

## RESULTADO DE INTERCOMPARACIÓN ENTRE EL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA Y EL LABORATORIO DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA FAC EN LAS MAGNITUDES DE VOLTAJE AC Y TIEMPO.

RESULT OF INTERCOMPARISON BETWEEN METROLOGY OF LABORATORY OF ELECTRICAL VARS OF PEREIRA TECHNOLOGICAL UNIVERSITY AND THE LABORATORY OF THE AIR COLOMBIAN FORCE FAC IN THE MAGNITUDES OF VOLTAGE AC AND TIME.

### RESUMEN

En este artículo se presenta el procedimiento diseñado, su desarrollo y los resultados obtenidos en la intercomparación realizada entre el Laboratorio Fuerza Aérea Colombiana – Comando Aéreo de Mantenimiento (FAC) y el Laboratorio de Metrología – Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) para los Patrones de Referencia (FLUKE 5500 A) en las magnitudes de Voltaje AC y Tiempo, empleando como equipo Viajero un Osciloscopio Digital FLUKE 99.

**PALABRAS CLAVES:** Intercomparación, Patrones de Referencia, Equipo Viajero.

### ABSTRACT

*In this article there are present the designed procedure, its development and the results obtained in the intercomparison carried out between (among) Colombian air force Laboratory – command air of maintenance (FAC) and Metrología's Laboratory - Changeable Electricity companies of Pereira's Technological University (UTP) for the Bosses of Reference (FLUKE5500 A) in the magnitudes of Voltage AC and Time, using travelling equipment a Digital Oscilloscope FLUKE 99.*

**KEYWORDS:** *Intercomparison, Bosses of Reference, Travelling Equipment.*

### LUÍS GREGORIO MEZA

Ingeniero Electricista, M. Sc.  
Profesor Departamento de Física.  
Director del Laboratorio de Metrología - Variables eléctricas.  
Universidad Tecnológica de Pereira  
lgmeza@utp.edu.co

### MARIA MÓNICA PALACIO

Ingeniera Física  
Auxiliar de calibración/ensayo del laboratorio de metrología – Variables eléctricas.  
Universidad Tecnológica de Pereira  
mariamo315@hotmail.com

### WILLIAM ARDILA URUEÑA

M. Sc en Física.  
Profesor Titular del Departamento de Física.  
Universidad Tecnológica de Pereira  
williamar@utp.edu.co

### 1. INTRODUCCIÓN [7.1], [7.2]

La norma técnica internacional NTC-ISO-IEC 17025 “REQUISITOS GENERALES DE COMPETENCIA DE LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN”, en el numeral “5.9 Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y calibración”, expone lo siguiente [7.1]:

“El laboratorio debe tener procedimientos de control de calidad para hacer seguimiento de la validez de los ensayos y calibraciones llevadas a cabo. Se deben registrar los datos resultantes de forma tal que se detecten las tendencias y, donde sea práctico se deben aplicar técnicas estadísticas para la revisión de los resultados. Este seguimiento debe ser planeado y revisado y puede incluir, aunque no limitarse a lo siguiente [7.1]:

- a) el uso regular de materiales de referencia certificados y/o control de calidad interno empleando materiales de referencia secundarios [7.1];
- b) la participación en la comparación interlaboratorio o programas de pruebas de aptitud [7.1];

c) la repetición de ensayos o calibraciones empleando los mismos o diferentes métodos [7.1];

d) la repetición del ensayo o de la calibración de los objetos retenidos [7.1];

e) la correlación de resultados para diferentes características de un ítem” [7.1].

Las comparaciones entre los laboratorios son necesarias para verificar y/o asegurar la “Equivalencia” entre los participantes. Por otra parte, los datos de las mediciones de los laboratorios participantes en la comparación proporcionan información acerca de la incertidumbre de cada uno de los métodos y procedimientos de medición utilizados y del desempeño o comportamiento de los patrones viajeros [7.2].

A continuación se describe el procedimiento seguido, su realización y los resultados obtenidos en la comparación interlaboratorio en las magnitudes de Voltaje AC y Tiempo entre el Laboratorio de Metrología – Variables Eléctricas de la Universidad

Tecnológica de Pereira Vs el Laboratorio Fuerza Aérea Colombiana – Comando Aéreo de Mantenimiento (FAC).

## 2. DEFINICIONES

Este procedimiento utiliza las definiciones metrológicas de conformidad con la NTC-2194, vocabulario de términos básicos y generales de metrología y la guía GTC 51-1, Ensayos de aptitud por comparaciones interlaboratorios, Parte 1: Desarrollo y Funcionamiento de programas de ensayos de aptitud.

**2.1 Comparaciones interlaboratorios.** Organización, realización y evaluación de ensayos sobre el mismo elemento de ensayo o sobre elementos de ensayos similares, por dos o más laboratorios, de acuerdo con condiciones predeterminadas [7.2].

**2.2 Laboratorio de referencia.** Laboratorio que provee valores de referencia sobre un elemento de ensayo [7.2].

**2.3 Patrón de Referencia.** Patrón de laboratorio que generalmente posee la máxima calidad metrológica, a partir del cual se derivan las mediciones realizadas [7.1].

## 3. PROCEDIMIENTO [7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8].

El laboratorio realiza anualmente esta actividad con el objeto de hacer el seguimiento respectivo de la validez de las calibraciones que lleva a cabo. La “Intercomparación de Laboratorio” se desarrolla junto con el “**Laboratorio Fuerza Aérea Colombiana – Comando Aéreo de Mantenimiento (FAC)**” ya que este implementa un sistema de calidad, de acuerdo con la norma técnica NTC-ISO 17025.



Las tareas a tener en cuenta para el desarrollo de esta actividad son las siguientes:

\* Se acuerda con el “**Laboratorio Fuerza Aérea Colombiana – Comando Aéreo de Mantenimiento (FAC)**” la fecha de realización, se define el Laboratorio de Referencia y el Laboratorio confrontado de esta actividad, las especificaciones pertinentes del “Equipo Viajero” y el Procedimiento de Calibración a utilizar.

Si el **Laboratorio de referencia** es el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira, Se tienen en cuenta las siguientes actividades:

\* Realizar Verificación al “Equipo Viajero” (Equipo que pertenece al Laboratorio de referencia) de acuerdo con las “Pruebas de Funcionamiento” establecidas en la Hoja de Vida respectiva del Equipo.

**Responsable:** Director laboratorio UTP.

**Nota.** El “Equipo Viajero” que se emplea en la Intercomparación de laboratorio debe estar en condiciones óptimas de funcionamiento.

\* Calibrar el “Equipo Viajero” (Equipo que pertenece al Laboratorio de referencia) en las instalaciones del Laboratorio de Metrología – Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica. Esta actividad se hace antes de desplazarse a las instalaciones del **Laboratorio Confrontado**.

**Responsable:** Director laboratorio UTP.

\* El personal del laboratorio se desplaza con el “Equipo Viajero” a las instalaciones del **Laboratorio Confrontado (Laboratorio Fuerza Aérea Colombiana – Comando Aéreo de Mantenimiento (FAC))**.

**Responsable:** Director laboratorio UTP.

\* Realizar la calibración respectiva del “Instrumento Viajero” en las instalaciones del Laboratorio Confrontado. Esta actividad la realiza el personal del **Laboratorio Confrontado**.

\* Hacer el Reporte de Comparación Interlaboratorio de acuerdo con los resultados de calibración obtenidos en cada laboratorio.

**Responsable:** Ingeniero de pruebas FAC y el Jefe Director laboratorio UTP.

**3.1 Análisis de Resultados.** Para determinar el grado de consistencia (equivalencia) entre los resultados se obtienen los valores medios de cada laboratorio y las incertidumbres correspondientes a estos valores.

El grado de consistencia de los resultados del Laboratorio Confrontado con respecto a los valores del Laboratorio de Referencia se pueden determinar aplicando el criterio del Error normalizado que se calcula mediante la expresión [7.2, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8]:

$$E_n = \frac{X_{lab} - X_{ref}}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}} \quad (1)$$

Donde:

X<sub>lab</sub>: es el valor medido en el laboratorio confrontado.

X<sub>ref</sub>: es el valor medido en el laboratorio de referencia.

U<sub>lab</sub>: es la incertidumbre obtenida para el valor medido en el laboratorio confrontado.

U<sub>ref</sub>: es la incertidumbre obtenida para el valor medido en el laboratorio de referencia.

Finalmente, se establecen los criterios para evaluar la consistencia entre los resultados de los laboratorios, estos criterios están basados en la Guía Técnica colombiana GTC 55-1, como se muestra a continuación [7.2]:

- | En  $|\leq 1$  = Satisfactorio
- | En  $|\gt 1$  = No Satisfactorio

**Responsable:** Ingeniero de Pruebas FAC y Director laboratorio UTP.

### 3.2 Gráficos de la Intercomparación de Laboratorio.

Los gráficos empleados en esta práctica muestran los valores obtenidos para cada laboratorio, así como los límites superior (LMS) e inferior (LMI) [7.2, 7.7].

Los valores de cada laboratorio muestran un rango de tolerancia que se refieren a las especificaciones de exactitud dadas por el fabricante de los equipos patrones confrontados [7.2, 7.7].

**Nota:** Los detalles pertinentes de la figura 1 relacionados con la comparación interlaboratorio se muestran en el respectivo Reporte de Comparación Interlaboratorio.

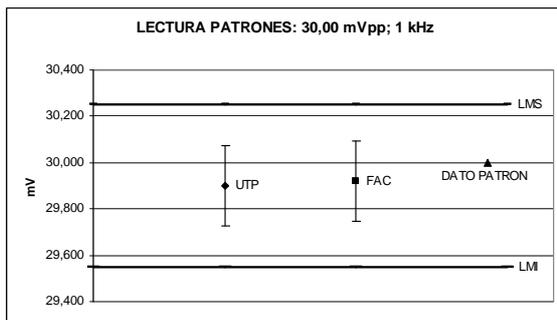


Figura 1. Gráfica de comparación interlaboratorio.

- UTP es el valor obtenido en el Laboratorio de Metrología - Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) [7.2, 7.7].
- FAC: es el valor obtenido en el Laboratorio Fuerza Aérea Colombiana (FAC) [7.2, 7.7].
- ▲ DATO PATRÓN: es el valor ajustado en los patrones [7.2, 7.7].

LMS, Límite superior: determina la lectura máxima tolerada que debió ser tomada por el laboratorio confrontado con respecto al de referencia, y está determinado por el error total de intercomparación [7.2, 7.7].

LMI, Límite inferior: determina la lectura mínima tolerada que debió ser tomada por el laboratorio confrontado con respecto al de referencia, y está determinado por el error total de intercomparación.

**Registro:** Reporte de Comparación Interlaboratorio.

**Responsable:** Ingeniero de Pruebas FAC y el Jefe de Calibración/Ensayo UTP [7.2, 7.7].

## 4. REALIZACIÓN [7.7]

Para llevar a cabo esta actividad de intercomparación se estableció como **Laboratorio de Referencia** el Laboratorio de Metrología - Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) y como **Laboratorio Confrontado** el Laboratorio Fuerza Aérea Colombiana (FAC).

**4.1 Equipos utilizados.** Los equipos empleados en la intercomparación fueron los siguientes:

Equipo	Numero de Serie
Calibrador FLUKE 5500-A (Patrón de Confrontado)	6785018
Calibrador FLUKE 5500-A (Patrón de Referencia)	7485017
Osciloscopio FLUKE 99 (Equipo Viajero)	DM6500813

Tabla 1. Identificación de los equipos utilizados.

**4.2 Condiciones Ambientales.** Los valores obtenidos durante las pruebas de Intercomparación en los laboratorios fueron las siguientes:

Condiciones	Laboratorio UTP	Laboratorio FAC
Temperatura	22,50 °C	23,40 °C
Humedad Relativa	50,30 %	46,0 %

Tabla 2. Registro de condiciones ambientales.

Según el manual de servicio del multímetro FLUKE 45, para su calibración se requiere una temperatura entre 18°C y 28°C y Humedad relativa menor del 70%. Debido a que las dos mediciones se realizaron dentro de las condiciones necesarias para el equipo viajero, se considera que los resultados no son alterados por factores de humedad y temperatura.

### 4.3 Calendario

Fecha	Lugar de Calibración
2008-06-25	Laboratorio de Variables Eléctricas (UTP)
2008-07-04	Laboratorio Fuerza Aérea Colombiana (FAC)

Tabla 3. Fechas programadas para la realización de la Intercomparación.

### 4.4 Procedimiento de Calibración empleado.

Se empleó el procedimiento "CALIBRACIÓN DE OSCILOSCOPIOS DIGITALES", Código: LME-PDC-005 que conforma el sistema de calidad del laboratorio de Metrología - Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira.

### 4.5 Información de Trazabilidad.

Laboratorio	Equipo Empleado	No. de Serie	Certificado No.	Fecha de Calibración
Referencia	FLUKE 5500-A	7485017	15495	2007-03-24
Confrontado	FLUKE	6785018	16472	2007-06-07

	5500-A			
--	--------	--	--	--

Tabla 4. Trazabilidad de los equipos empleados.

Los calibradores patrón utilizados tienen trazabilidad a la división de Metrología de la Superintendencia de Industria y Comercio, cuyos equipos tienen Trazabilidad al CENAM de México y a la PTB de Alemania.

**5. RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA INTERCOMPARACIÓN [7.7].**

Durante la intercomparación de laboratorios, se obtuvieron los siguientes datos:

Función	Selector V/División	Frecuencia	En	A UTP	A FAC	UE (UTP)	UE (FAC)	
			mV					
Voltaje AC	5 mV	1 kHz	0,123	29,880	29,920	0,23	0,23	
		10 kHz	- 0,123	30,040	30,000	0,23	0,23	
	10 mV	1 kHz	0,000	60,000	60,000	0,36	0,36	
		10 kHz	0,000	60,000	60,000	0,36	0,36	
	V							
	0,5 V	1 kHz	0,0000	3,0000	3,0000	0,014	0,014	
		10 kHz	- 0,505	3,0140	3,0040	0,014	0,014	
	1 V	1 kHz	0,0000	6,0000	6,0000	0,028	0,028	
10 kHz		- 0,404	6,0160	6,0000	0,028	0,028		

Tabla 5. Resumen de los resultados obtenidos para la magnitud Voltaje AC.

Función	Selector T/División	En	A UTP	A FAC	UE (UTP)	UE (FAC)	
		ms					
Tiempo	200 ms	0,00	200,00	200,00	4,5	4,5	
	100 ms	0,00	100,00	100,00	2,3	2,3	
	µs						
	100 µs	0,00	100,00	100,00	2,3	2,3	
	50 µs	0,000	50,000	50,000	1,1	1,1	
	ns						
	500 ns	0,00	500,00	500,00	11	11	
	200 ns	0,00	200,00	200,00	4,5	4,5	

Tabla 6. Resumen de los resultados obtenidos para la magnitud Tiempo (Continuación).

A continuación se define el contenido de cada columna:  
**Columna No. 1; Rangos:** Muestra los rangos y las unidades trabajadas.  
**Columna No. 2; En:** muestra el valor calculado de En (según la ecuación 1).  
**Columna No. 3; A UTP:** Muestra las lecturas del Osciloscopio digital FLUKE 99 en el laboratorio de referencia (UTP).  
**Columna No. 4; A FAC:** Muestra las lecturas del Osciloscopio digital FLUKE 99 en el laboratorio confrontado (FAC).

**Columna No. 5; UE UTP:** es la incertidumbre calculada para los datos tomados en la UTP

**Columna No. 6; UE FAC:** es la incertidumbre calculada para los datos tomados en la FAC.

**5.1 GRÁFICOS DE INTERCOMPARACIÓN**

En las gráficas que se anexan a continuación se muestra para cada valor de la intercomparación los valores obtenidos para ambos laboratorios, así como los límites superiores e inferiores, como se puede apreciar a continuación [7.2, 7.7]:

**VOLTAJE AC**

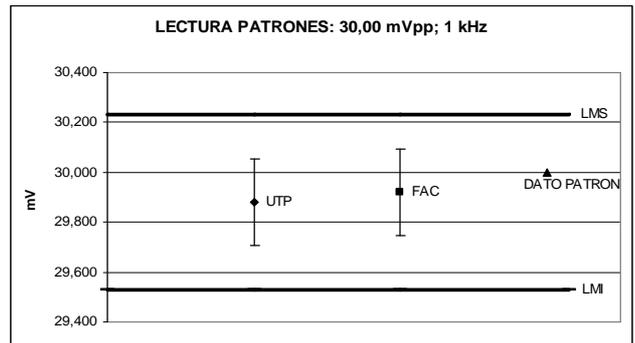


Figura 2. Gráfica de intercomparación, V/División = 5,00 mV

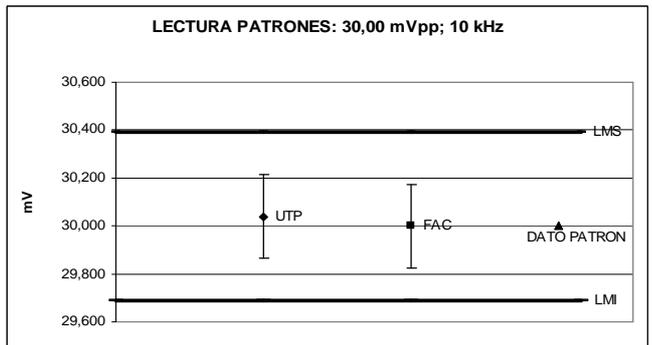


Figura 3. Gráfica de intercomparación, V/División = 5,00 mV

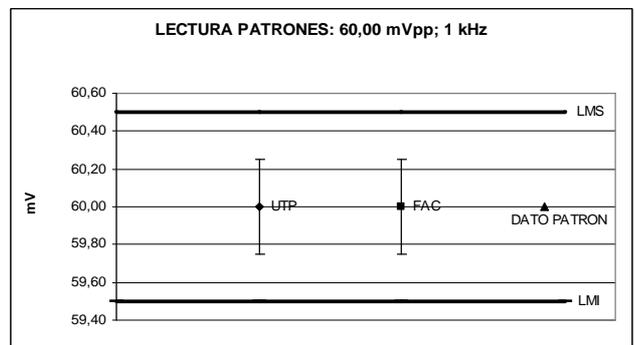


Figura 4. Gráfica de intercomparación, V/División = 10,00 mV

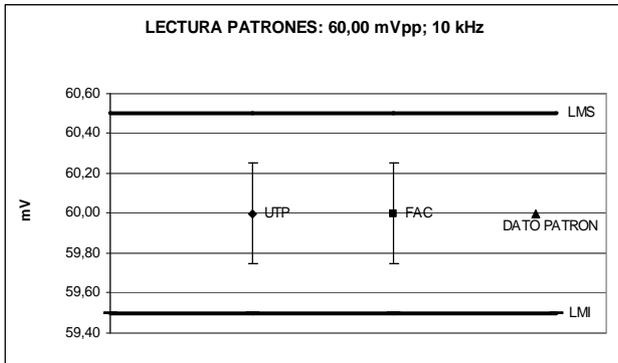


Figura 5. Gráfica de intercomparación, V/División = 10,00 mV

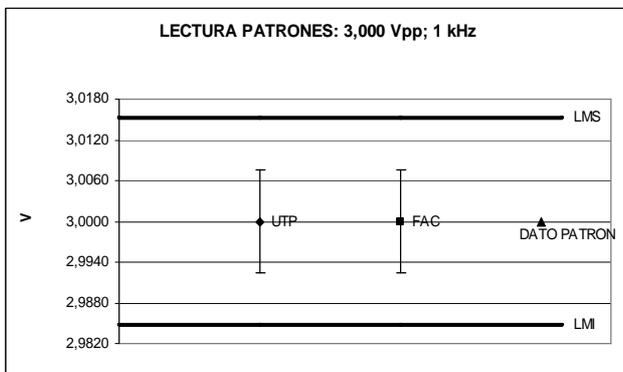


Figura 6. Gráfica de intercomparación, V/División = 0,5 V

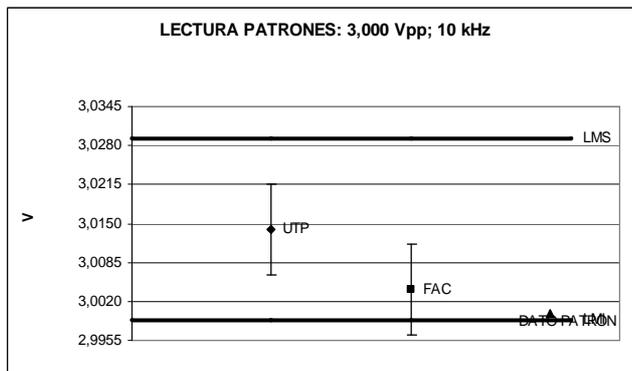


Figura 7. Gráfica de intercomparación, V/División = 0,5 V

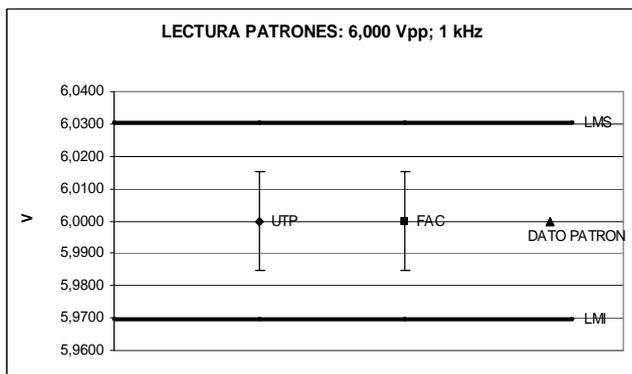


Figura 8. Gráfica de intercomparación, V/División = 1 V

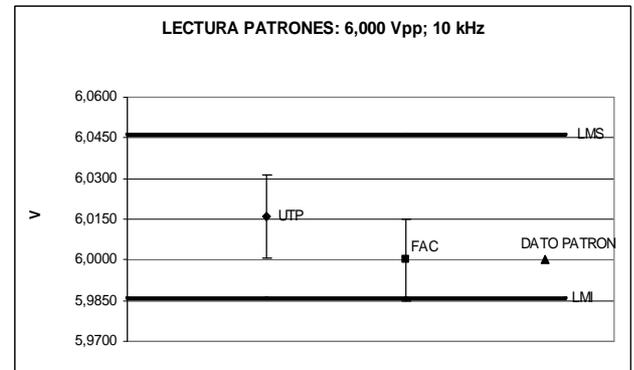


Figura 9. Gráfica de intercomparación, V/División = 1 V

### TIEMPO

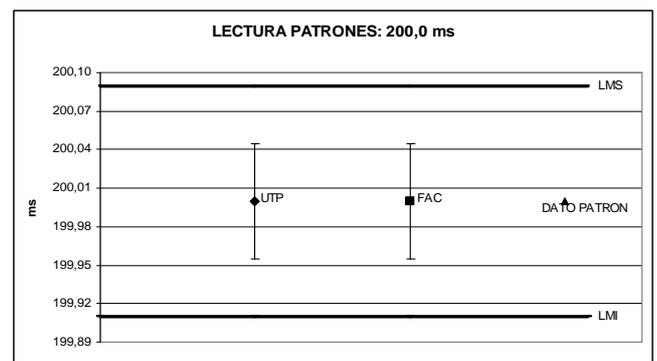


Figura 10. Gráfica de intercomparación, T/División = 200,0 ms

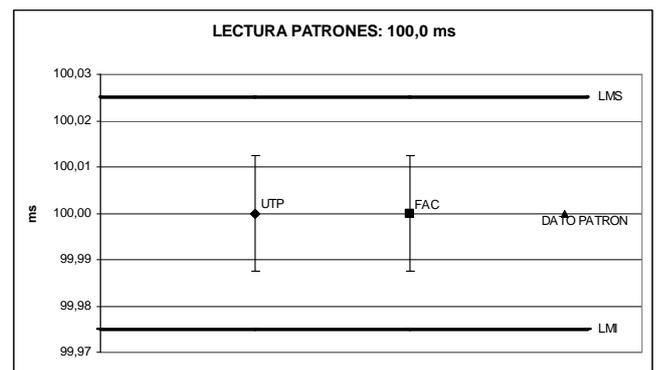


Figura 11. Gráfica de intercomparación, T/División = 100,0 ms

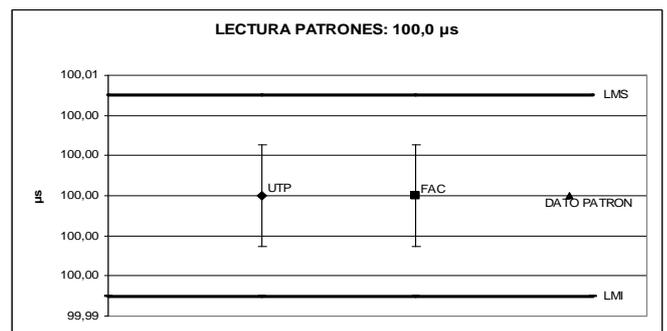


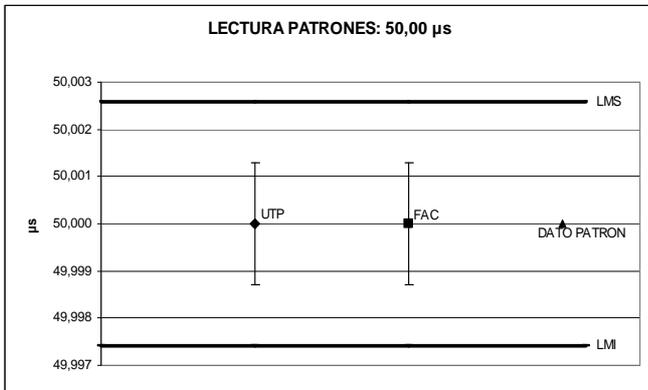
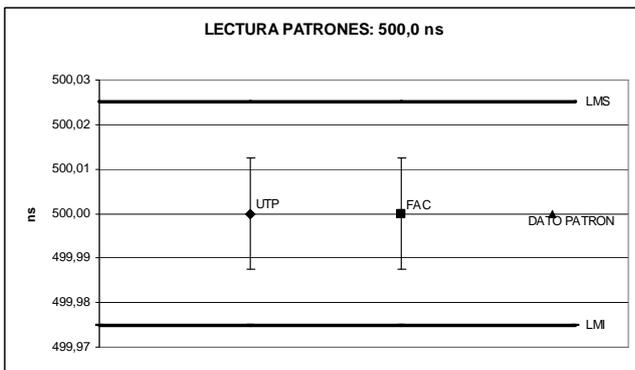
Figura 12. Gráfica de intercomparación, T/División = 100,0  $\mu$ sFigura 13. Gráfica de intercomparación, T/División = 50,00  $\mu$ s

Figura 14. Gráfica de intercomparación, T/División = 500,0 ns

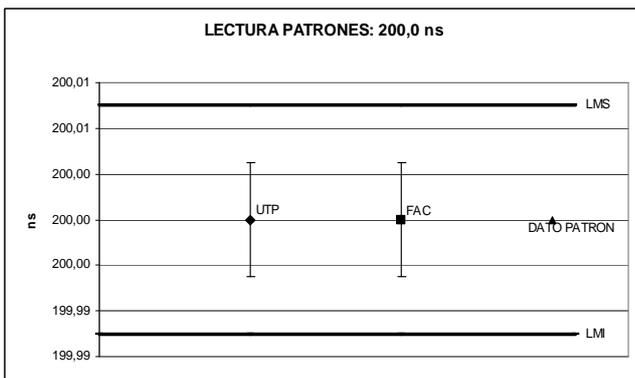


Figura 15. Gráfica de intercomparación, T/División = 200,0 ns

## 6. CONCLUSIONES [7.2, 7.7]

De acuerdo a los resultados obtenidos se logró identificar que:

Los resultados muestran que la comparación interlaboratorios FAC - UTP fue favorable ya que los resultados sobre el criterio de la desviación normalizada cumplieron con el límite establecido (menor a la unidad).

El equipo viajero Osciloscopio Digital FLUKE 99 tuvo la estabilidad correcta para este trabajo.

La intercomparación de laboratorios es un procedimiento fundamental en lo que respecta al aseguramiento de la calidad de las mediciones y las calibraciones desarrolladas en los laboratorios.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

[7.1] Norma NTC-ISO-IEC 17025, “REQUISITOS GENERALES DE COMPETENCIA DE LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN”.

[7.2] Guía Técnica Colombiana GTC 55-1, “Ensayos de aptitud por comparaciones interlaboratorios. Parte 1: Desarrollo y funcionamiento de programas de ensayos de aptitud”

[7.3] Pasantía en el laboratorio de patrones de corriente continua (Primera edición). Centro de Control de Calidad y Metrología CCCM. Santa Fe de Bogotá D. C. Colombia Mayo de 1998.

[7.4] Cálculo de incertidumbre en mediciones eléctricas. Centro nacional de Metrología. Los Cués, Qro., México Julio de 1997.

[7.5] PASANTÍA EN METROLOGÍA ELÉCTRICA. Santiago de Cali: Grupo de investigación en alta tensión, “GRALTA”, 2000.

[7.6] ERROR E INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES. Santa fe de Bogotá D. C.: Superintendencia de Industria y Comercio, 2000.

[7.7] REPORTE DE COMPARACIÓN INTERLABORATORIO No 002-2008.

[7.8] ASPECTOS METROLÓGICOS FUNDAMENTALES PARA LA ACREDITACIÓN DE UN LABORATORIO DE PATRONAMIENTO ELÉCTRICO. Luís E. Llamosa R., Luís G. Meza C. Diana L. Rodríguez Q. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2005.