



**RED NACIONAL DE METROLOGÍA**  
**UNIDAD DE COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN**  
**LABORATORIO CUSTODIO DE PATRONES NACIONALES**  
**MAGNITUD TEMPERATURA AMBIENTAL**  
**INFORME A**

**COMPARACIÓN NACIONAL**

**TAc-24**  
**(Participantes con Cámara Climática)**

**CALIBRACIONES DE UN TERMOHIGRÓMETRO DIGITAL**

**Rango de medición: 10 °C a 45 °C.**

**Medio de Generación: Cámara climática.**

**Agosto 2024 – noviembre 2024**

## **ENSAYO DE APTITUD – TEMPERATURA AMBIENTAL**

Marcial Espinoza. Antonio Monsalve. Manuel Sepúlveda F.  
Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales (LCPN-HUMEDAD RELATIVA), Chile.  
Empresa Nacional de Aeronáutica - ENAER, Av. José Miguel Carrera N° 11087.  
Teléfonos 56 (2) 2383 2082, 56 (2) 2383 1966,  
E-mails [marcial.espinoza@enaer.cl](mailto:marcial.espinoza@enaer.cl) [antonio.monsalve@enaer.cl](mailto:antonio.monsalve@enaer.cl) [Manuel.sepulveda@enaer.cl](mailto:Manuel.sepulveda@enaer.cl)

**Resumen:** El Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales - Humedad Relativa de ENAER y el área de metrología del Instituto Nacional de Normalización INN Perteneiente a la Red Nacional de Metrología realizan el Ensayo de Aptitud 2023. Para ello se ha elegido un instrumento que permite cubrir un rango que pueda ser calibrado por la mayoría de los laboratorios acreditados por el INN en la magnitud temperatura ambiental y otros laboratorios de calibración no-acreditados pudieran calibrarlo.

Para la comparación se utilizó como patrón de comparación un Medidor de Humedad y temperatura digital, marca Delta Ohm, Modelo: HD2101.1, con un alcance de medición entre -20 °C a 80 °C, clase de exactitud del  $\pm 0,3$  °C y una resolución de 0,1 °C. El instrumento fue facilitado por el LCPN-Humedad de ENAER Chile, la actividad se realizó dentro del marco de cooperación con el INN y de la Red de Metrología de Chile.

### **INTRODUCCION**

La cadena de trazabilidad de las mediciones de la industria debe realizarse con niveles adecuados de incertidumbre de acuerdo a las necesidades propias de cada país. La participación en las comparaciones entre los laboratorios de Metrología, permite asegurar el grado de equivalencia de las mediciones entre los laboratorios acreditados por la RNM con una diseminación correcta de las mediciones. Por lo anterior se puede decir que la solidez y la confianza en las mediciones, tanto en el ámbito Nacional como en el Internacional, se fortalece con las comparaciones entre laboratorios.

Los resultados que aquí se presentan corresponden a los obtenidos en el Ensayo de Aptitud 2024 íntegramente realizada entre los laboratorios de Humedad Relativa nacionales y el LCPNR-HR Humedad Relativa de ENAER designado oficialmente laboratorio custodio del patrón nacional de Chile. La participación en esta comparación de los Laboratorios del país permite conocer la compatibilidad de las mediciones y la competencia del personal acreditado en los laboratorios integrantes de la Red de Metrología, supervisada por el INN.

## OBJETIVO

Realizar una comparación en el ámbito metroológico de la magnitud de Temperatura ambiental entre los laboratorios de calibración de Chile, con el fin de estimar los niveles de concordancia para la magnitud entre los laboratorios participantes, incluyendo desviación e incertidumbre asociada.

## DATOS GENERALES

### Laboratorios participantes

Los participantes para este ensayo de aptitud 2024 son:

Laboratorio	Empresa	Contacto	Información
1	VETO Y CIA		encargado.sgc@veto.cl
2	SERVINCAL CHILE S.A.	Humberto Escobar	humberto.escobar@servincal.cl
3	CESMEC S.A.	Luis Morales Cea	morales.luis@bureauveritas.com
4	CIDE-USACH	Roberto Figueroa Muñoz	roberto.figueroa@usach.cl
5	LABORATORIO DAVIS	Hernan Ramirez	hramirez@davislab.cl
6	SERVICIO DE METROLOGIA INTEGRAL SPA	Omar Berrios Contreras	Temperatura@smilab.cl
7	INDFAR S.A.	Rolando Villarroel M.	gerenciatecnica@indfar.com
LCPNR-HR (ENAER)		Marcial Espinoza Marchant	marcial.espinoza@enaer.cl
		Antonio Monsalve Venegas	antonio.monsalve@enaer.cl
		Manuel Sepúlveda Fernandoy	Manuel.sepulveda@enaer.cl

Tabla 1. Empresas participantes.

### Fechas para realizar las mediciones.

El equipo circuló de acuerdo con el siguiente cronograma:

<i>Empresa</i>	<i>Fecha de realización de mediciones</i>
<b>LCPNR-HR (ENAER)</b>	<b>19/08/2024 – 23/08/2024</b>
VETO	23/09/2024 – 27/09/2024
SERVINCAL CHILE SPA.	30/09/2024 – 04/10/2024
CESMEC S.A.	07/10/2024 – 11/10/2024
CIDE-USACH	14/10/2024 – 18/10/2024
<b>LCPNR-HR (ENAER)</b>	<b>21/10/2024 – 25/10/2024</b>
LABORATORIO DAVIS	28/10/2024 – 30/10/2024
SERVICIO DE METROLOGIA INTEGRAL SPA	04/11/2024 – 08/11/2024
INDFAR S.A.	11/11/2024 – 15/11/2024
<b>LCPNR-HR (ENAER)</b>	<b>19/11/2024 – 25/11/2024</b>

Tabla 2. Fechas de realización de la comparación

### Esquema del desarrollo de la Comparación

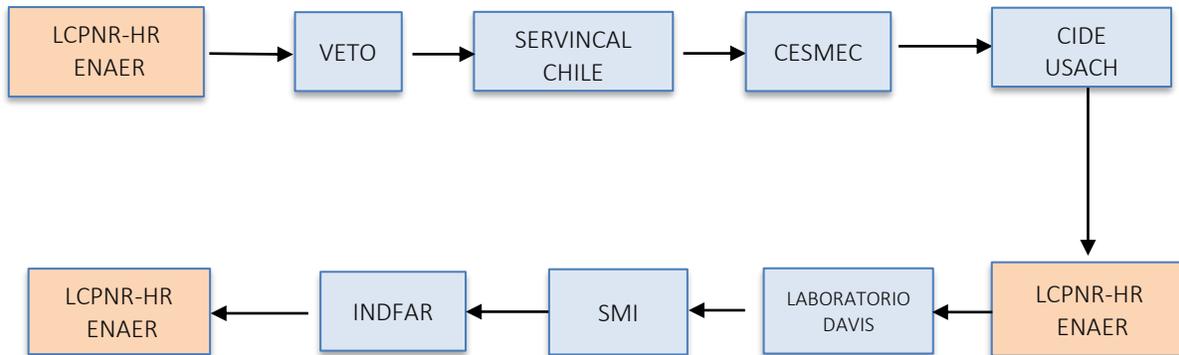


Figura 1. Esquema Ensayo de Aptitud.

El INN recopila los resultados de los laboratorios participantes asignándole un código a cada uno de ellos y los hace llegar al LCPNR-HR de ENAER el 05 de diciembre de 2024.

Posteriormente se realizan correcciones y se emite un **INFORME A** para ser enviado a los laboratorios participantes.

### Patrón viajero de comparación

#### Medidor de Humedad y temperatura digital

El instrumento elegido como patrón viajero de comparación fue facilitado por LCPNR-HR de ENAER. En particular se utilizó un Medidor de humedad y temperatura digital, cuyas características se detallan en la tabla 3.

Marca	Modelo	N° de Serie	Alcance	Resolución	Clase de Exactitud
DELTA OHM	HD 2101.1R (Indicador) HP 472ACR (Sensor)	17007116 (Indicador) 18016402 (Sensor)	0 %HR a 100 %HR	0,1 % HR	± 1,5 %HR (0 %HR a 90 %HR) ± 2 %HR (90 %HR a 100 %HR) @ T=15...35°C
			-20 a 80 °C	0,1 °C	± 0,3 °C

Tabla 3. Patrón Viajero de comparación



Figura 2. Patrón viajero usado en la comparación Tac-24 para participantes con cámara climática.

## Puntos de calibración

Para el ensayo de aptitud 2024 se acordó realizar con los laboratorios participantes los siguientes puntos de calibración:

### Humedad relativa

Humedad Relativa de referencia en la cámara	Puntos de medición en Temperatura Ambiental (°C)			
50 %HR	10	20	30	45

Referencia: Protocolo de Ensayo de Aptitud Nacional 2023.

Tabla 4. Puntos de comparación ensayo de aptitud.

## Patrón Nacional

Como patrón de referencia el LCPN-HR de ENAER utilizó un Generador de Humedad de dos Presiones.

LCPNR-HR de ENAER.						
Nombre	Tipo	Marca	Modelo	N° de serie	Alcance de medición (°C)	Incertidumbre expandida, k=2 %HR
Estándar Primario	Generador de Humedad por dos Presiones	Thunder Scientific	2500S-LT	0502478	0 a 70	No menor que 0,3 °C

Tabla 5. Características del patrón de referencia utilizado por el laboratorio piloto.

## RESULTADOS

### Comportamiento del patrón de comparación

El patrón viajero fue calibrado por el LCPNR-HR de ENAER en 3 ocasiones según el cronograma descrito en la tabla 2. Para las tres calibraciones realizadas, el mismo procedimiento, estándar de referencia y equipamiento fueron usados.

La siguiente fotografía muestra el montaje para la calibración:



Figura 3. Montaje para la calibración del patrón viajero.

El LCPNR-HR de ENAER realizó un estudio del comportamiento del patrón viajero de comparación a partir de las calibraciones efectuadas.

Los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Humedad Cámara (°C)	Calibración inicial agosto 2024				Calibración intermedia octubre 2024				Calibración final noviembre 2024			
	$T_{Patron}$	$T_{(Delta\ Ohm)}$	$E_1$	$U_1$	$T_{Patron}$	$T_{(Delta\ Ohm)}$	$E_2$	$U_2$	$T_{Patron}$	$T_{(Delta\ Ohm)}$	$E_3$	$U_3$
50	10,0	10,2	0,2	0,3	10,0	10,1	0,1	0,3	10,0	10,1	0,1	0,3
	20,1	20,0	-0,1	0,3	20,1	20,0	-0,1	0,3	20,1	20,0	-0,1	0,3
	30,0	29,8	-0,2	0,3	30,0	29,8	-0,2	0,3	29,9	29,8	-0,1	0,3
	45,0	44,6	-0,4	0,3	45,0	44,7	-0,3	0,3	45,0	44,6	-0,4	0,3

(Nota: La Incertidumbre en esta tabla corresponde a la del Laboratorio Nacional de Humedad Relativa **sin incluir la deriva del patrón viajero**)

Tabla 5. Resultados de calibraciones realizadas por el LCPNR-HR de ENAER al patrón viajero durante el ensayo de aptitud.

En el siguiente gráfico se presenta el error de medición encontrado por el Laboratorio Piloto para el patrón viajero a partir de las 03 mediciones realizadas a lo largo de la comparación.

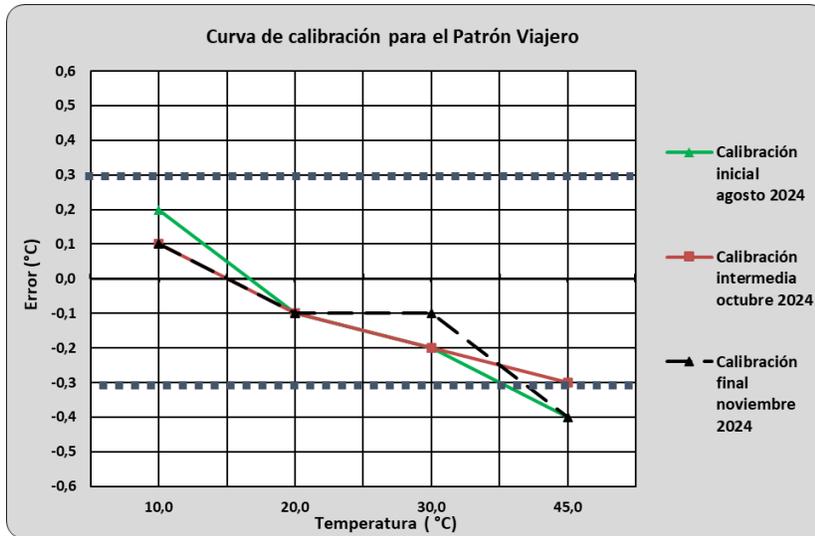


Gráfico 1. Error de medición encontrado para el patrón viajero en las calibraciones realizadas por el LCPNR-HR de ENAER.  
(Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento)

### Error promedio e incertidumbre expandida del Laboratorio Piloto

Con los datos de la tabla N°5 podemos realizar la siguiente gráfica:

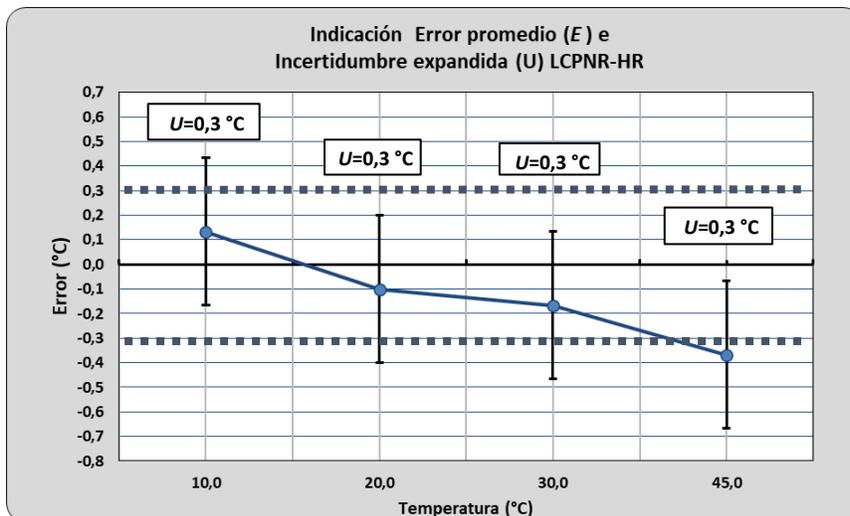


Gráfico 2. Error promedio, E, e incertidumbre expandida, U (k=2, 95%) obtenida por el LCPNR-HR ENAER.  
(Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento)

### a) Estudio de deriva (Drift) del patrón viajero

La deriva del patrón viajero puede ser estimada en cada punto de comparación como la diferencia entre los errores de dos calibraciones sucesivas. En la tabla 6 se presentan los errores y las derivas entre las siguientes calibraciones:

- calibración inicial (agosto 2024) e intermedia (octubre 2024) ( $d_{1-2}$ )
- calibración intermedia (octubre 2024) y final (noviembre 2024) ( $d_{2-3}$ )
- 

Temperatura Nominal (°C)	Patrón Viajero ( Delta Ohm)					
	$E_1$	$E_2$	$d_{1-2}$	$E_2$	$E_3$	$d_{2-3}$
10	0,2	0,1	<b>0,1</b>	0,1	0,1	<b>0,0</b>
20	-0,1	-0,1	<b>0,0</b>	-0,1	-0,1	<b>0,0</b>
30	-0,2	-0,2	<b>0,0</b>	-0,2	-0,1	<b>0,1</b>
45	-0,4	-0,3	<b>0,1</b>	-0,3	-0,4	<b>0,1</b>

Nota: E1 = Error encontrado en la calibración inicial (agosto 2024)  
 E2 = Error encontrado en la calibración intermedia (octubre 2024)  
 E3 = Error encontrado en la calibración final (noviembre 2024)

Temperatura Nominal (°C)	Derivas	
	$d_{1-2}$	$d_{2-3}$
10	0,1	0,0
20	0,0	0,0
30	0,0	0,1
45	0,1	0,1

<b>Maxima deriva</b>	<b>0,1</b>
----------------------	------------

Tabla 6. Resultados de las derivas entre calibraciones sucesivas.

Se encuentra como deriva máxima de 0,1 °C. (valores absolutos).

Para efectos de esta comparación se considerará como componente adicional al presupuesto de incertidumbre de referencia del laboratorio piloto la deriva del patrón viajero, para ello se considerará la mayor deriva encontrada entre dos calibraciones sucesivas (0,1 °C) y será evaluada como una distribución rectangular tipo B, de esta forma la contribución por deriva del patrón será:

$$u_{\text{deriva}} = \frac{d}{\sqrt{3}} \tag{1}$$

$$u_{\text{deriva}} = (0,1/\sqrt{3}) = 0,058 \text{ °C.}$$

### Valor de referencia e Incertidumbre de referencia

Los valores de error e incertidumbre de referencia para cada punto de calibración,  $E_{ref}$  y  $U_{ref}$ , son de suma importancia en una comparación pues son los valores con los cuales se comparan los resultados obtenidos por los laboratorios participantes.

$$E_{ref(LCPN-HR)} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (2)$$

$$U_{ref(LCPN-HR)} = \max(U_1:U_n) \quad (3)$$

Donde n corresponde al número de calibraciones efectuadas para el patrón viajero (en este caso n=3).

Para el cálculo de la incertidumbre de referencia para el ensayo de aptitud se agregó una componente de incertidumbre de tipo B debido a la posibilidad de deriva del patrón viajero, según la ecuación (4).

$$U_{ref} = 2 \times \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + \left(\frac{d}{\sqrt{3}}\right)^2} \quad (4)$$

Temperatura Nominal °C	U mediciones LCPNR-HR (°C)			U máxima (LCPNR-HR) °C	Deriva Patron viajero °C	Incertidumbre por deriva patron Viajero	Incertidumbre de Referencia (°C) $U_{ref} = 2 * \sqrt{\left(\frac{U_{LCPNR-HR}}{2}\right)^2 + \left(\frac{d}{\sqrt{3}}\right)^2}$
	$U_1$	$U_2$	$U_3$				
10,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,058	0,32
20,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,058	0,32
30,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,058	0,32
45,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,058	0,32

Tabla 7. Cálculo de la incertidumbre de referencia del LCPNR-HR.

Se considera como contribución a la incertidumbre de referencia la incertidumbre por deriva del patrón viajero encontrada durante el ejercicio de comparación. Esta contribución asciende a 0,058 °C.

Debido a que se desconoce las fechas en que midió cada laboratorio participante, se incluyó la deriva total en la referencia, para el análisis de cada participante, con el fin de cubrir todas las posibles causas de errores de medición producto de la influencia de esta fuente.

En el siguiente gráfico se muestran los resultados de error promedio del laboratorio piloto con los valores de incertidumbre de referencia respectivos con la consideración adicional por deriva del patrón.

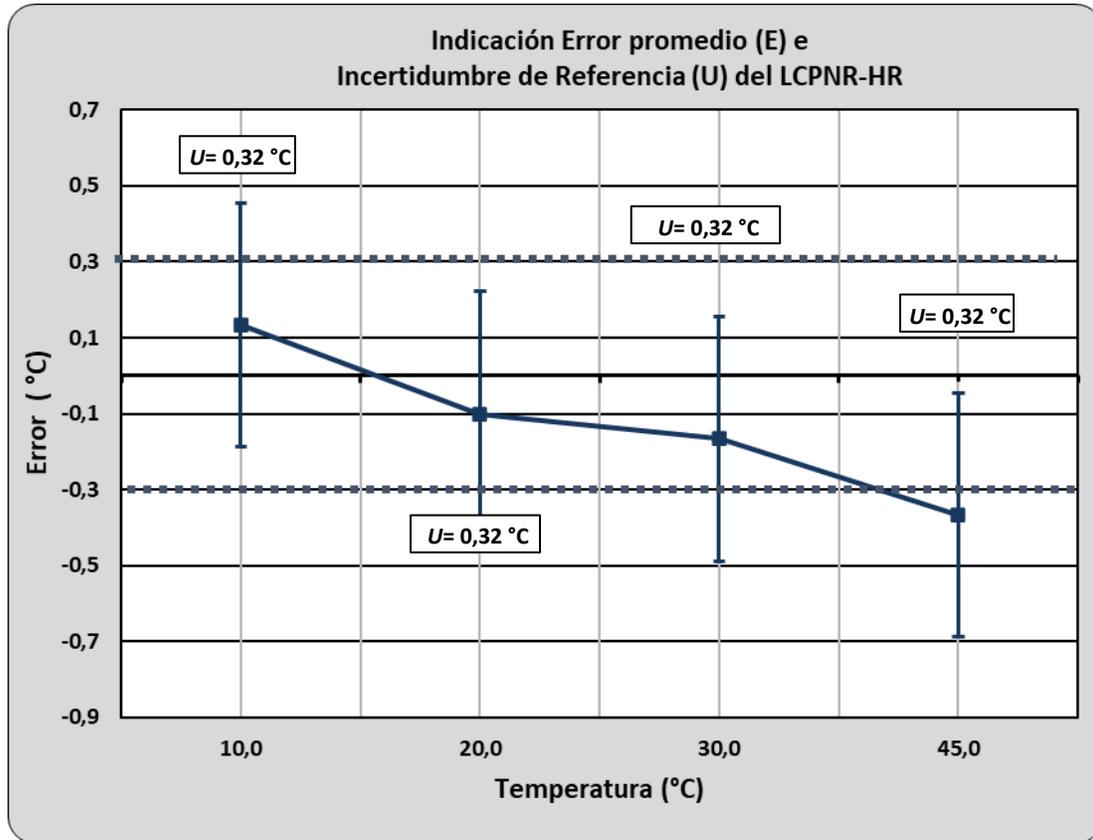


Gráfico 3. Error promedio,  $E$ , e incertidumbre expandida,  $U$  ( $k=2$ , 95%) obtenida por el LCPNR-HR de ENAER.  
(Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento).

### Datos de las mediciones

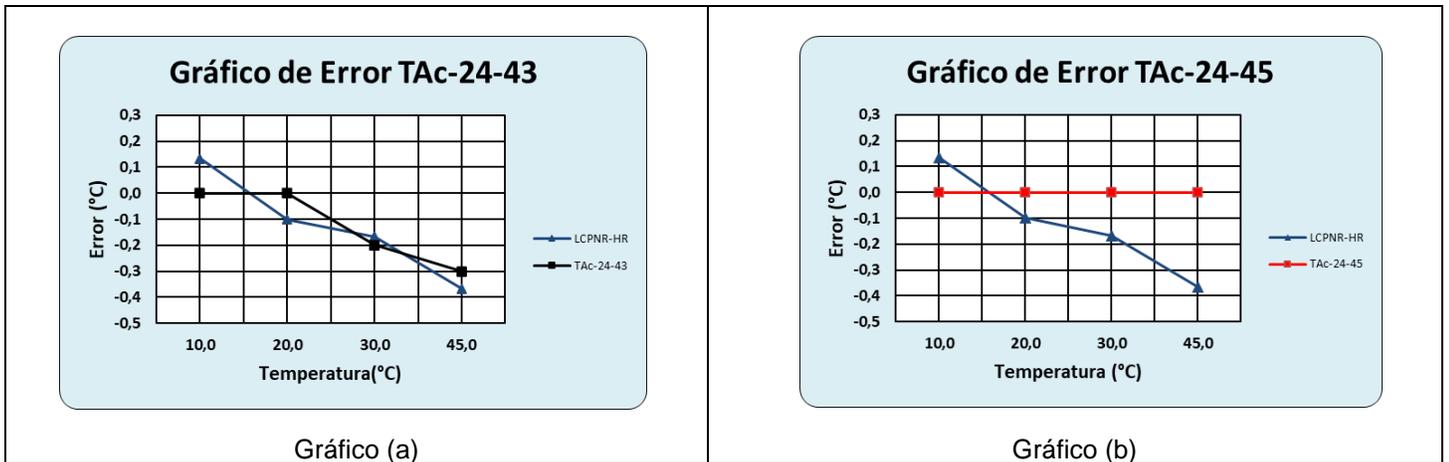
A continuación, se presentan los resultados de las mediciones de los laboratorios participantes:

### Error Promedio de los participantes

Valor Nominal (°C)	Error Promedio LCPNR-HR	Datos Error Promedio Laboratorios (°C)			
		TAc-24-43	TAc-24-45	TAc-24-46	Tac-24-47
10,0	<b>0,13</b>	0,0	0,0	0,00	0,0
20,0	<b>-0,10</b>	0,0	0,0	0,20	-0,1
30,0	<b>-0,17</b>	-0,2	0,0	0,14	0,0
45,0	<b>-0,37</b>	-0,3	0,0	0,09	0,1

Tabla 7. Error promedio de los laboratorios participantes.

### Gráfico Error de cada Participante con respecto al error obtenido por el Laboratorio Piloto



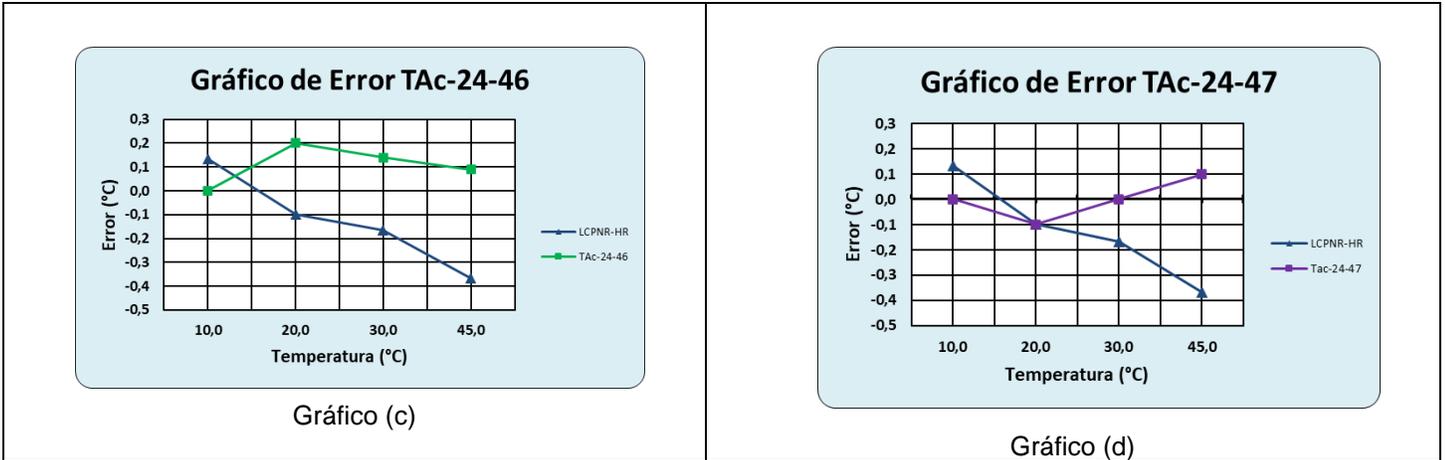


Gráfico 4. Error Individual de cada participante con respecto a LCPNR-HR de ENAER.

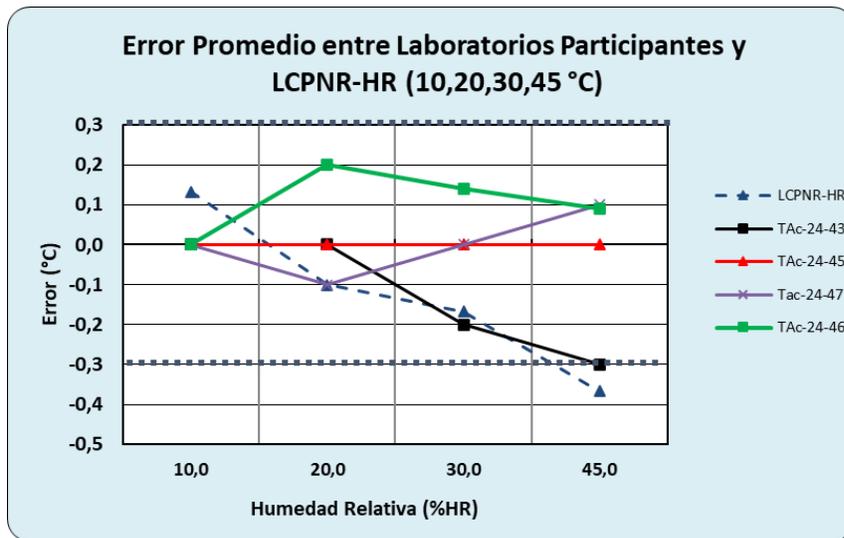


Gráfico 5. Error promedio de laboratorios participantes.  
(Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento).

### Incertidumbre de los participantes

°C	Datos Incertidumbre Promedio Laboratorios				
	LCPNR-HR (U_ref)	TAc-24-43	TAc-24-45	TAc-24-46	TAc-24-47
10,0	0,32	0,56	0,2	0,80	0,4
20,0	0,32	0,56	0,2	0,67	0,4
30,0	0,32	0,56	0,2	0,66	0,4
45,0	0,32	0,56	0,2	0,67	0,4

Tabla 8. Datos de la incertidumbre expandida,  $U$ , obtenidos por los participantes.

En los gráficos 6, 7, 8 y 9 se presentan los resultados de error promedio obtenido por cada participante y su respectiva incertidumbre de medición en cada punto de humedad relativa medido. En cada gráfico se destaca en color verde el intervalo cubierto por la incertidumbre del laboratorio piloto.

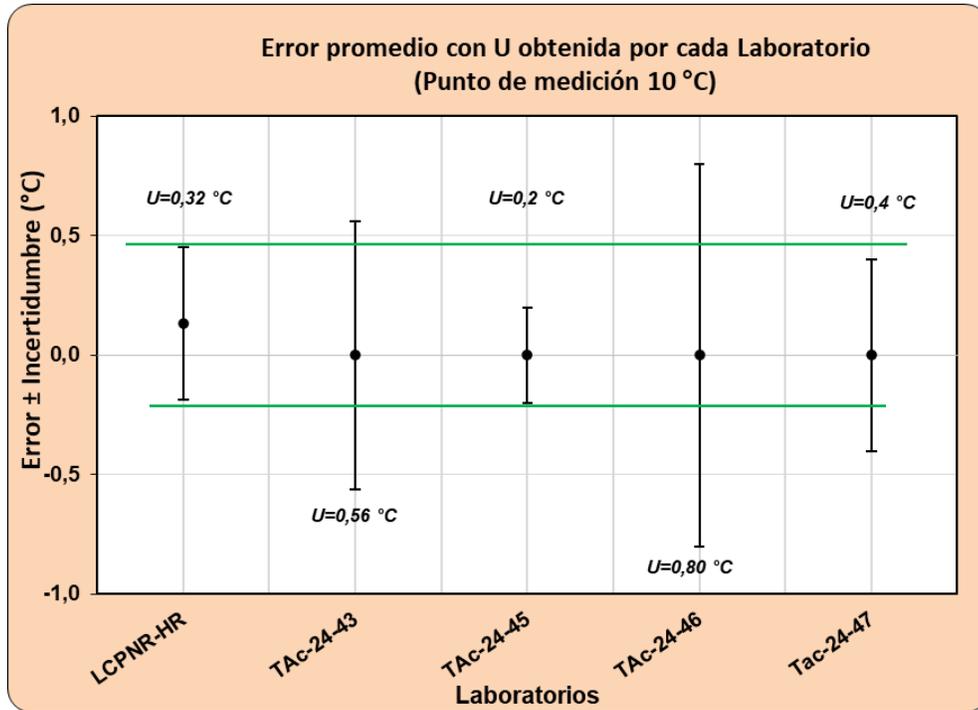


Gráfico 6. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (10 °C).

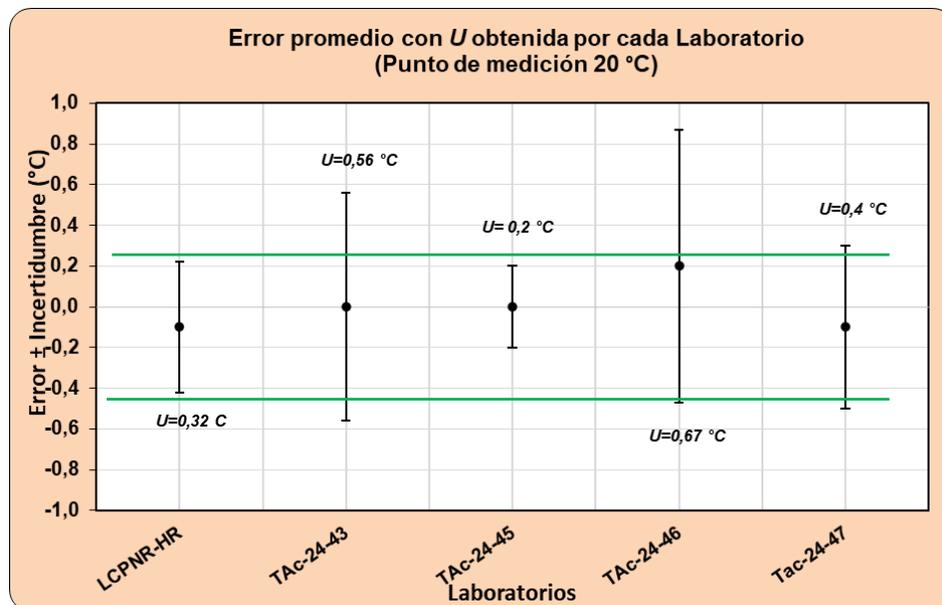


Gráfico 7. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (20 °C).

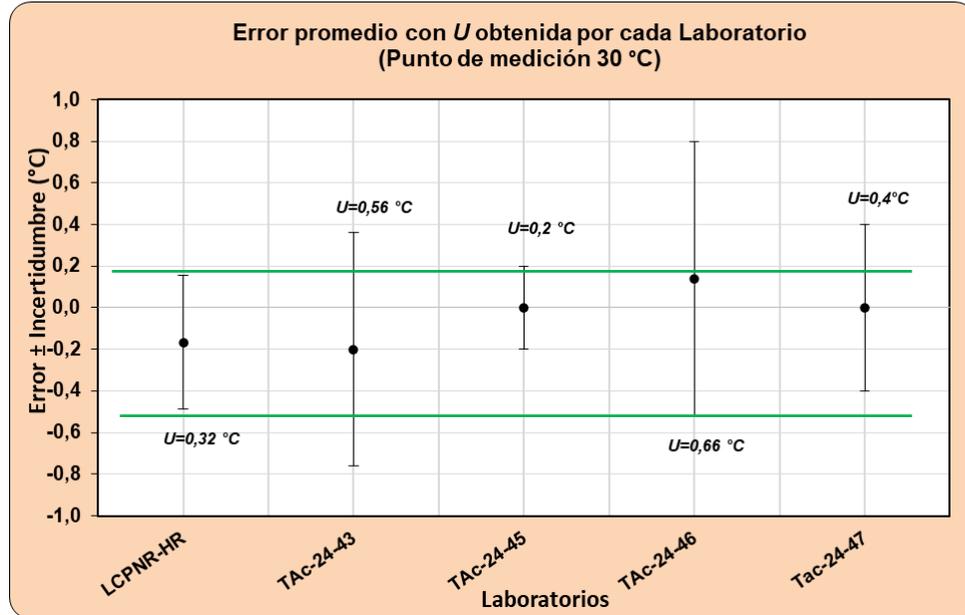


Gráfico 8. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (30 °C).

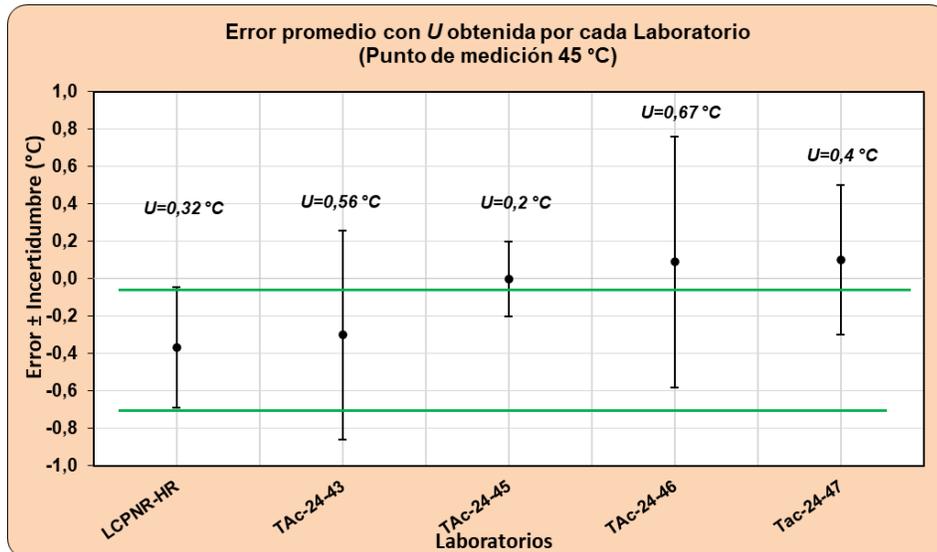


Gráfico 9. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (45 °C).

## Evaluación de los resultados

### Desempeño de los laboratorios

Los resultados obtenidos por los laboratorios se analizaron mediante el criterio de comparaciones del error normalizado  $E_n$ . El error normalizado es definido en las normas sobre comparaciones y utilizado en otras comparaciones. El error normalizado se calcula mediante la ecuación (5), que se aplica para cada punto de medición examinado del laboratorio analizado y el respectivo valor de referencia.

$$E_n = \frac{|E_{lab} - E_{ref}|}{\sqrt{(U_{lab})^2 + (U_{ref})^2}} \quad (5)$$

$E_n$  = Error normalizado.

$E_{lab}$  = Error de la medición que obtiene el laboratorio participante.

$E_{ref}$  = Error de la medición de referencia (LCPNR-HR de ENAER).

$U_{lab}$  = Incertidumbre expandida (k=2) del error de la medición del laboratorio participante.

$U_{ref}$  = Incertidumbre expandida (k=2) de referencia (LCPNR-HR de ENAER).

El Error Normalizado determina el desempeño de acuerdo al siguiente criterio:

$ E_n  \leq 1.0$	Resultado satisfactorio
$ E_n  > 1.0$	Resultado NO satisfactorio

En la tabla 9 se tienen los resultados de los errores normalizados calculados para los laboratorios participantes

(Para una mayor claridad se mostrarán nuevamente las tablas 7 y 8).

## CUADRO DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DEL ERROR NORMALIZADO DE CADA LABORATORIO

### Error Promedio de los participantes

Valor Nominal (°C)	Error Promedio LCPNR-HR	Datos Error Promedio Laboratorios (°C)			
		TAc-24-43	TAc-24-45	TAc-24-46	Tac-24-47
10,0	0,13	0,0	0,0	0,00	0,0
20,0	-0,10	0,0	0,0	0,20	-0,1
30,0	-0,17	-0,2	0,0	0,14	0,0
45,0	-0,37	-0,3	0,0	0,09	0,1

Tabla 7. Error promedio de los laboratorios participantes.

### Incertidumbre de los participantes

°C	Datos Incertidumbre Promedio Laboratorios				
	LCPNR-HR (U_ref)	TAc-24-43	TAc-24-45	TAc-24-46	Tac-24-47
10,0	0,32	0,56	0,2	0,80	0,4
20,0	0,32	0,56	0,2	0,67	0,4
30,0	0,32	0,56	0,2	0,66	0,4
45,0	0,32	0,56	0,2	0,67	0,4

Tabla 8. Datos de la incertidumbre expandida,  $U$ , obtenidos por los participantes.

### Cálculo de Error Normalizado

Valor Nominal (°C)	Calculo de Error Normalizado por Laboratorio.			
	TAc-24-43	TAc-24-45	TAc-24-46	Tac-24-47
10,0	0,2	0,4	0,2	0,3
20,0	0,2	0,3	0,4	0,0
30,0	0,1	0,4	0,4	0,3
45,0	0,1	1,0	0,6	0,9

Tabla 9. Datos del error normalizado de los laboratorios participantes.

## ANALISIS DE LOS VALORES E INCERTIDUMBRE REPORTADOS POR CADA LABORATORIO

La tabla 10 resume la evaluación de cada laboratorio participante en la comparación nacional TAc-23.

Para la evaluación se estudian los cálculos de error de medición y presupuesto de incertidumbre informados por los participantes. En la ecuación (6) se tienen las componentes del presupuesto de incertidumbre para humedad relativa.

$$U_{EXP} = k \sqrt{u^2[t_p] + u^2[t_{ibc}] + u^2[\delta(t)_{hist}] + u^2[\delta(t)_{instb}] + u^2[\delta(t)_{inho}] + u^2[\delta(t_p)_{der}]} \quad (6)$$

#	LABORATORIO PARTICIPANTE	Error	[t <sub>p</sub> ]	δ(t <sub>p</sub> ) <sub>der</sub>	[t <sub>IBC</sub> ]		δ(t) <sub>hist</sub>	δ(t) <sub>instb</sub>	δ(t) <sub>inho</sub>	U <sub>exp</sub> (°C)	MCM (°C)
					REP	URES					
1	TAc-24-43	ok	ok	ok	ok	ok	ok	*	*	0,56	<b>0,5</b>
2	TAc-24-45	ok	ok	ok	ok	ok	*	*	*	0,2	<b>0,1</b>
3	TAc-24-46	ok	*	ok	ok	ok	ok	ok	*	(0,67 a 0,80)	<b>0,7</b>
4	TAc-24-47	*	ok	ok	ok	ok	*	*	*	0,4	<b>0,6</b>

Tabla 10. Observaciones a los cálculos realizados por cada laboratorio

Nota: \* indica que existen diferencias entre lo informado y lo calculado por el LCPN-R-HR con los datos recibidos, también que son variables a mejorar y/o con observaciones.

**Laboratorio TAc-24-43**

- Presenta el mismo valor de contribución por incertidumbre por inestabilidad y por inhomogeneidad en todos los puntos de calibración (0,100 °C y 0,140 °C). Se recomienda mejorar esta evaluación en orden al estudio de la cámara generadora de humedad utilizada en las calibraciones
- Presenta el valor de incertidumbre de la medición en su reporte final con una resolución de 0,01 °C en vista de que el patrón viajero presenta una resolución de 0,1 °C.

**Laboratorio TAc-24-45**

- El laboratorio no realiza histéresis de acuerdo a lo indicado en su protocolo de mediciones, además presenta un valor de 0,1 sin el respaldo solicitado.

	$u [ \delta(t)_{his} ]$
<b>Valor</b>	0,10
<b>Divisor</b>	Raiz(3)
<b>Valor/Divisor</b>	0,058
<b>Resultado<sup>2</sup></b>	0,00333

En celda aparece el siguiente valor: 0,10.

- Presenta el mismo valor de contribución por incertidumbre por inestabilidad y por inhomogeneidad en todos los puntos de calibración (0,012 °C y 0,029 °C). Se recomienda mejorar esta evaluación en orden al estudio de la cámara generadora de humedad utilizada en las calibraciones

**Laboratorio TAc-24-46**

- El laboratorio presenta lo siguiente como incertidumbre de su patrón de calibración:

<u>DATOS DEL PATRÓN UTILIZADO EN LA CALIBRACIÓN</u>						
Marca	Modelo	Serie	Rango (°C)	Resolución (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)	Trazabilidad
					0,3	

Pero en la planilla de respaldo la incertidumbre se presenta lo siguiente información:

	10°C	
	$u [t_P]$	
<b>Valor</b>	0,15	Valor debe ser: 0,30 °C.
<b>Divisor</b>	2	
<b>Valor/Divisor</b>	0,08	Valor debe ser: 0,15 °C
<b>Resultado<sup>2</sup></b>	0,00563	

- Presenta el mismo valor de contribución por incertidumbre por inhomogeneidad en todos los puntos de calibración (0,276 °C). Se recomienda mejorar esta evaluación en orden al estudio de la cámara generadora de humedad utilizada en las calibraciones
- El laboratorio reporta los valores de referencia, temperatura bajo calibración, el error de medición y la incertidumbre de medición con una resolución de 0,01 °C en vista que el patron viajero presenta una resolución de 0,1 °C. Se recomienda reportar los valores de la calibración de acuerdo a la resolución del instrumento que se está calibrando. Además, realiza la calibración a una humedad de 57 %HR en vista que en el protocolo de medición se acordó el ensayo de aptitud a 50 %HR.

**Laboratorio TAc-24-47**

- El laboratorio presenta error en el reporte final de resultados de acuerdo a lo siguiente:

Valor de referencia Temperatura <i>Temperature reference value</i>	Temperatura equipo bajo calibración <i>Temperature calibration object</i>	Error de la Medición <i>Measurement error</i>	Incertidumbre de la medición (k=2) <i>Measuring uncertainty (k=2)</i>
in °C	in °C	in °C	in °C
10,3	10,3	0,0	0,4
20,2	20,2	-0,1	0,4
30,2	30,2	0,0	0,4
45,1	45,2	0,1	0,4

20,2-20,2 = 0,0 °C

- El laboratorio presenta error en el cálculo de histéresis de acuerdo a lo siguiente:

<i>10 °C / 50 %hr</i>	<i>u [ δ(t)<sub>his</sub> ]</i>
<b>Valor</b>	0,19
<b>Divisor</b>	3,46
<b>Valor/Divisor</b>	0,06
<b>Resultado<sup>2</sup></b>	0,00

En celda aparece el siguiente valor: 0,19099999.

Cálculo de acuerdo a su protocolo:

$$\delta(HR)_{his} = \frac{(HR_{(asc)} - HR_{(des)})}{\sqrt{12}} = \frac{(10,32 - 10,04)}{\sqrt{12}} = 0,081 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

- Presenta el mismo valor de contribución por incertidumbre por inestabilidad y por inhomogeneidad en todos los puntos de calibración (0,03 °C y 0,04 °C). Se recomienda mejorar esta evaluación en orden al estudio de la cámara generadora de humedad utilizada en las calibraciones

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación a los 6 laboratorios Participantes que presentaron resultados en este ensayo de aptitud TAc-23 y la activa participación de la División de Metrología del INN.

## REFERENCIAS

- (1) Guide to the Expression of uncertainty in measurement JCGM 100:2008 BIPM
- (2) The International System of Units. Bureau International des poids et mesures 9<sup>o</sup>edition, 2019.
- (3) Lineamientos generales y procedimiento del ensayo de Aptitud LCPNR-HR ENAER 2016.
- (4) GUIDE ISO/IEC 17043 Proficiency testing by interlaboratory comparisons.
- (5) Norma ISO 17025 Requisitos Generales para la competencia de Laboratorios de Calibración y Ensayo.
- (6) DKD-R 5-7 (Calibración de cámaras climáticas).
- (7) [http://www.metrologia.cl/medios/Determ\\_incert\\_estab\\_grad\\_histeresis.pdf](http://www.metrologia.cl/medios/Determ_incert_estab_grad_histeresis.pdf)