



Encuentro Nacional
de Metrología Eléctrica
13, 14 y 15 de junio de 2005



CFE
Comisión Federal de Electricidad



LAPEM

PROGRAMAS DE ENSAYOS DE APTITUD POR COMPARACIÓN INTERLABORATORIOS EN ENERGIA Y REACTIVOS

(Round Robin 2004)

**Ing. M. Lucio
López Arriola**



Objetivo.

Evaluar la competencia técnica de los laboratorios que realizan la calibración de medidores electrónicos de energía y reactivos.

Obtener evidencia objetiva para verificar que los laboratorios son competentes y que pueden mantener el nivel de exactitud para el cual fueron acreditados y en su caso el nivel que pretenden alcanzar.



La realización del programa es para dar cumplimiento a la norma 17025.

Se utilizan dos patrones viajeros marca Radian, uno modelo RM-11-06 y otro modelo RM-11-07.

El análisis se basa en el índice del error normalizado en 18 diferentes condiciones de tensión, corriente y factor de potencia.



Se convoca a los laboratorios que realizan calibraciones en los mensurando de energía (Wh) y reactivos (varh) a participar en este programa.

Se asegura la confidencialidad de los resultados obtenidos por cada laboratorio participante mediante la asignación de un código de participación.



Para la comparación en las condiciones propuestas los laboratorios participantes:

Miden los patrones viajeros de acuerdo a su procedimiento.

Tratan de cubrir todas las condiciones de comparación establecidas.

Utilizan sus medidores patrón de energía y reactivos, así como los accesorios que usan normalmente para dar el servicio de calibración.



Transporte de los patrones viajeros.

El transporte lo realiza el personal del laboratorio que terminó la calibración, quien lleva y entrega los dos patrones viajeros en las instalaciones del laboratorio que sigue en el programa.

Aunque se presentaron algunos casos en que los patrones fueron enviados por servicios de mensajería.



Realización del Programa.

La ejecución del programa se llevó a cabo secuencialmente entre los laboratorios participantes, tratando de minimizar la movilización de los patrones viajeros.

El laboratorio piloto (LAPEM) realizó mediciones de los patrones viajeros al inicio, intermedio y al final del programa.



Condiciones de comparación.

Las condiciones de comparación para la función de energía fueron seleccionadas considerando las de mayor aplicación en el campo, las cuales están en función de los valores de tensión, corriente y factor de potencia, indicadas en la tabla 1.

Para la función de reactivos el factor de potencia de la tabla 1 se cambia de unitario a cero y de 0,5 atrasado a 0,867 atrasado.



Tabla 1. Condiciones de comparación.

CONDICION	TENSION	CORRIENTE	FACTOR DE POTENCIA	
	(V)	(A)	ENERGIA (Wh)	REACTIVOS (varh)
1	120	0,25	1,0	0
2	120	0,5	1,0	0
3	120	1,5	1,0	0
4	120	2,5	1,0	0
5	120	2,5	-0,5	-0,87
6	120	3,0	1,0	0
7	120	5,0	1,0	0
8	120	5,0	-0,5	-0,87
9	120	15	1,0	0
10	120	15	-0,5	-0,87
11	120	30	1,0	0
12	120	30	-0,5	-0,87
13	240	1,5	1,0	0
14	240	3,0	1,0	0
15	240	15	1,0	0
16	240	15	-0,5	-0,87
17	240	30	1,0	0
18	240	30	-0,5	-0,87



Metodología del Laboratorio piloto.

El valor de referencia del error para cada condición de los patrones viajeros, lo obtuvo el laboratorio piloto con los valores del inicio, intermedio y final de la comparación, se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$E_{ref_i} = \frac{\sum E_{ij}}{3}$$

Donde:

E_{ref} es el error en la condición “ i “.

E_{ij} es el error en la condición “ i “ en la “ j “ medición realizada por el laboratorio piloto.



Metodología del Laboratorio piloto.

El valor de referencia de la incertidumbre para cada condición de los patrones viajeros, lo obtuvo el laboratorio piloto con los valores del inicio, intermedio y final de la comparación se calcula mediante la ecuación siguiente:.

$$U_{ref_i} = \sqrt{\left(\frac{s}{\sqrt{3}}\right)^2 + \sqrt{\sum U_{ij}^2}}$$

Donde:

U_{ref} = valor de referencia de la incertidumbre en la condición “ i “.

U_{ij} = es la incertidumbre en la condición “ i “ de la “ j “ medición realizada por el laboratorio piloto.

s = es la desviación estándar de la media de la condición “ i “ de la “ j “ medición realizada por el laboratorio piloto.



Metodología de los Laboratorios participantes.

Los resultados obtenidos por los laboratorios participantes, se analizan por medio del índice del error normalizado.

Se utiliza como indicador de compatibilidad de resultados de mediciones entre laboratorios y se emplea generalmente en las comparaciones nacionales e internacionales y su expresión es la siguiente:



Metodología de los Laboratorios participantes.

Error normalizado.

$$En_{Labi} = \frac{E_{Labi} - E_{ref}}{\sqrt{U_{Labi}^2 + U_{Ref}^2}}$$

Donde:

En_{Labi} es el error normalizado del laboratorio Lab en la condición “ i “.

E_{Labi} es el error del laboratorio en la en la condición “ i “.

E_{Ref} es el error de referencia en la condición “ i “.

U_{Labi} es la incertidumbre del laboratorio en la condición “ i “.

U_{Ref} es el valor de referencia de la incertidumbre en la condición “ i “.



El programa de pruebas de aptitud del 2004 se dividió en dos:



➤ Programa coordinado por la *ema*, en éste participaron los Laboratorios acreditados.

LAPEM

➤ Programa coordinado por el LAPEM, en éste participaron los Laboratorios que están en proceso de acreditamiento y los que van a solicitar el acreditamiento de la *ema*.



Encuentro Nacional
de Metrología Eléctrica

13, 14 y 15 de junio de 2005



Comisión Federal de Electricidad



PROGRAMA DE ENSAYOS DE APTITUD POR COMPARACIÓN INTERLABORATORIOS EN ENERGIA Y REACTIVOS

Coordinado por la
ema



Patrones viajeros.

Para la realización de este programa se utilizaron como patrones viajeros los medidores patrón siguientes:

Marca	Modelo	Num. Serie
Radian	RM-11-07	6093
Radian	RM-11-06	505713



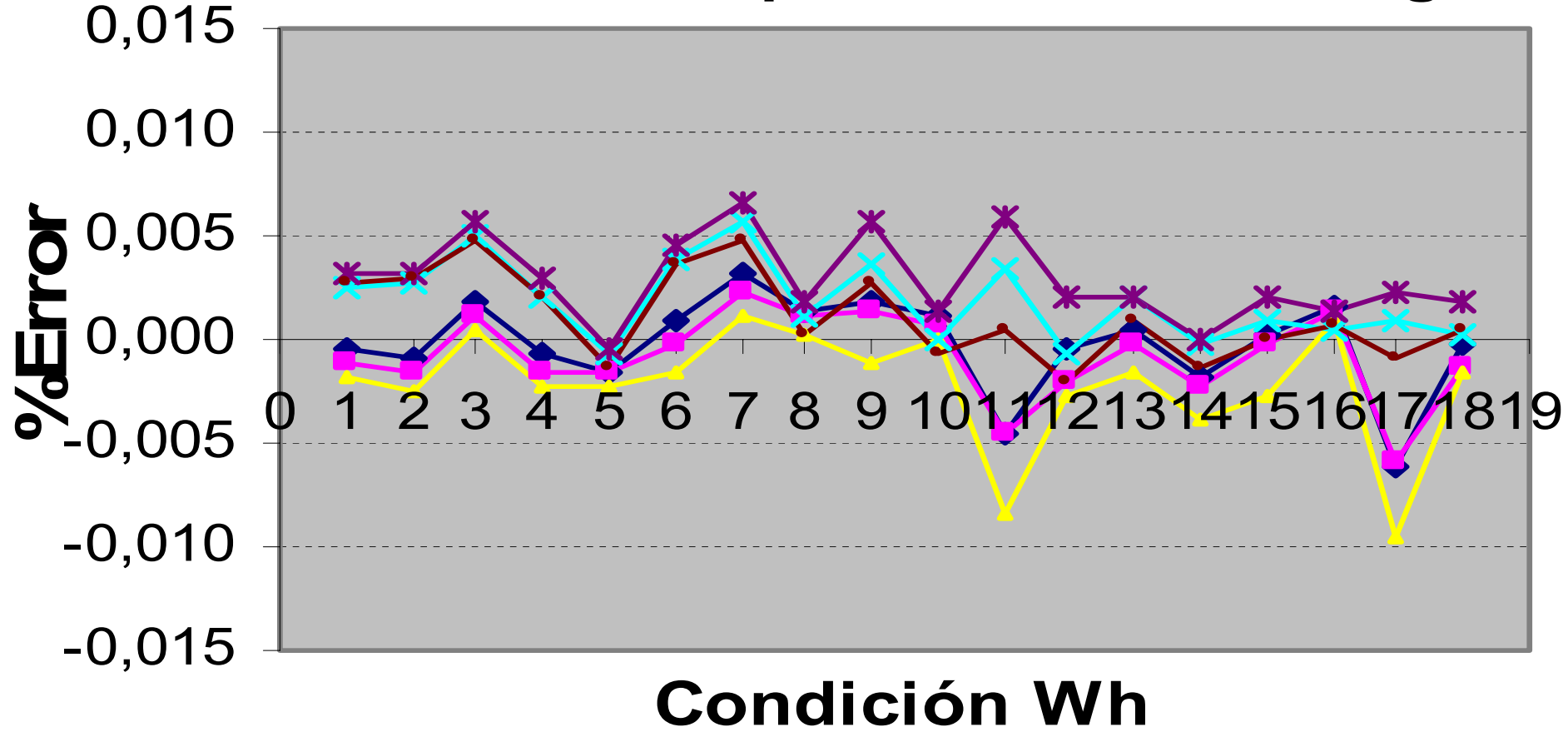
Caracterización de los patrones viajeros.

El valor del error de los patrones viajeros en las 18 diferentes condiciones de prueba, que obtuvo el laboratorio piloto al inicio, intermedio y al final del programa se muestra en las gráficas siguientes:

En la gráfica 1 la función de energía (Wh), y en la grafica 2 la función de reactivos (varh).



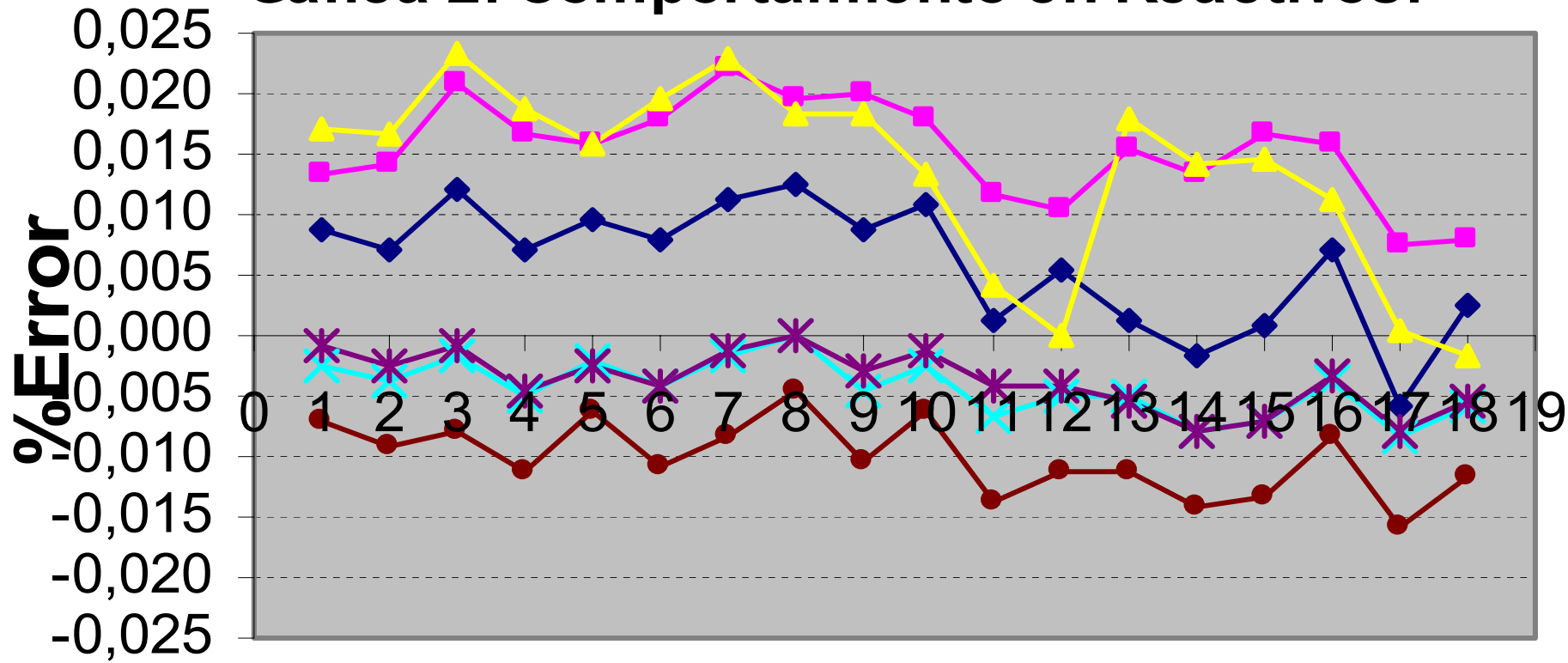
Grafica 1. Comportamiento en Energía.



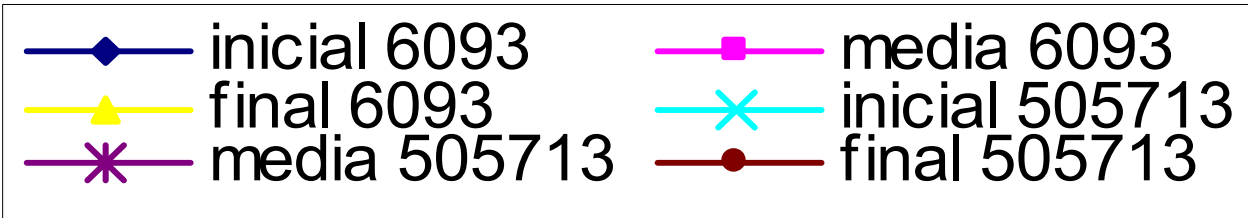
- ◆— inicial 6093
- ▲— final 6093
- ◆— media 6093
- ×— inicial 505713
- *— media 505713
- final 505713



Gáfica 2. Comportamiento en Reactivos.



Condición varh





Resultados de los Patrones viajeros.

El análisis de las gráficas de los patrones viajeros, indica que ambos patrones tuvieron variabilidad durante la realización del programa de comparación, la cual se encuentra dentro de su clase de exactitud, la variación del error fué de:

$\pm 0,01\%$ en la función de energía (Wh)

$\pm 0,02\%$ en la función de reactivos (varh)



Laboratorios participantes.

A los laboratorios participantes se les asignó un código de participación, con el fin de mantener la confidencialidad de los resultados.

En la tabla 2 se indican las ciudades en orden alfabético en donde se localizan los laboratorios participantes.



Tabla 2 Laboratorios participantes (orden alfabético).

Ciudad del Laboratorio	Estado
CUERNAVACA	MORELOS
GUADALAJARA	JALISCO
GUANAJUATO	GUANAJUATO
IRAPUATO	GUANAJUATO
LERDO	DURANGO
MERIDA	YUCATAN
MÉXICO	DISTRITO FEDERAL
MÉXICO	DISTRITO FEDERAL
MONTERREY	NUEVO LEON
OAXACA	OAXACA
PUEBLA	PUEBLA
QUERÉTARO	QUERÉTARO
TAMPICO	TAMAULIPAS
VERACRUZ	VERACRUZ
XALAPA	VERACRUZ



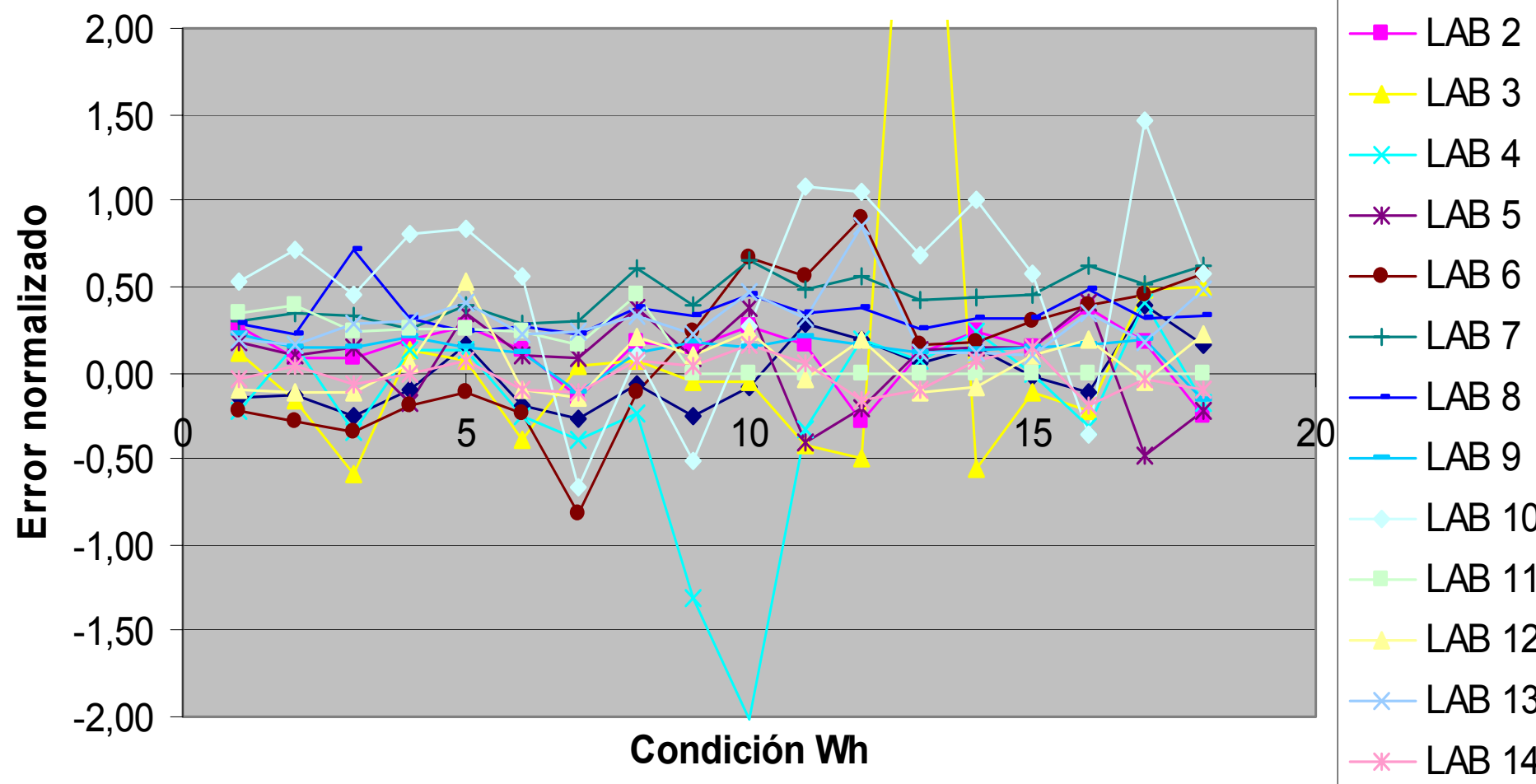
Condiciones que los Laboratorios participantes no informaron.

El participante con código Lab11 únicamente informa las condiciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 en energía y reactivos.

El participante con código Lab13 únicamente informa las condiciones de energía.



Resultados en Energía (Wh)





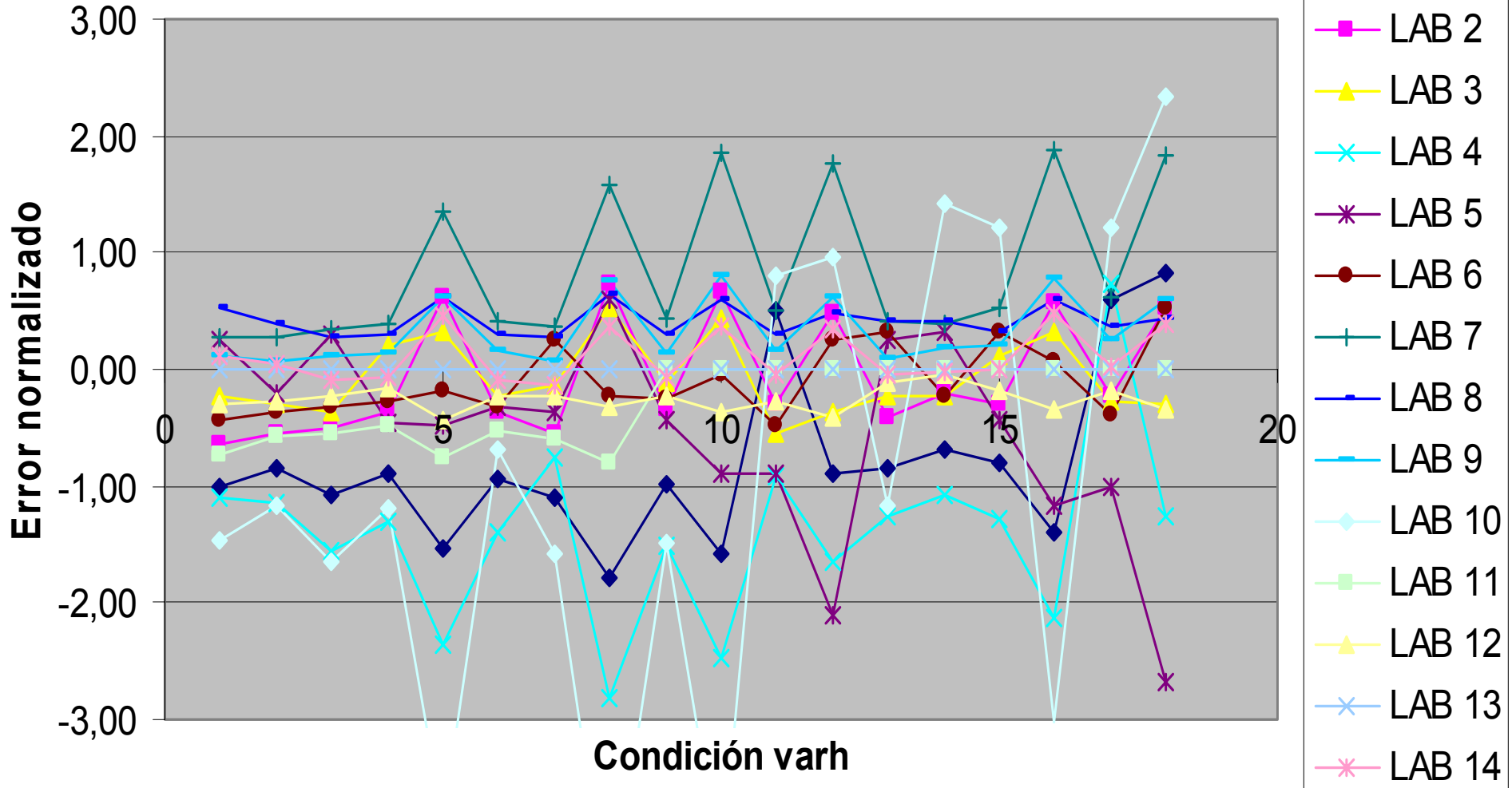
Resultados en energía (Wh).

Los participantes Lab1, Lab2, Lab5-Lab9 y Lab11-Lab14 obtuvieron error normalizado menor a la unidad en todas las condiciones de energía.

Los participantes Lab3, Lab4 y Lab10 obtuvieron en una o más condiciones error normalizado mayor que la unidad.



Resultados en Reactivos (varh)





Resultados en reactivos (varh).

Los participantes Lab2, Lab3, Lab6, Lab8, Lab9, Lab11, Lab12 y Lab14 obtuvieron error normalizado menor a la unidad en todas las condiciones de reactivos.

Los participantes Lab1, Lab4, Lab5, Lab7 y Lab10 obtuvieron en una o más condiciones error normalizado mayor que la unidad.



Encuentro Nacional
de Metrología Eléctrica

13, 14 y 15 de junio de 2005



Comisión Federal de Electricidad

LAPEM

**PROGRAMA DE
ENSAYOS DE APTITUD
POR COMPARACIÓN
INTERLABORATORIOS
EN ENERGIA Y
REACTIVOS**

**Coordinado por el
LAPEM**



Patrones viajeros.

Para la realización de este programa coordinado por el LAPEM, se utilizaron como patrones viajeros los medidores patrón siguientes:

Marca	Modelo	Num. Serie
Radian	RM-11-07	6095
Radian	RM-11-06	505714



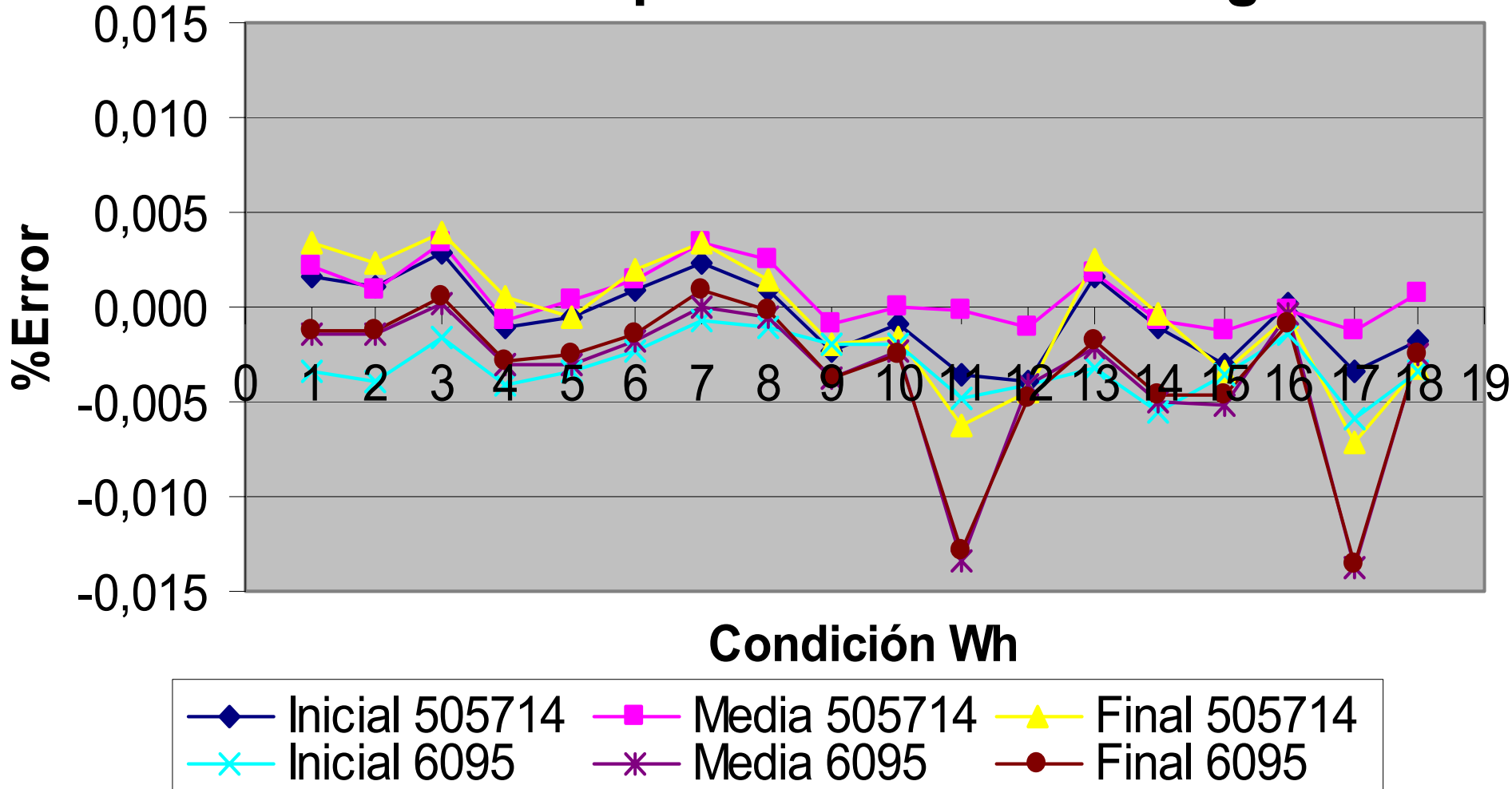
Caracterización de los patrones viajeros.

El valor del error de los patrones viajeros en las 18 diferentes condiciones de prueba, que obtuvo el laboratorio piloto al inicio, intermedio y al final del programa se muestra en las gráficas siguientes:

En la gráfica 3 la función de energía (Wh), y en la grafica 4 la función de reactivos (varh).

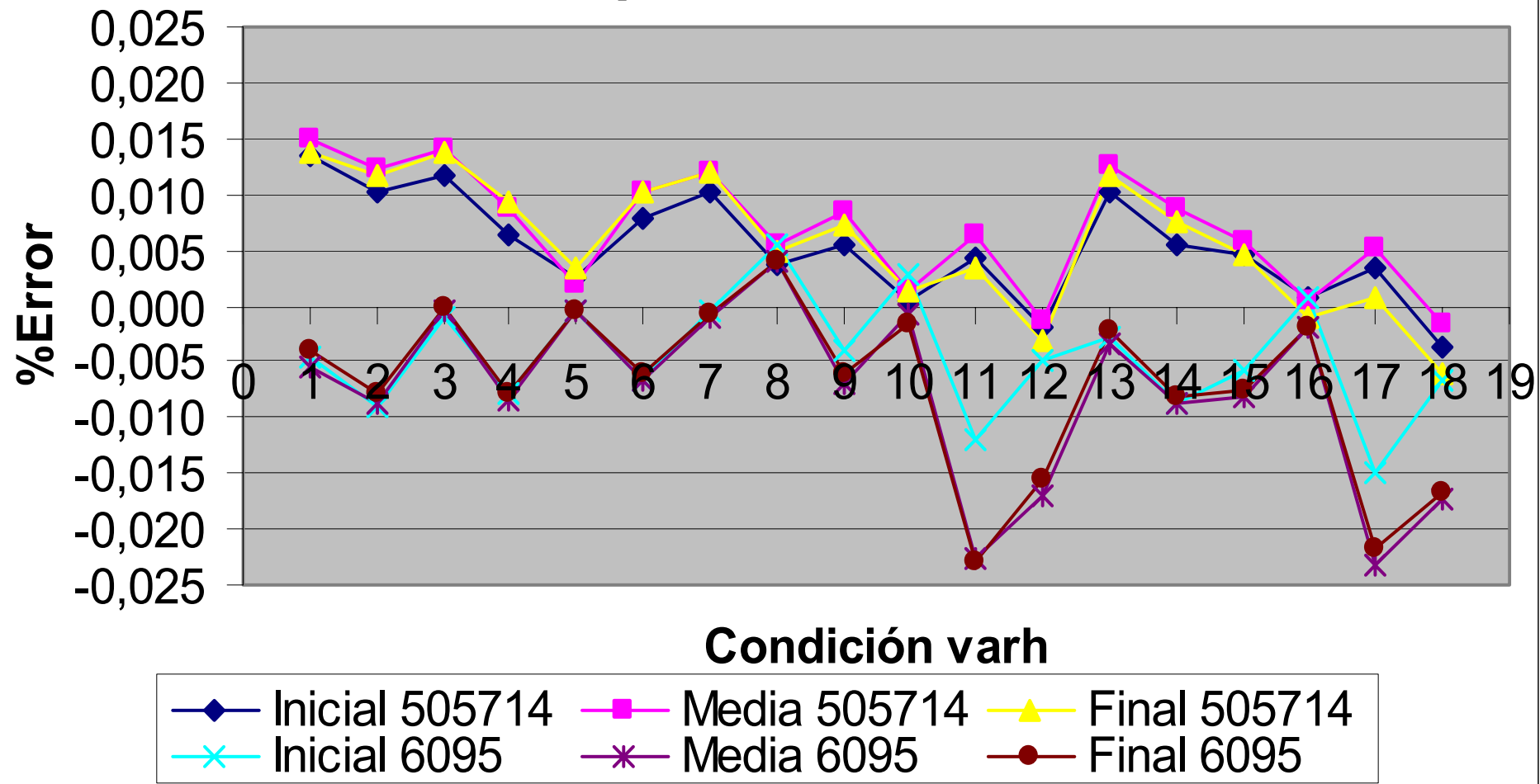


Gráfica 3. Comportamiento en energía.





Gráfica 4. Comportamiento en Reactivos.





Resultados de los Patrones viajeros.

Del análisis de las gráficas de los patrones viajeros, se deduce que ambos patrones tuvieron variabilidad durante la realización del programa de comparación, la cual se encuentra dentro de su clase de exactitud, la variación del error fue de:

$\pm 0,015\%$ en la función de energía (Wh)

$\pm 0,03\%$ en la función de reactivos (varh)



Laboratorios participantes.

A los laboratorios participantes se les asignó un código de participación, con el fin de mantener la confidencialidad de los resultados.

En la tabla 3 se indican las ciudades en orden alfabético en donde se localizan los laboratorios participantes.



Tabla 3 Laboratorios participantes (orden alfabético).

Laboratorio	Ciudad del Laboratorio	Fecha de comparación
ATyT Baja California	Mexicali, B.C.	3 al 7 de mayo
ATyT Central	México, D.F.	5 al 9 de julio
ATyT Noreste	Monterrey, N.L.	31 de mayo al 4 de junio
ATyT Noroeste	Hermosillo, Son.	24 al 28 de mayo
ATyT Norte	Gomez Palacio, Dgo.	14 al 18 de junio
ATyT Occidente	Guadalajara, Jal.	2 al 6 de agosto
ATyT Peninsular	Mérida, Yuc.	9 al 13 de agosto
ATyT Sureste	Tuxtla Gutiérrez, Chis.	16 al 20 de agosto
División Baja California	Mexicali, B.C.	10 al 14 de mayo
División Centro Occidente	Morelia, Mich.	19 al 23 de julio
División Noroeste	Hermosillo, Son.	17 al 21 de mayo
Industrias Unidas S.A.	Pasteje, Edo. De Méx.	12 al 16 de julio
Lapem	Irapuato, Gto.	26 al 30 de abril



Condiciones que los Laboratorios participantes no informaron.

Los participantes con código Lab1-Lab6, Lab16-Lab18 no informan las condiciones de 30A.

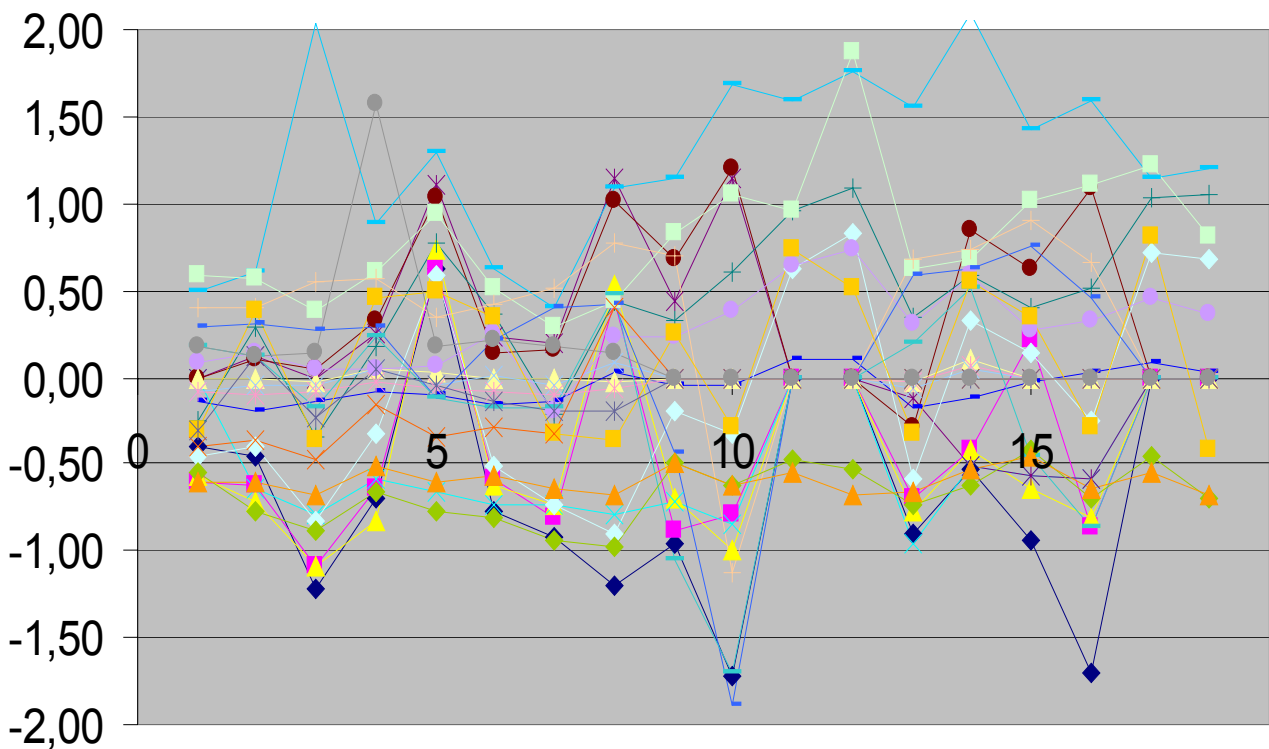
Los participantes con código Lab13-Lab14 no informan las condiciones mayores de 5A.

Los participantes con código Lab22-Lab24 no informan las condiciones mayores de 5A, ni las de 240V.



Resultados en Energía

Error normalizado



Condición Wh

- ◆ LAB 1 ■ LAB 2
- ▲ LAB 3 × LAB 4
- * LAB 5 ● LAB 6
- + LAB 7 - LAB 8
- LAB 9 ◆ LAB 10
- LAB 11 ▲ LAB 12
- × LAB 13 * LAB 14
- LAB 15 + LAB 16
- LAB 17 — LAB 18
- ◆ LAB 19 ■ LAB 20
- ▲ LAB 21 × LAB 22
- * LAB 23 ● LAB 24



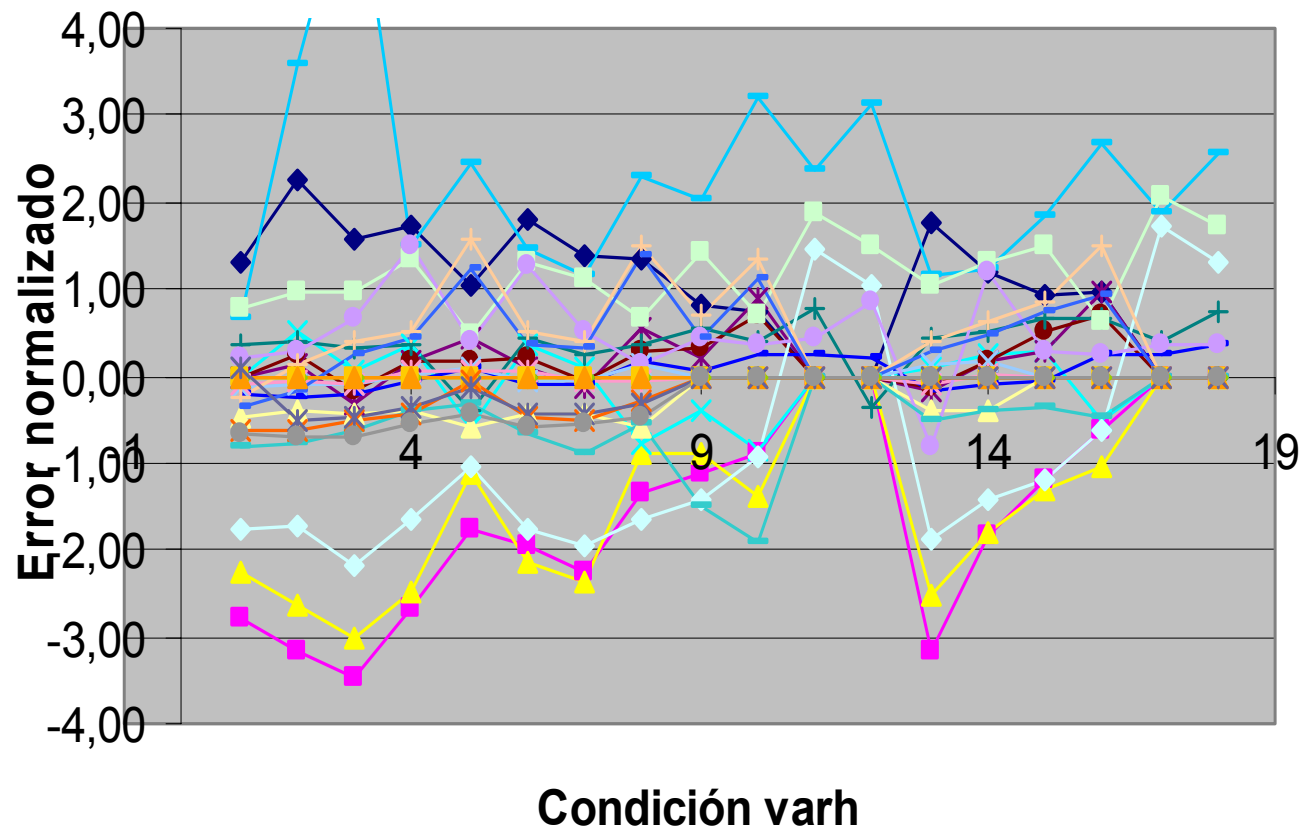
Resultados en energía (Wh).

Los participantes Lab4, Lab8, Lab10, Lab13-Lab15 y Lab19-La23 obtuvieron error normalizado menor a la unidad en todas las condiciones de energía.

Los el resto de los participantes obtuvieron en una o más condiciones error normalizado mayor que la unidad.



Resultados en Reactivos



- LAB 1 (dark blue diamond)
- LAB 2 (magenta square)
- LAB 3 (yellow triangle up)
- LAB 4 (cyan cross)
- LAB 5 (purple asterisk)
- LAB 6 (dark red circle)
- LAB 7 (teal plus)
- LAB 8 (blue dash)
- LAB 9 (light blue dash)
- LAB 10 (light blue diamond)
- LAB 11 (light green square)
- LAB 12 (yellow triangle up)
- LAB 13 (light blue cross)
- LAB 14 (pink asterisk)
- LAB 15 (purple circle)
- LAB 16 (orange plus)
- LAB 17 (blue dash)
- LAB 18 (teal dash)
- LAB 19 (green diamond)
- LAB 20 (yellow square)
- LAB 21 (orange triangle up)
- LAB 22 (orange cross)
- LAB 23 (blue asterisk)
- LAB 24 (grey circle)



Resultados en reactivos (varh).

Los participantes Lab4-Lab8, Lab13, Lab14 y Lab22-Lab24 obtuvieron error normalizado menor a la unidad en todas las condiciones de reactivos.

El resto de los participantes obtuvieron en una o más condiciones error normalizado mayor que la unidad.



**Encuentro Nacional
de Metrología Eléctrica**

13, 14 y 15 de junio de 2005



Comisión Federal de Electricidad

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



LAPEM



Conclusiones.

Los resultados obtenidos en estos programas de comparación permitirán que algunos participantes identifiquen oportunidades de mejora y realicen las acciones que sean necesarias con sus patrones y procedimientos de calibración.

De los resultados obtenidos, se observa que algunos laboratorios no calculan la incertidumbre para cada condición de prueba sino que aplican un valor dado a todas las condiciones.



Recomendaciones.

Los laboratorios participantes con error normalizado mayor de uno, deben mejorar su procedimiento de calibración para mantener en control las fuentes de incertidumbre que les afectan.

Los resultados de los laboratorios participantes estén o no acreditados, es el valor obtenido en la medición de los patrones viajeros y no indica la calidad de los servicios metrológicos que realizan.



Agradecimientos

La *ema*, agradece la participación de las siguientes personas en la organización y coordinación de este estudio:

Ing. Manuel Lucio López Arriola

Oficina de Metrología de *LAPEM - CFE*

Ing. Victor Hugo Angeles Aguilar

**Coordinador de Programas de Ensayos de Aptitud -
*ema***



Agradecimientos.

También agradecemos la colaboración de todos aquellos laboratorios que participaron y enviaron oportunamente los patrones y sus resultados.



**Encuentro Nacional
de Metrología Eléctrica**
13, 14 y 15 de junio de 2005



Comisión Federal de Electricidad

Por su atención...

Mil Gracias.



y

LAPEM

***Ing. M. Lucio
López Arriola***



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.