



# *Servicios Profesionales en Instrumentación, S.A. de C.V.*

*“Calibración de instrumentos  
digitales 3 ½ y 4 ½ dígitos e  
instrumentos analógicos.”*

*J. J. Garay Correa y J. E. Garay Moreno*



# *Instrumentos digitales y analógicos*

- *Tensión de c.c.*
- *Tensión de c.a. ( baja frecuencia )*
- *Corriente continua.*
- *Corriente alterna ( baja frecuencia )*
- *Resistencia.*

## ***Calibración***

- *Especificaciones, resolución, informes de calibración, temperatura, variación de las mediciones.*
- *¿ Cuáles serían los puntos a calibrar por intervalo?*
- *¿Cuál es el número de mediciones necesarias a tomar?*



# *Instrumentos digitales*

- *Instrumentos de baja exactitud con una resolución no mayor a 4 ½ dígitos.*
- *Es importante la calibración del 10 % y 90 % de los intervalos para ver la linealidad del instrumento.  
(convertidores A/D)*
- *Es importante la calibración a diferentes frecuencias para ver la respuesta (flatness) de la amplitud del instrumento.*

Tensión de c.c.	
Un intervalo	10 %, 50 %, 90 % y -90 %
Los demás intervalos	10 % y 90 %
Corriente de c.c.	
Un intervalo	10 %, 50 %, 90 % y -90 %
Los demás intervalos	10 % y 90 %
Resistencia	
Todos los intervalos	10 % y 90 %
Tensión de c.a.	
Un intervalo	10 %, 50 %, a 50 Hz
Todos los intervalos	90 % a 50 Hz, 400 Hz y 1 kHz
Corriente de c.a.	
Un intervalo	10 %, 50 %, a 50 Hz
Todos los intervalos	90 % a 50 Hz, 400 Hz y 1 kHz



# *Instrumentos digitales*

- *Como referencia externa se puede tomar la EA (European co-operation for Accreditation)*

*EA-10/15*

*( EA Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters)*

*Dos categorías:*

- *Instrumentos de baja exactitud con una resolución no mayor a 4 ½ dígitos ( hasta 50000 cuentas)*
- *Instrumentos de mayor exactitud con una resolución entre 5 ½ y 8 ½ dígitos. (referencias internas de laboratorios)*

# *Instrumentos digitales*

- *Se realiza la calibración de un multímetro 3 1/2 dígitos en el punto de 10 V de Tensión de c.c. Con un calibrador FLUKE 5500A.*

## *Importante*

- *Condiciones ambientales controladas.*
- *Tener calibrado el equipo patrón.*



# *Instrumentos digitales*

- Serie 1 y 2 se obtiene:

$$U_A = \frac{s}{\sqrt{n}} = 0$$

- Serie 3 se tomó una medición, en base a la actualización de pantalla del instrumento, se puede tomar  $U_A$  igual que en las series anteriores.

Lectura	Serie 1	Serie 2	Serie 3
1	9,99	9,99	9,99
2	9,99	9,99	
3	9,99	9,99	
4	9,99		
5	9,99		
Promedio	9,99	9,99	9,99



# *Instrumentos digitales*

NOTA IMPORTANTE: El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.

Instrumento	Modelo	Actualización de Pantalla Lecturas por segundo
Fluke	serie 21-III	2,5/seg
Fluke	serie 23-III	2,5/seg
Fluke	serie 75-III	2,5/seg
Fluke	serie 77-III	2,5/seg
Fluke	serie 87	4/seg
Fluke	serie 85	4/seg
Fluke	serie 83	4/seg
Fluke	serie 83V	3/seg
Fluke	serie 187	4/seg
Fluke	serie 189	4/seg
Fluke	serie 175	4/seg
Fluke	serie 177	4/seg
Fluke	serie 179	4/seg
EXTECH	MP510	60/seg
EXTECH	MP520	60/seg
EXTECH	MP530	60/seg
HIOKI	3280-10	2,5/seg
HIOKI	3280-20	2,5/seg
HIOKI	3281	4/seg
HIOKI	3282	4/seg



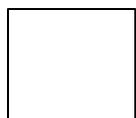
# Presupuesto de Incertidumbre

Fuente de incertidumbre	Valor estimado	Incertidumbre estándar	Función de distribución de probabilidad	Coefficiente de sensibilidad	Contribución de Incertidumbre
$X_i$	$x_i$	$u(x)$		$c_i$	$u_i(y)$
$V_{IBC}$	9,99 V	-	-	-	-
$E_{RIBC}$	0,01 V	0,0029 V	rectangular	1	0,0029 V
$V_{GR}$	10,00000 V	0,00021 V	normal	-1	-0,00021 V
$E_{GR}$	0,000014 V	0,000042 V	normal	1	0,000042 V
		Incertidumbre combinada $U_C(E_{IBC}) =$			$\pm 0,0029$ V
			Factor de cobertura $k =$		2,0
$E_{IBC}$	0,01	Incertidumbre expandida $U_{EXP}(E_{IBC}) =$			$\pm 0,0058$ V ( $\pm 0,058$ %)

*Importante: Debido a la baja resolución del instrumento la contribuyente mayor de incertidumbre es la rectangular. Al asignar  $k=2$ , la incertidumbre expandida tiende a la resolución.*

# *Instrumentos analógicos*

- *Posición del Instrumento*



*Posición horizontal*



*Posición vertical*



*Posición inclinada*

- *Criterios de verificación*

- 1.- *Fricción mecánica menor al 50 % de su especificación.*
- 2.- *Cero mecánico y balance de la aguja indicadora con desplazamiento menor al 50 % de su especificación.*
- 3.- *Histéresis menor al 50 % de la especificación.*

NOTA IMPORTANTE: El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.



# *Instrumentos analógicos*

Instrumento  
de posición  
horizontal



# *Instrumentos analógicos*

## *PUNTOS A CALIBRAR*

- *Para abarcar toda la longitud de la escala.*

Todas las magnitudes Todos los intervalos	10 %, 50 % y 100 %
Un intervalo por magnitud	20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 %

# *Instrumentos analógicos*

- *Procedimiento para realizar la calibración:*
  - *Colocar el instrumento en la posición de uso indicada.*
  - *Realizar una medición ascendente y una descendente al menos en un punto para confirmar que no exista una histéresis.*
  - *Con los ajustes del calibrador incrementar el valor hasta colocar la aguja indicadora en la línea que marca el valor seleccionado.*
  - *Minimizar el error de paralaje. ( Se puede utilizar una lupa)*

# *Instrumentos analógicos*

- *Resolución: Es la mínima diferencia de indicación que puede ser percibida de manera significativa.*
- *La manera de evaluar la resolución es colocar la aguja sobre la línea de un valor; estando ya sin movimiento, con el calibrador variar el valor hasta percibir visualmente un desplazamiento.*
- *Resulta poco práctico realizar la evaluación de la resolución en cada uno de los intervalos. Se propone en instrumentos de joyas y pivotes utilizar el 33 % de la resolución que equivale a 1/3 de la resolución gráfica; en instrumentos de suspensión de banda tensa utilizar el 20 % que equivale a 1/5.*

*Joyas y pivotes:* 
$$U_{RES}(V_{IBC}) = \frac{R_{GRAFICA}}{3\sqrt{3}}$$

*Suspensión banda tensa:* 
$$U_{RES}(V_{IBC}) = \frac{R_{GRAFICA}}{5\sqrt{3}}$$

# *Instrumentos analógicos*

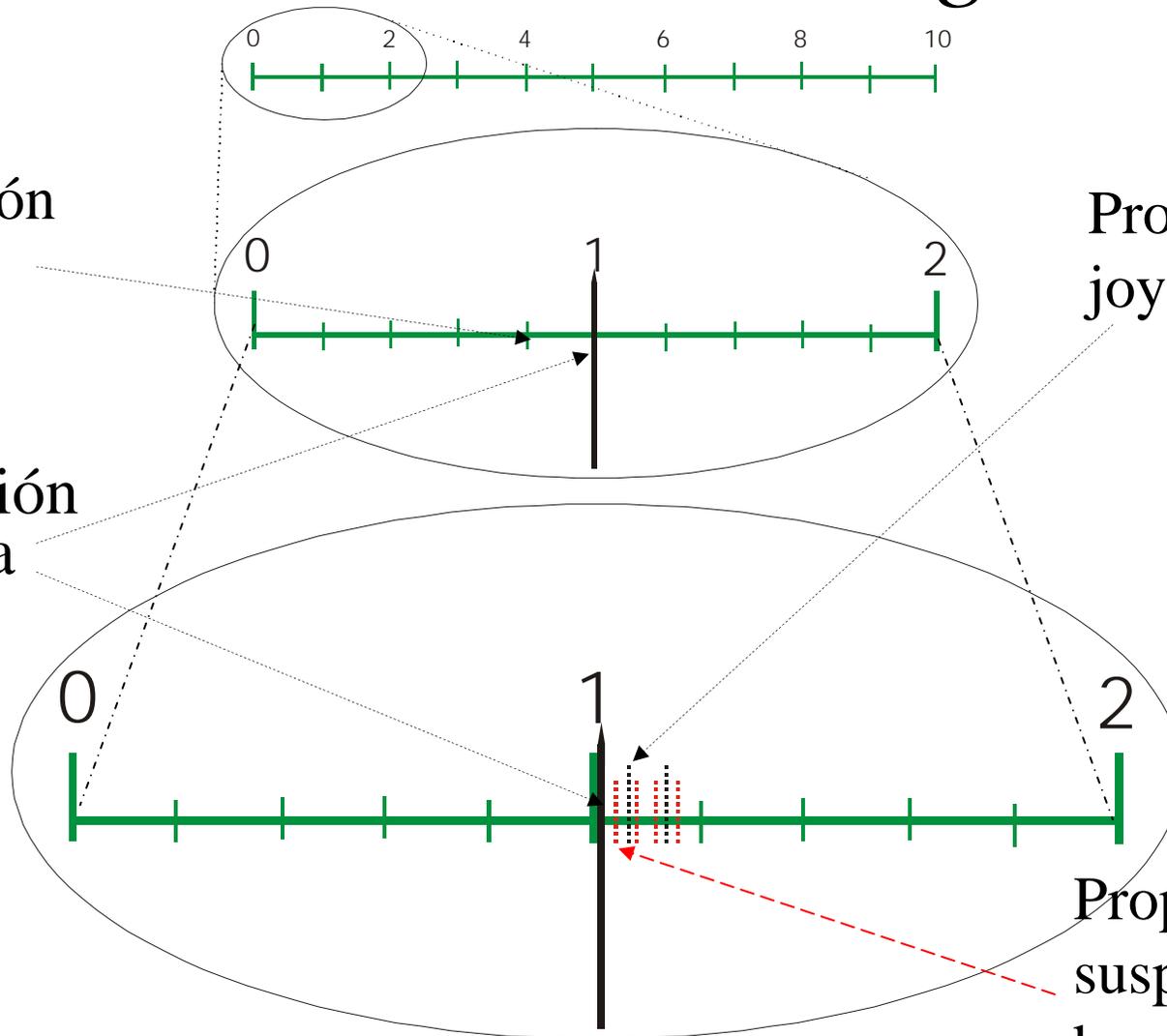
NOTA IMPORTANTE: El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.

Resolución  
Gráfica

Resolución  
Eléctrica

Propuesta para  
joyas y pivotes

Propuesta para  
suspensión de  
banda tensa

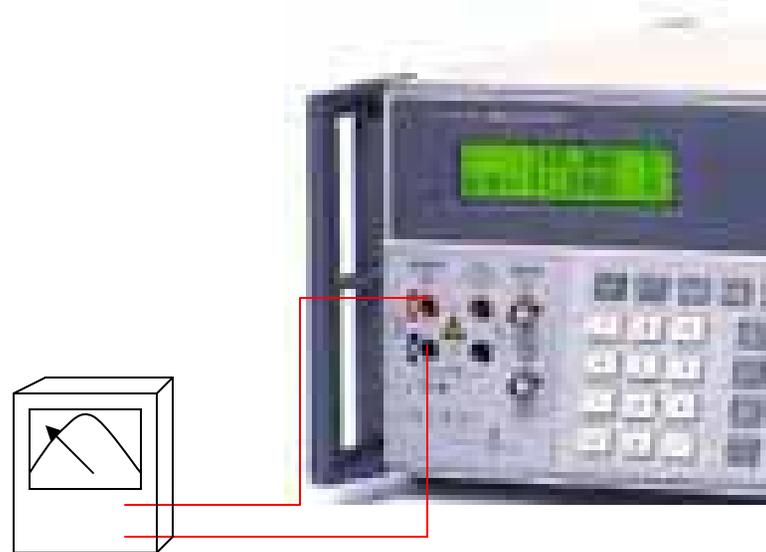


# *Instrumentos analógicos*

- *Se realiza la calibración de un multímetro analógico cuya exactitud es del 2 % de la plena escala; el punto de calibración es de 5 V de Tensión de c.c. con un calibrador FLUKE 5500A. La plena escala es de 10V.*

## *Importante*

- *Condiciones ambientales controladas.*
- *Tener calibrado el equipo patrón.*





# *Instrumentos analógicos*

- *En los instrumentos analógicos los errores se refieren a la escala plena.*
- *Serie 1 = -0,18 %*
- *Serie 2 = - 0,13 %*
- *Serie 3 = -0,15%*

Lectura	Serie 1	Serie 2	Serie 3
1	4,98	4,99	4,98
2	4,98	4,98	4,99
3	4,98	4,99	
4	4,98		
5	4,99		
Promedio	4,982	4,987	4,985



# Presupuesto de Incertidumbre

Fuente de incertidumbre $X_i$	Valor estimado $x_i$	Incertidumbre estándar $u(x)$	Función de distribución de probabilidad	Coefficiente de sensibilidad $c_i$	Contribución de Incertidumbre $u_i(y)$
$V_{IBC}$	4,985 V	0,005 V	normal	1	0,005 V
$E_{RES}(V_{IBC})$	0,067 V	0,039 V	rectangular	1	0,039 V
$V_{GR}$	5,00000 V	0,00021 V	normal	-1	-0,00021 V
$E_{GR}$	0,000012 V	0,000044 V	normal	1	0,000044 V
Incertidumbre combinada $U_C(E_{IBC}) =$					$\pm 0,039$ V
Grados de libertad $\nu_{eff} =$					805
Factor de cobertura $k =$					2,0
$E_{IBC}$	-0,015	Incertidumbre expandida $U_E(E_{IBC}) =$			$\pm 0,077$ V

La incertidumbre por resolución del IBC se calcula de acuerdo a lo propuesto:

$$U_{RES}(V_{IBC}) = \frac{0,2}{\sqrt{27}} = 0,039V$$

# Presupuesto de Incertidumbre

Comparación de los valores obtenidos con la resolución medida eléctricamente y con la resolución estimada en la forma propuesta:

En la segunda serie 3 los valores se obtienen realizando el calculo de los grados de libertad en función de las dos mediciones, pero el resultado final en ambos casos no influye debido a la especificación del IBC.

	Serie 1	Serie 2	PROPUESTA Serie 3	Serie 3
	V	V	V	V
$U_{RES}(V_{IBC}) =$	0,0385	0,0385	0,0385	0,0029
$U(V_{IBC}) =$	0,0020	0,0033	0,0050	0,0050
$U(V_{GR}) =$	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
$U(E_{GR}) =$	0,000042	0,000042	0,000042	0,000042
$U_C(E_{IBC}) =$	0,039	0,039	0,039	0,0058
$V_{eff} =$	1003,64	987,35	804,89	1,78
$k =$	2	2	2	13,97
$U_{EX}(E_{IBC}) =$	0,077	0,077	0,078	0,081
En porcentaje a plena escala	0,8 %	0,8 %	0,8 %	0,8 %

# Conclusiones

- *En instrumentos digitales de 3 ½ y 4 ½ dígitos debido a su resolución y al promedio de lecturas actualizadas por segundo, es posible realizar la calibración con una sola medición.*
- *En instrumentos digitales de 3 ½ y 4 ½ dígitos la incertidumbre de calibración tiende a la resolución del mismo.*
- *En instrumentos analógicos, tomando las consideraciones propuestas, es posible realizar las calibraciones con dos mediciones.*
- *Al realizar las calibraciones de la manera propuesta, se puede asegurar la medición y el beneficio es reducción del tiempo y costo.*