdo nació en Rocha, Uruguay, en 1963. Recibió el título de Perito en Ingeniería Eléctrica de la Universidad de la República, Uruguay, en 1988. Desde 1991 trabaja en UTE, desempeñándose en el Departamento de Metrología Eléctrica del Laboratorio.



Carlos Favero nació en Montevideo, Uruguay, en 1961. Recibió el título de Bachiller en Electrónica de la Universidad del Trabajo del Uruguay, en 1980. Desde 1978 trabaja en UTE, desempeñándose en el Departamento de Metrología Eléctrica del Laboratorio.



Daniel Slomovitz (M'86-SM'89) nació en Montevideo, Uruguay, en 1952. Recibió el título de Ingeniero Eléctrico en 1977 y Doctor en Ingeniería en 2000, en la Universidad de la República, Uruguay. Actúa como Profesor Catedrático en la misma universidad. En 1977, se incorporó al

Laboratorio de UTE como Ayudante de Ing., ocupando actualmente el cargo de Jefe del Laboratorio. Ha llevado a cabo investigación en mediciones de baja frecuencia y alto voltaje, habiendo publicando más de 90 trabajos.



Waldemar Guilherme Kürten Ihlenfeld nació en União da Vitória, Brazil, en 1960. Recibió el grado de B. Eng. de la Universidad de Paraná, en 1983, el grado de M. Eng. y el Ph. D. en Ingeniería Eléctrica (Magna Cum Laude) en Braunschweig Technical University, en 1994 y 1997, respectivamente. Desde 1983 a 1999 trabajó en el Laboratorio Central (LAC), instituto de investigación de la Universidad Federal de Paraná y la compañía eléctrica de Paraná, sur del Brasil. En 1999 se incorporó al Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig, Alemania, donde ha desarrollado circuitos de electrónica de precisión y modelos matemáticos de sistemas de muestreo. Actualmente cursa un grado pos-doctorado en la Universidad de Hannover. Sus estudios incluyen procesadores digitales, métodos numéricos, transferencia térmica y modelado de semiconductores.



Ana Maria Ribeiro Franco nació en Brasil en 1957. Recibió el grado de B.Sc. en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Federal de Río de Janeiro en el año 1980 y el grado de M.Sc. en Metrología Eléctrica en la Universidad Católica de Río de Janeiro en 2001. Su especialización es Metrología Eléctrica. Actualmente es jefe del laboratorio de Potencia y Energía de INMETRO.



Rosane M. Debatin nació en Brasil en 1964. Recibió el grado de B.Sc. en Ingeniería Electrónica de la Facultad Unida Nuno Lisboa de Río de Janeiro en 1987 y el grado de M.Sc. en Procesamiento de señales de la Universidad Federal de Río de Janeiro en 1998. Su especialización es Metrología Eléctrica. Actualmente el sub-jefe del laboratorio de Potencia y Energía de INMETRO.



Lucas Di Lillo nació en Buenos Aires, Argentina en 1970. Se recibió de Lic. en Ciencias Físicas en el año 2000. En el año 1999 se incorporó al INTI trabajando hasta el año 1999 en el Laboratorio de dieléctricos de INTI-Física y Metrología y desde ese año hasta la fecha trabaja en el Laboratorio de potencia y transferencia AC-DC de INTI-Física y Metrología.



Héctor Laiz nació en Argentina en 1964. Recibió el diploma en Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Buenos Aires, Argentina, en 1988 y el grado de Doctorado del Technische Universität Brunswick, Alemania, en 1999. En 1989, ingresó al Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Argentina, donde desarrolló estándares de energía y de transferencia AC-DC. Ha sido científico invitado en el Physikalisch - Technische Bundesanstalt, Alemania, y en el National Institute of Standards and Technology, EEUU, trabajando en medidas de AC de baja frecuencia. Desde junio de 1999, es director de Metrología en INTI, ocupándose de Metrología científica y legal.



Ricardo García se recibió de ingeniero electromecánico (1968) en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Se incorporo en 1970 al INTI y se perfeccionó en Metrología en el PTB Actualmente es director de Física y Metrología. Publicó diversos trabajos en temas de medición de energía eléctrica, alta tensión y ensayos de equipos eléctricos.