



# “COMPROBACION DE LA MEDICION DE RESISTENCIA EN EL INSTRUMENTO UTILIZADO EN LA COMPARACION DE MAGNITUDES ELECTRICAS REALIZADA EN 2006-2007”

**Ing. Juan E. Garay Moreno**  
**Servicios Profesionales en Instrumentación, S.A. de C.V.**  
**sepri1@netmex.com**



**Encuentro Nacional de  
Metrología Eléctrica 2009**  
**18-20 de noviembre**

↪ Electromagnetismo  
↪ Temperatura y  
Propiedades Termofísicas  
↪ Tiempo y Frecuencia



CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, CENAM,  
DERECHOS RESERVADOS 2009

## Introducción

---

En la comparación realizada de mayo del 2006 a junio del 2007 entre los laboratorios acreditados y en proceso de acreditación en magnitudes eléctricas, solo el 20 % (5 de 26) de los laboratorios acreditados lograron resultados satisfactorios en la medición de resistencia eléctrica razón por la cual se pensó en un posible problema en el multímetro de 6 ½ dígitos utilizado como patrón viajero, tomando en cuenta lo anterior, el laboratorio piloto realizó un estudio del comportamiento del multímetro en medición de resistencia eléctrica utilizando diferentes patrones para realizar la calibración del mismo y con esto analizar los resultados obtenidos.

## Instrumentos utilizados

---

Con el propósito de realizar un estudio confiable, se utilizó como patrones los siguientes instrumentos:

- Calibrador multifunción Wavetek 4808
- Calibrador multifunción Fluke 5700A
- Calibrador multifunciones Fluke 5520A
- Calibrador multifunciones Fluke 5500A
- Resistor patrón Leeds&Northrup 10 k $\Omega$
- Multímetro 3458A
- Resistores Patrón ESI para transferencia

# Puntos de resistencia

---

Los puntos a comprobar son:  
Con conexión de 5 terminales

- 1 k $\Omega$
- 10 k $\Omega$
- 100 k $\Omega$

Con conexión de 3 terminales

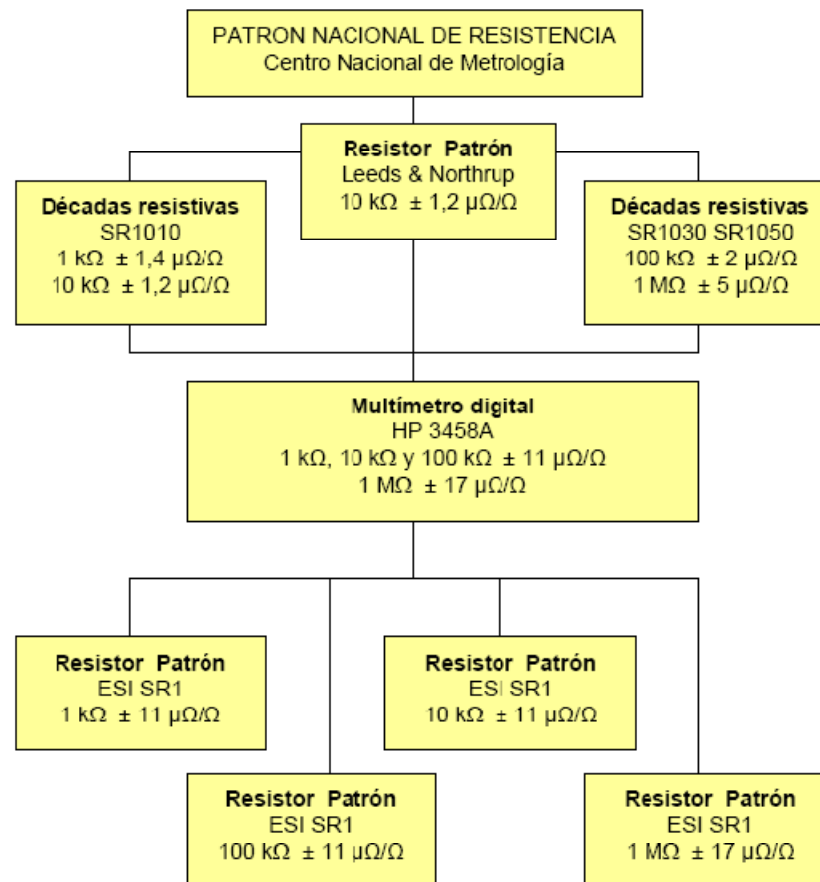
- 1 M $\Omega$

## Descripción de la comprobación

---

- Inicialmente se calibra el multímetro Solartron 7151 utilizado en la comparación del 2006 – 2007 con resistores de referencia. Este valor se tomará como referencia para compararlo con los valores obtenidos con cada uno de los calibradores propuestos.
- En los calibradores Wavetek 4808 y Fluke 5700A se tomarán los valores de calibración.
- En los calibradores Fluke 5500A y 5520A los valores de resistencia serán medidos con el multímetro HP3458A antes de realizar la comparación bajo las mismas condiciones ambientales.

# Trazabilidad



# Consideraciones de Medición

- **Estabilización**

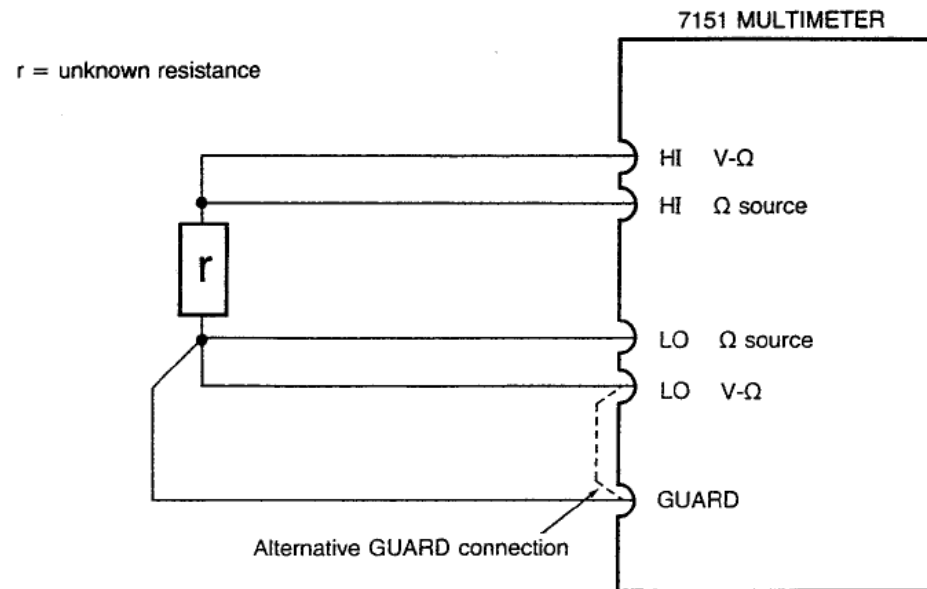
Para minimizar la contribución de incertidumbre por condiciones ambientales, los instrumentos utilizados como referencia y el multímetro Solartron 7151 (IBC) se mantuvieron energizados durante 24 horas bajo las mismas condiciones antes de realizar las mediciones, los resistores patrón se caracterizaron a  $23\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  antes de utilizarse.

- **Cables de medición**

Para la conexión de 5 terminales se utilizó un cable doble par trenzado de cobre con baño de plata, blindaje y aislamiento de teflón de bajas FEM's térmicas con terminales tipo banana.

Para la conexión de 3 terminales se utilizó un cable de un par trenzado de cobre con baño de plata, blindaje y aislamiento de teflón de bajas FEM's térmicas con terminales tipo banana.

# Diagramas de interconexión del IBC



Conexión a 5 terminales utilizadas para la medición de 1 k $\Omega$ , 10 k $\Omega$  y 100 k $\Omega$ .

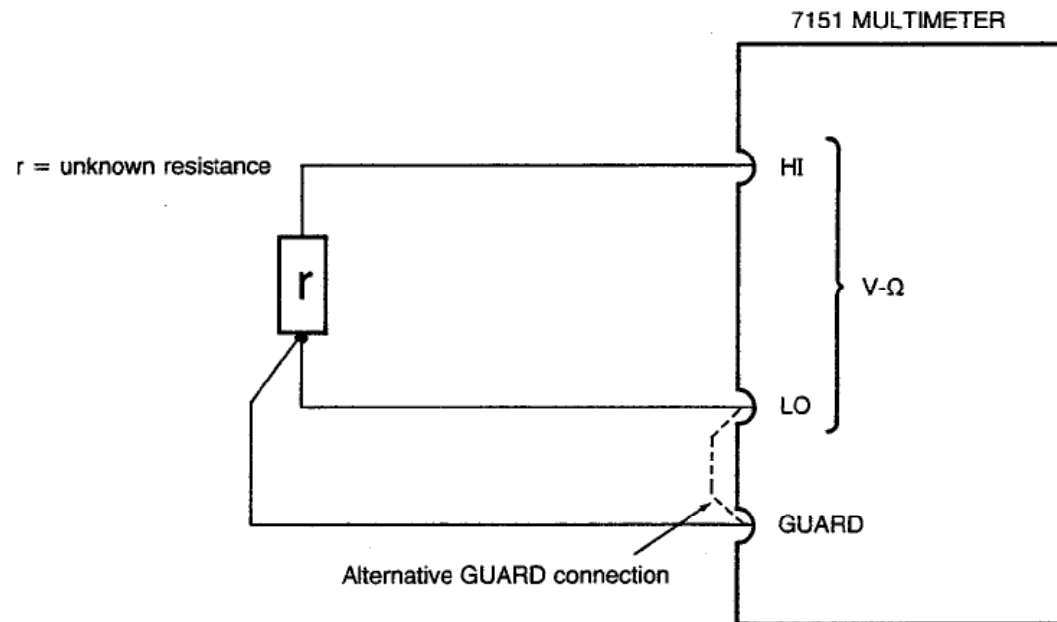
Las terminales indicadas se encuentran en la parte posterior del multímetro, Input Hi (amarilla), Input Lo (azul), Sense Hi (roja), Sense Lo (negra).

Este instrumento genera la corriente de medición en las terminales de Sense.

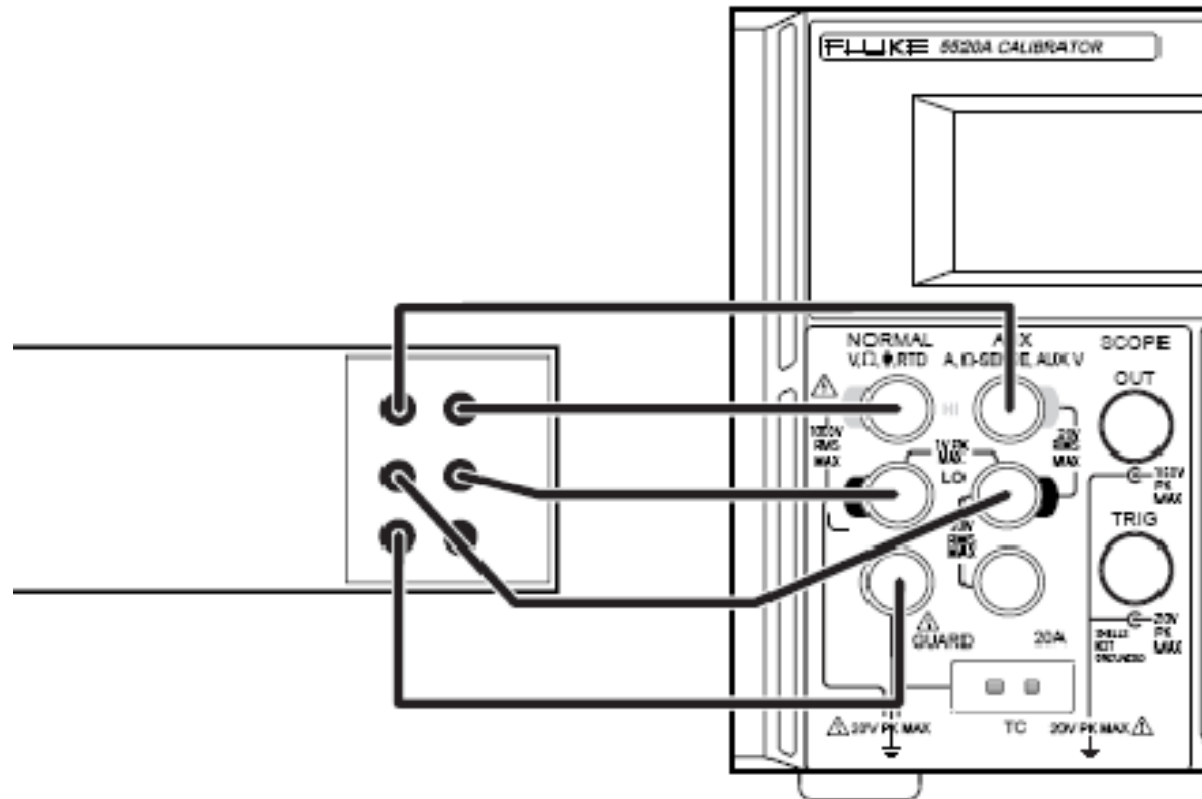


# Diagramas de interconexión del IBC

Conexión a 3 terminales utilizadas para la medición de  $1\text{ M}\Omega$ .



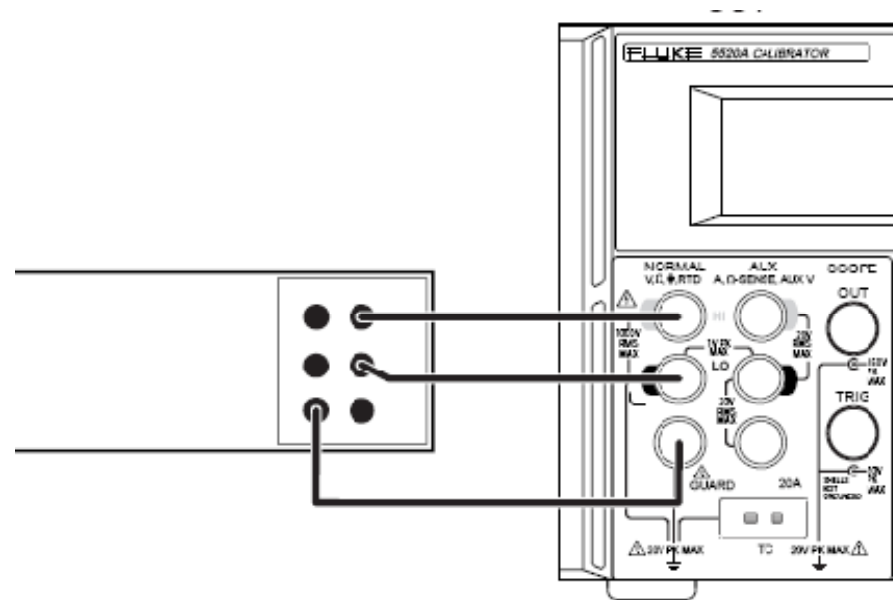
# Diagramas de interconexión con el calibrador



Conexión a 5 terminales utilizada para la medición de 1 k $\Omega$ ,  
10 k $\Omega$ , y 100 k $\Omega$ ,

# Diagramas de interconexión con el calibrador

Conexión a 3 terminales para la medición de 1 MΩ



# Consideraciones en el IBC

La medición se realizó de la siguiente forma:

- Se configuró el multímetro en resistencia con el botón 6 x 9 activado.
- Con la conexión en 5 terminales aplicando  $0 \Omega$  se le manda el nulo al multímetro.
- Aplicando cada uno de los valores de:  $1 \text{ k}\Omega$ ,  $10 \text{ k}\Omega$  y  $100 \text{ k}\Omega$ ; se tomaron 10 mediciones.
- De igual manera, con la conexión a 3 terminales aplicando  $0 \Omega$  se le manda el nulo al multímetro.
- Aplicando  $1 \text{ M}\Omega$ , se tomaron 10 lecturas.
- En cada uno de los casos se reportó el promedio de las lecturas.
- Como valor de referencia, para asegurar la trazabilidad al Patrón Nacional en el CENAM, se corrigió el valor nominal al valor de calibración del instrumento utilizado como patrón.
- Se tomo como contribución de incertidumbre de cada calibrador (instrumento de referencia) su estabilidad a 1 año indicada por el fabricante.
- En cada caso, se agrego la variabilidad de las mediciones del IBC.

# Calibración IBC con resistores reales

La contribución de incertidumbres al calibrar el multímetro son:

- La incertidumbre del resistor de referencia.
- La variabilidad del IBC durante su calibración
- La resolución del IBC.

En la tabla 2 se muestra los valores obtenidos con resistores y su incertidumbre asociada a cada valor.

Valor de Referencia k $\Omega$	Valor indicado 7151 k $\Omega$	Error relativo $\mu\Omega/\Omega$	Uexp k =2 $\mu\Omega/\Omega$
1,000080	1,000664	584	12
10,000202	10,00289	269	11
100,00090	100,0205	196	14
1000,0522	1000,276	224	20

Tabla 2.- Resultados obtenidos con resistores ESI.

# Calibración del IBC con 4808 y 5700A

Valor de Referencia kΩ	Valor indicado 7151 kΩ	Error relativo μΩ/Ω	Uexp k =2 μΩ/Ω
1,000038	1,000625	587	11
10,000450	10,00322	277	8,7
100,00490	100,0243	194	11
1000,0186	1000,239	220	20

Tabla 3.- Resultados con el Wavetek 4808

Valor de Referencia kΩ	Valor indicado 7151 kΩ	Error relativo μΩ/Ω	Uexp k =2 μΩ/Ω
0,999927	1,000487	570	14
9,999668	10,00228	261	12
99,99669	100,0172	205	14
1000,0390	1000,258	219	20

Tabla 4.- Valores obtenidos con el Fluke 5700A

## Calibración del IBC con 5500A y 5520A

Valor de Referencia k $\Omega$	Valor indicado 7151 k $\Omega$	Error relativo $\mu\Omega/\Omega$	Uexp k =2 $\mu\Omega/\Omega$
0,999996	1,000591	595	24
10,000024	10,00261	258	23
100,00003	100,0222	222	24
1000,0048	1000,247	242	26

Tabla 5.- Valores obtenidos con el Fluke 5520A

Valor de Referencia k $\Omega$	Valor indicado 7151 k $\Omega$	Error relativo $\mu\Omega/\Omega$	Uexp k =2 $\mu\Omega/\Omega$
1,000053	1,000541	487	120
10,000502	10,00243	192	120
100,00106	100,0251	240	130
1000,0082	1000,330	322	160

Tabla 6.- Valores obtenidos con el Fluke 5500A

# Evaluación con error normalizado

## ➤ Referencia VS Wavetek 4808

Valor nominal	Referencia $\mu\Omega/\Omega$		Wavetek 4808 $\mu\Omega/\Omega$		En
	E <sub>ref</sub>	U <sub>ref</sub>	E <sub>4808</sub>	U <sub>4808</sub>	
1 k $\Omega$	584	12	587	11	0,03
10 k $\Omega$	269	11	277	8,7	0,40
100 k $\Omega$	196	13	194	11	0,11
1 M $\Omega$	224	20	220	20	0,09

Tabla 7.- Con un calibrador Wavetek 4808

## ➤ Referencia VS Fluke 5700A

Valor nominal	Referencia $\mu\Omega/\Omega$		Fluke 5700A $\mu\Omega/\Omega$		En
	E <sub>ref</sub>	U <sub>ref</sub>	E <sub>5700A</sub>	U <sub>5700A</sub>	
1 k $\Omega$	584	12	570	15	0,73
10 k $\Omega$	269	11	261	12	0,49
100 k $\Omega$	196	13	205	14	0,47
1 M $\Omega$	224	20	219	20	0,18

Tabla 8.- Con un calibrador Fluke 5700A



# Evaluación con error normalizado

## ➤ Referencia VS Fluke 5520A

Valor nominal	Referencia $\mu\Omega/\Omega$		Fluke 5520A $\mu\Omega/\Omega$		En
	Eref	Uref	E <sub>5520A</sub>	U <sub>5520A</sub>	
1 k $\Omega$	584	12	595	24	0,41
10 k $\Omega$	269	11	258	23	0,43
100 k $\Omega$	196	13	222	24	0,95
1 M $\Omega$	224	20	242	26	0,55

Tabla 9.- Con un calibrador Fluke 5520A

## ➤ Referencia VS Fluke 5500A

Valor nominal	Referencia $\mu\Omega/\Omega$		Fluke 5500A $\mu\Omega/\Omega$		En
	Eref	Uref	E <sub>5500A</sub>	U <sub>5500A</sub>	
1 k $\Omega$	584	12	487	120	0,64
10 k $\Omega$	269	11	192	120	0,63
100 k $\Omega$	196	13	240	130	0,34
1 M $\Omega$	224	20	322	160	0,59

Tabla 10.- Con un calibrador Fluke 5500<sup>a</sup>

# Error Normalizado con incertidumbres caracterizadas

## ➤ Referencia VS Fluke 5520A caracterizado

Valor nominal	Referencia $\mu\Omega/\Omega$		Fluke 5520A $\mu\Omega/\Omega$		En
	Eref	Uref	E <sub>5520A</sub>	U <sub>5520A</sub>	
1 k $\Omega$	584	12	595	12	0,65
10 k $\Omega$	269	11	258	11	0,71
100 k $\Omega$	196	13	222	13	1,41
1 M $\Omega$	224	20	242	20	0,64

Tabla 11.- Con un calibrador Fluke 5520A

## ➤ Referencia VS Fluke 5500A caracterizado

Valor nominal	Referencia $\mu\Omega/\Omega$		Fluke 5500A $\mu\Omega/\Omega$		En
	Eref	Uref	E <sub>5500A</sub>	U <sub>5500A</sub>	
1 k $\Omega$	584	12	487	12	5,72
10 k $\Omega$	269	11	192	11	4,95
100 k $\Omega$	196	13	240	13	2,39
1 M $\Omega$	224	20	322	20	3,46

Tabla 12.- Con un calibrador Fluke 5500A

## Corriente de medición de multímetros

- ✓ La corriente aplicada al realizar la medición de resistencia fue medida en tres instrumentos, los resultados se muestran en la tabla 13.

Valor de Medición k $\Omega$	Corriente aplicada HP3458A	Corriente aplicada HP34401A	Corriente aplicada S 7151
1	98,117 $\mu$ A	1,0018 mA	89,703 $\mu$ A
10	98,117 $\mu$ A	100,198 $\mu$ A	89,703 $\mu$ A
100	25,028 $\mu$ A	10,059 $\mu$ A	8,957 $\mu$ A
1000	4,912 $\mu$ A	5,045 $\mu$ A	0,9972 $\mu$ A

Tabla 13.- Corriente aplicada por los multímetros al medir resistencia.

# Corrientes de funcionamiento en simuladores

- ✓ Los calibradores Fluke 5500A y 5520A tienen una corriente de operación que se respalda en su especificación. La corriente de funcionamiento se indica en la tabla 14. Además, tienen una degradación para corrientes menores indicada al pie de su especificación.

	5500A	5520A
Valor de Resistencia	Corriente de funcionamiento	Corriente de Funcionamiento
1 k $\Omega$	250 $\mu$ A a 18 mA	1 mA a 18 mA
10 k $\Omega$	25 $\mu$ A a 1,8 mA	100 $\mu$ A a 1,8 mA
100 k $\Omega$	2,5 $\mu$ A a 0,18 mA	10 $\mu$ A a 0,18 mA
1000 k $\Omega$	250 nA a 180 $\mu$ A	1 $\mu$ A a 18 $\mu$ A

Tabla 14.- Corrientes de funcionamiento

Solartron 7151	
Intervalo de Resistencia	Corriente de medición
2 k $\Omega$	100 $\mu$ A
20 k $\Omega$	100 $\mu$ A
200 k $\Omega$	10 $\mu$ A
2000 k $\Omega$	1 $\mu$ A

Tabla 15.- Especificación del Solartron 7151

# Circuito de medidores de resistencia

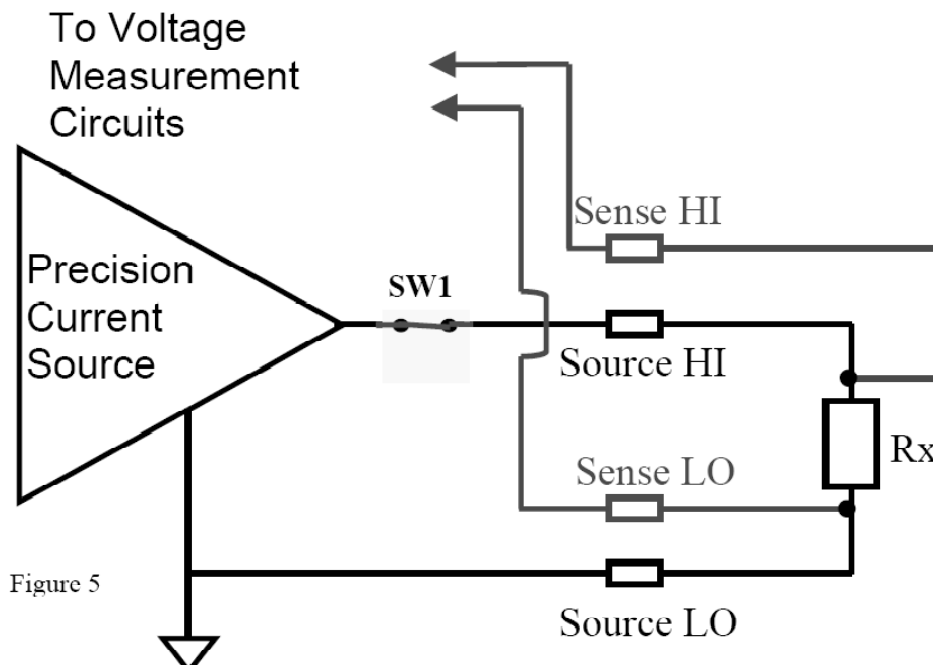


Figure 5

Circuito simplificado de generación de corriente y medición de tensión en los multímetros para la medición de 4 terminales.

En el 3458A, las terminales son:

Normal Hi .- fuente de corriente

Normal Lo .- fuente de corriente

Sense Hi .- medición de tensión

Sense Lo .- medición de tensión

# Circuito de simuladores de resistencia

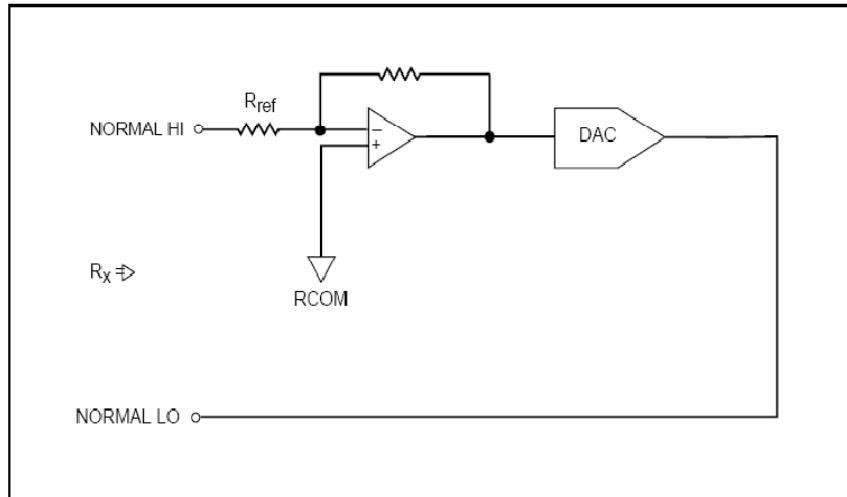
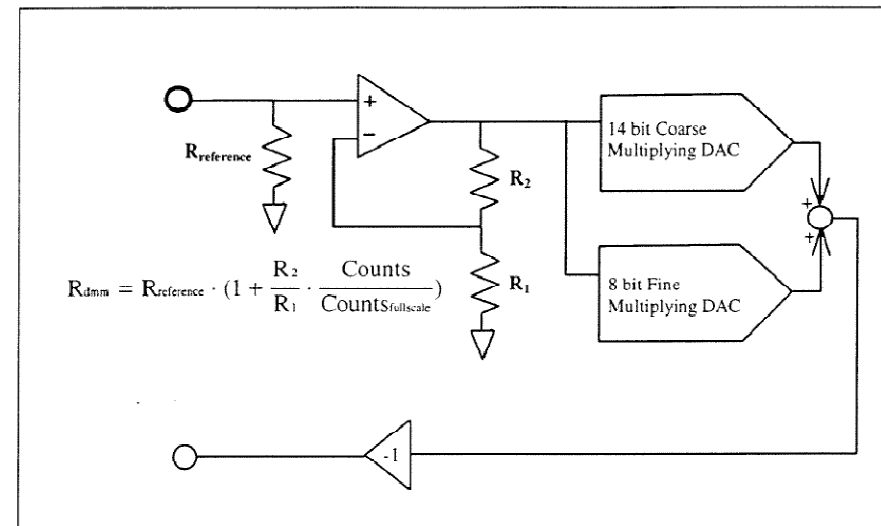


Figure 2-2. Synthesized Resistance Function

yg117eps



# Conclusiones

---

- Para calibraciones de medidores de resistencia utilizando generadores de resistencia sintetizada como los calibradores Fluke 5500A y 5520A, el metrólogo deben de analizar las especificaciones de la corriente aplicada por los medidores y los límites de la especificación del calibrador, para comprobar si es posible realizarla.
- En algunos casos, por la diferencia de la corriente de medición utilizada por los multímetros, no es posible mejorar las especificaciones de los simuladores de resistencia para comprobar o calibrar instrumentos diferentes, como se muestra en las tablas 11 y 12.

# Conclusiones

- Para la medición de resistencia a 4 o 5 terminales, los medidores generan una corriente en las terminales marcadas con Input Hi (roja) e Input Lo (negra), midiendo tensión en las terminales marcadas con Sense Hi y Sense Lo. Al conectarse a un simulador de resistencia como los calibradores Fluke 5500A y 5520A por el principio de generación de resistencia sintetizada, se debe respetar la conexión ya que al conectar en forma inversa, no se pueden obtener valores confiables.
- Se observó que en algunos simuladores de resistencia la corriente no estabiliza, por lo que, tampoco estabiliza la lectura de resistencia y no se puede tomar una lectura confiable. Al utilizar resistores físicos, no existe este problema y en estos casos, se debe utilizar un método alternativo para asegurar la medición.
- En cualquier caso, se deben de aplicar procedimientos de aseguramiento de calidad de la medición para que los valores obtenidos sean confiables.



# REFERENCIAS

---

- Norma NMX-CH-140-IMNC-2002.- “Guía para estimar la Incertidumbre de Medición”
- Norma NMX-EC-43/1-IMNC-2005.- “Ensayos de aptitud por comparaciones interlaboratorios. Parte 1 – Desarrollo y funcionamiento de programas de ensayos de aptitud”
- Manual de servicio del Calibrador multifunciones 5520A.
- Manual de servicio del Calibrador multifunciones 5500A.
- Manual del multímetro Hewlett Packard HP 3458A.
- Manual del multímetro Hewlett Packard HP 34401A.
- Manual del multímetro Solartron 7151

# AGRADECIMIENTOS

---

DR. DAVID AVILES (CENAM)  
ING. FELIPE HERNANDEZ (CENAM)  
ING. JUAN JESUS GARAY (SEPRI)  
ING. JOSE MUNDO (MUNDOLOGIC)



Encuentro Nacional de  
Metrología Eléctrica 2009  
18-20 de noviembre

↪ Electromagnetismo  
↪ Temperatura y  
Propiedades Termofísicas  
↪ Tiempo y Frecuencia



---

***GRACIAS POR SU ATENCION***



**Encuentro Nacional de  
Metrología Eléctrica 2009**  
**18-20 de noviembre**

↪ Electromagnetismo  
↪ Temperatura y  
Propiedades Termofísicas  
↪ Tiempo y Frecuencia



CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, CENAM,  
DERECHOS RESERVADOS 2009